UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
FACULTÉ DE MÉDECINE, MAÏEUTIQUE ET SCIENCE DE LA SANTÉ

ANNÉE : 2025 N° : 15

THESE
PRÉSENTÉE POUR LE DIPLÔME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Diplôme d'état
Mention Gynécologie - Obstétrique

par

CARLES EMMA
née le 07 février 1999 à STRASBOURG (Bas-Rhin)
Interne de DES de Gynécologie-Obstétrique

Première implémentation par l'Intelligence Artificielle d'un guide chirurgical pour améliorer la procédure du ganglion sentinelle pelvien dans la prise en charge personnalisée des patientes atteintes d'un cancer de l'endomètre ou du col utérin.

Président de thèse : Professeur AKLADIOS PU-PH
Directeur de thèse : Docteure Mary PONTVIANNE PH

Faculté de médecine maïeutique et sciences de la santé
Université de Strasbourg

FACULTÉ DE MÉDECINE, MAÏEUTIQUE ET SCIENCES DE LA SANTÉ

Edition JANVIER 2025
Année universitaire 2024-2025

• **Président de l'Université**	M. DENEKEN Michel
• **Doyen de la Faculté**	M. SIBILIA Jean
• **Première Vice Doyenne de la Faculté**	Mme CHARLOUX Anne
• **Doyens honoraires : (1994-2001)**	M. GERLINGER Pierre
(2001-2011)	M. LUDES Bertrand
• **Chargé de mission auprès du Doyen**	M. VICENTE Gilbert
• **Responsable Administratif**	M. STEEGMANN Geoffroy

Les Hôpitaux Universitaires de STRASBOURG

HOPITAUX UNIVERSITAIRES
DE STRASBOURG (HUS)
Directeur général : M. HENNI Samir

A1 - PROFESSEUR TITULAIRE DU COLLEGE DE FRANCE

MANDEL Jean-Louis	Chaire "Génétique humaine" (à compter du 01.11.2003)

A2 - MEMBRE SENIOR A L'INSTITUT UNIVERSITAIRE DE FRANCE (I.U.F.)

BAHRAM Séiamak	Immunologie biologique
DOLLFUS Hélène	Génétique clinique

A3 - PROFESSEUR(E)S DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS (PU-PH)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
ADAM Philippe	NRPô	• Pôle de l'Appareil locomoteur	50.02	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	CS	- Service d'Hospitalisation des Urgences de Traumatologie / HP		
ADDED Pietro	NRPô	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation	53.02	Chirurgie générale
	CS	- Serv. de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation/HP		
AKLADIOS Cherif	NRPô	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique	54.03	Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale
	CS	- Service de Gynécologie-Obstétrique / HP		Option : **Gynécologie-Obstétrique**
ANDRES Emmanuel	RPô	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie,	53.01	Option : médecine interne
	CS	Diabétologie (MIRNED)		
		- Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques/HC		
ANHEIM Mathieu	NRPô	• Pôle Tête et Cou-CETD	49.01	Neurologie
	NCS	- Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre		
Mme ANTAL Maria Cristina	NRPô	• Pôle de Biologie	42.02	Histologie, Embryologie et Cytogénétique
	CS	- Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre		(option biologique)
		• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine		
Mme ANTONI Delphine	NRPô	• Pôle d'Imagerie	47.02	Cancérologie ; **Radiothérapie**
		- Service de Radiothérapie / ICANS		
ARNAUD Laurent	NRPô	• Pôle MIRNED	50.01	Rhumatologie
	NCS	- Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre		
BACHELLIER Philippe	RPô	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation	53.02	Chirurgie générale
	CS	- Serv. de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation/HP		
BAHRAM Selamak	NRPô	• Pôle de Biologie	47.03	Immunologie (option biologique)
	CS	- Laboratoire d'immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil		
		- Institut d'Hématologie et d'immunologie / Hôpital Civil / Faculté		
BAUMERT Thomas	NRPô	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil	52.01	Gastro-entérologie ; **hépatologie**
	CS	- Institut de Recherche sur les Maladies virales et hépatiques/Fac		Option : hépatologie
Mme BEAU-FALLER Michèle	NRPô	• Pôle de Biologie	44.03	Biologie cellulaire (option biologique)
	NCS	- Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP		
BEAUJEUX Rémy	NRPô	• Pôle d'Imagerie - CME / Activités transversales	43.02	Radiologie et imagerie médicale
	CS	• Unité de Neuroradiologie interventionnelle / Hôpital de Hautepierre		(option clinique)
BERNA Fabrice	NRPô	• Pôle de Psychiatrie, Santé mentale et Addictologie	49.03	Psychiatrie d'adultes ; Addictologie
	CS	- Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil		Option : **Psychiatrie d'Adultes**
BERTSCHY Gilles	RPô	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale	49.03	Psychiatrie d'adultes
	CS	- Service de Psychiatrie II / Hôpital Civil		
BIERRY Guillaume	NRPô	• Pôle d'Imagerie	43.02	Radiologie et Imagerie médicale (option clinique)
	NCS	- Service d'Imagerie II - Neuroradiologie-Imagerie ostéoarticulaire-Pédiatrie/HP		
BILBAULT Pascal	RPô	• Pôle d'Urgences / Réanimations médicales / CAP	48.02	Réanimation ; **Médecine d'urgence**
	CS	- Service des Urgences médico-chirurgicales Adultes / HP		Option : médecine d'urgence
BLANC Frédéric	NRPô	- Pôle de Gériatrie	53.01	Médecine interne ; addictologie
	NCS	- Service Evaluation - Gériatrie - Hôpital de la Robertsau		Option : gériatrie et biologie du vieillissement
BODIN Frédéric	NRPô	• Pôle de Chirurgie Maxillo-faciale, morphologie et Dermatologie	50.04	**Chirurgie Plastique, Reconstructrice et**
	NCS	- Service de Chirurgie Plastique et maxillo-faciale / Hôpital Civil		**Esthétique ;** Brûlologie
BONNEMAINS Laurent	NRPô	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie	54.01	Pédiatrie
	NCS	- Service de Pédiatrie 1 - Hôpital de Hautepierre		
BONNOMET François	NRPô	• Pôle de l'Appareil locomoteur	50.02	Chirurgie orthopédique et traumatologique
	CS	- Service d'Orthopédie-Traumatologie du Membre inférieur / HP		
BOURCIER Tristan	NRPô	• Pôle de Spécialités médicales-Ophtalmologie / SMO	55.02	Ophtalmologie
	NCS	- Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil		

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
BOURGIN Patrice	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie - Unité du Sommeil / Hôpital Civil	49.01 Neurologie
Mme BRIGAND Cécile	NRPô NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale
BRUANT-RODIER Catherine	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie Plastique et Maxillo-faciale / HP	50.04 Option : chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique
Mme CAILLARD-OHLMANN Sophie	NRPô NCS	• Pôle de Spécialités médicales-Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie-Dialyse et Transplantation / NHC	52.03 Néphrologie
CASTELAIN Vincent	NRPô NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Hautepierre	48.02 Réanimation
Mme CEBULA Hélène	NRPô NCS	• Pôle Tête-Cou - Service de Neurochirurgie / HP	49.02 Neurochirurgie
CHAKFE Nabil	NRPô CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Serv. de Chirurgie vasculaire et de transplantation rénale NHC	51.04 **Chirurgie vasculaire** ; médecine vasculaire Option : chirurgie vasculaire
CHARLES Yann-Philippe	NRPô NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Chirurgie B / HC	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme CHARLOUX Anne	NRPô NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
Mme CHARPIOT Anne	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
Mme CHENARD-NEU Marie-Pierre	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques (option biologique)
CLAVERT Philippe	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du Membre supérieur / HP	42.01 Anatomie (option clinique, orthopédie traumatologique)
COLLANGE Olivier	NRPô NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale / NHC	48.01 **Anesthésiologie-Réanimation** ; Méd. d'urgence (opt. Anesthésiologie-Réanimation - Type clinique)
COLLONGUES Nicolas	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou-CETD - Centre d'Investigation Clinique / NHC et HP	49.01 Neurologie
CRIBIER Bernard	NRPô CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénéréologie
de BLAY de GAIX Frédéric	RPô CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie
de SEZE Jérôme	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Centre d'Investigation Clinique (CIC) - AX5 / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
DEBRY Christian	RPô CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Serv. d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
DERUELLE Philippe	RPô NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 Gynécologie-Obstétrique; gynécologie médicale: option gynécologie-obstétrique
Mme DOLLFUS-WALTMANN Hélène	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale / Hôpital de Hautepierre	47.04 Génétique (type clinique)
EHLINGER Matthieu	NRPô NCS	• Pôle de l'Appareil Locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du membre inférieur / HP	50.02 Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
Mme ENTZ-WERLE Natacha	NRPô NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
Mme FACCA Sybille	NRPô CS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie de la Main - SOS Main / Hôpital de Hautepierrre	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme FAFI-KREMER Samira	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Bactériologie-**Virologie** ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-**Virologie** biologique
FAITOT François	NRPô NCS	• Pôle de Pathologie digestives, hépatiques et de la transplantation - Serv. de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation / HP	53.02 Chirurgie générale
FALCOZ Pierre-Emmanuel	NRPô NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
FORNECKER Luc-Matthieu	NRPô NCS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'hématologie / ICANS	47.01 **Hématologie** ; Transfusion Option : Hématologie
FOUCHER Jack	NRPô NCS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
GALLIX Benoît	NCS	• IHU - Institut Hospitalo-Universitaire - Hôpital Civil	43.02 Radiologie et imagerie médicale
GANGI Afshin	RPô CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A Interventionnelle / Nouvel Hôpital Civil	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
GARNON Julien	NRPô NCS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A Interventionnelle / Nouvel Hôpital Civil	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
GAUCHER David	NRPô NCS	• Pôle des Spécialités Médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
GENY Bernard	NRPô CS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
GEORG Yannick	NRPô NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Serv. de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 **Chirurgie vasculaire** ; médecine vasculaire/ Option : chirurgie vasculaire
GICQUEL Philippe	NRPô CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital de Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
GOICHOT Bernard	NRPô CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine Interne et de nutrition / HP	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme GONZALEZ Maria	NRPô CS	• Pôle de Santé publique et santé au travail - Service de Pathologie Professionnelle et Médecine du Travail/HC	46.02 Médecine et santé au travail

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
GOTTENBERG Jacques-Eric	NRPS CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Hautepierre	50.01 Rhumatologie
HANSMANN Yves	RPS NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies Infectieuses et tropicales / NHC	45.03 Option : Maladies infectieuses
Mme HELMS Julie	NRPS NCS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02 Médecine Intensive-Réanimation
HIRSCH Edouard	NRPS NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
IMPERIALE Alessio	NRPS NCS	• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
ISNER-HOROBETI Marie-Eve	RPS CS	• Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / Clémenceau	49.05 **Médecine Physique et Réadaptation**
JAULHAC Benoît	NRPS CS	• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : **Bactériologie**-virologie (biologique)
Mme JEANDIDIER Nathalie	NRPS CS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, diabète et nutrition / HC	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme JESEL-MOREL Laurence	NRPS NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
KALTENBACH Georges	RPS CS	• Pôle de Gériatrie - Service de Médecine Interne - Gériatrie / Hôpital de la Robertsau - Secteur Evaluation - Gériatrie / Hôpital de la Robertsau	53.01 Option : gériatrie et biologie du vieillissement
Mme KESSLER Laurence	NRPS NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, Diabète, Nutrition et Addictologie/ Méd. B / HC	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
KESSLER Romain	NRPS NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie
KINDO Michel	NRPS NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme KORGANOW Anne-Sophie	NRPS CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)
KREMER Stéphane	NRPS CS	• Pôle d'Imagerie - Service Imagerie II - Neuroradio Ostéoarticulaire - Pédiatrie / HP	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
KUHN Pierre	NRPS CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Néonatologie et Réanimation néonatale (Pédiatrie I)/HP	54.01 Pédiatrie
KURTZ Jean-Emmanuel	RPS NCS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'hématologie / ICANS	47.02 Option : Cancérologie (clinique)
Mme LALANNE Laurence	NRPS CS	• Pôle de Psychiatrie, Santé mentale et Addictologie - Service d'Addictologie / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes ; **Addictologie** (Option : Addictologie)
LANG Hervé	NRPS NCS	• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04 Urologie
LAUGEL Vincent	RPS CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie 1 / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
Mme LEJAY Anne	NRPS NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale cardiovasculaire - Service de Chirurgie vasculaire et de Transplantation rénale / NHC	51.04 Option : Chirurgie vasculaire
LE MINOR Jean-Marie	NRPS NCS	• Pôle d'Imagerie - Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine - Service de Neuroradiologie, d'Imagerie Ostéoarticulaire et Interventionnelle/HP	42.01 **Anatomie**
LESSINGER Jean-Marc	RPS CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie générale et spécialisée / LBGS / NHC - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / Hautepierre	82.00 Sciences Biologiques de Pharmacie
LIPSKER Dan	NRPS NCS	• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-vénéréologie
LIVERNEAUX Philippe	RPS NCS	• Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie de la Main - SOS Main / Hôpital de Hautepierre	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
MALOUF Gabriel	NRPS NCS	• Pôle d'Onco-hématologie - Service d'Oncologie médicale / ICANS	47.02 **Cancérologie** ; Radiothérapie Option : Cancérologie
MARTIN Thierry	NRPS NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)
Mme MASCAUX Céline	NRPS NCS	• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 **Pneumologie** ; Addictologie
Mme MATHELIN Carole	NRPS CS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Unité de Sénologie / ICANS	54.03 **Gynécologie-Obstétrique** ; Gynécologie Médicale
MAUVIEUX Laurent	NRPS CS	• Pôle d'Onco-Hématologie - Laboratoire d'Hématologie Biologique - Hôpital de Hautepierre - Institut d'Hématologie / Faculté de Médecine	47.01 **Hématologie** ; Transfusion Option Hématologie Biologique

NOM et Prénoms	CS[0]	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités	
MAZZUCOTELLI Jean-Philippe	NRPô CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
MENARD Didier	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale/PTM HUS	45.02	Parasitologie et mycologie (option biologique)
MERTES Paul-Michel	RPô CS	• Pôle d'Anesthésiologie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation chirurgicale / NHC	48.01	Option : Anesthésiologie-Réanimation (type mixte)
MEYER Alain	NRPô NCS	• Institut de Physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02	Physiologie (option biologique)
MEYER Nicolas	NRPô NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Laboratoire de Biostatistiques / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / Hôpital Civil	46.04	Biostatistiques, Informatique Médicale et Technologies de Communication (option biologique)
MEZIANI Ferhat	NRPô CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02	Réanimation
MONASSIER Laurent	NRPô CS	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie - Labo. de Neurobiologie et Pharmacologie cardio-vasculaire- EA7295/ Fac	48.03	Option : Pharmacologie fondamentale
MOREL Olivier	NRPô NCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
MUTTER Didier	RPô NCS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service de Chirurgie Viscérale et Digestive / NHC	52.02	Chirurgie digestive
NAMER Izzie Jacques	NRPô CS	• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01	Biophysique et médecine nucléaire
NOEL Georges	NRPô NCS	• Pôle d'Imagerie - Service de radiothérapie / ICANS	47.02	Cancérologie ; **Radiothérapie** Option Radiothérapie biologique
NOLL Eric	NRPô NCS	• Pôle d'Anesthésie Réanimation Chirurgicale SAMU-SMUR - Service Anesthésiologie et de Réanimation Chirurgicale - HP	48.01	Anesthésiologie-Réanimation
OHANA Mickael	NRPô NCS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie B - Imagerie viscérale et cardio-vasculaire / NHC	43.02	Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
OHLMANN Patrick	RPô CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02	Cardiologie
Mme OLLAND Anne	NRPô NCS	• Pôle de Pathologie Thoracique - Service de Chirurgie thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03	Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme PAILLARD Catherine	NRPô CS	• Pôle médico-chirurgicale de Pédiatrie - Service de Pédiatrie III / Hôpital de Hautepierre	54.01	Pédiatrie
PELACCIA Thierry	NRPô NCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimation chirurgicales / SAMU-SMUR - Centre de formation et de recherche en pédagogie des sciences de la santé/ Faculté	48.05	Réanimation ; **Médecine d'urgence** Option : Médecine d'urgences
Mme PERRETTA Silvana	NRPô NCS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service de Chirurgie Viscérale et Digestive / Nouvel Hôpital Civil	52.02	Chirurgie digestive
PESSAUX Patrick	NRPô CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie Viscérale et Digestive / Nouvel Hôpital Civil	52.02	Chirurgie Digestive
PETIT Thierry	CDp	• ICANS - Département de médecine oncologique	47.02	**Cancérologie** ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
PIVOT Xavier	NRPô NCS	• ICANS - Département de médecine oncologique	47.02	**Cancérologie** ; Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
POTTECHER Julien	NRPô CS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésie et de Réanimation Chirurgicale / Hautepierre	48.01	**Anesthésiologie-réanimation** ; Médecine d'urgence (option clinique)
PRADIGNAC Alain	NRPô NCS	• Pôle de Médecine interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine interne et nutrition / Hôpital de Hautepierre	44.04	Nutrition
PROUST François	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - Service de Neurochirurgie / Hôpital de Hautepierre	49.02	Neurochirurgie
RAUL Jean-Sébastien	NRPô CS	• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et NHC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03	Médecine Légale et droit de la santé
REMUND Jean-Marie	NRPô NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépato-Gastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive / HP	52.01	Option : Gastro-entérologie
RICCI Roméo	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Département Biologie du développement et cellules souches / IGBMC	44.01	Biochimie et biologie moléculaire
ROHR Serge	NRPô CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02	Chirurgie générale
ROMAIN Benoît	NRPô NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02	Chirurgie générale
Mme ROSSIGNOL-BERNARD Sylvie	NRPô NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Hautepierre	54.01	Pédiatrie
Mme ROY Catherine	NRPô CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie B - Imagerie viscérale et cardio-vasculaire / NHC	43.02	Radiologie et imagerie médicale (opt. clinique)
SANANES Nicolas	NRPô NCS	• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / HP	54.03	**Gynécologie-Obstétrique** ; gynécologie médicale Option : Gynécologie-Obstétrique

NOM et Prénoms	CS[◊]	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
SAUER Arnaud	NRPô NCS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
SAULEAU Erik-André	NRPô NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Santé Publique / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / HC	46.04 Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de Communication (option biologique)
SAUSSINE Christian	RPô CS	• Pôle d'Urologie, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04 Urologie
Mme SCHATZ Claude	NRPô CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
Mme SCHLUTH-BOLARD Caroline	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
SCHNEIDER Francis	NRPô CS	• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Hautepierre	48.02 Réanimation
Mme SCHRÖDER Carmen	NRPô CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychothérapie pour Enfants et Adolescents / HC	49.04 **Pédopsychiatrie** ; Addictologie
SCHULTZ Philippe	NRPô NCS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service d'Oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
SERFATY Lawrence	NRPô CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépato-Gastro-Entérologie et d'Assistance Nutritive/HP	52.01 Gastro-entérologie ; Hépatologie ; Addictologie Option : **Hépatologie**
SIBILIA Jean	NRPô NCS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	50.01 Rhumatologie
STEPHAN Dominique	NRPô CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service des Maladies vasculaires-HTA-Pharmacologie clinique/NHC	51.04 Option : Médecine vasculaire
Mme TALON Isabelle	NRPô NCS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital de Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
TELETIN Marius	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Service de Biologie de la Reproduction / CMCO Schiltigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
Mme TRANCHANT Christine	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
VEILLON Francis	NRPô CS	• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie 1 - Imagerie viscérale, ORL et mammaire / HP	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
VELTEN Michel	NRPô NCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Département de Santé Publique / Secteur 3 - Epidémiologie et Economie de la Santé / Hôpital Civil • Laboratoire d'Epidémiologie et de santé publique / HC / Faculté	46.01 Epidémiologie, économie de la santé et prévention (option biologique)
VIDAILHET Pierre	NRPô CS	• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie d'Urgences, de liaison et de Psychotraumatologie / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
VIVILLE Stéphane	NRPô NCS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Pathologies tropicales /Faculté	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
VOGEL Thomas	NRPô CS	• Pôle de Gériatrie - Service de soins de suite et réadaptation gériatrique/Hôpital de la Robertsau	51.01 Option : Gériatrie et biologie du vieillissement
WEBER Jean-Christophe Pierre	NRPô CS	• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne / Nouvel Hôpital Civil	53.01 Option : Médecine Interne
WOLF Philippe	NRPô NCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie Générale et de Transplantations multiorganes / HP - Coordonnateur des activités de prélèvements et transplantations des HU	53.02 Chirurgie générale
Mme WOLFF Valérie	NRPô CS	• Pôle Tête et Cou - Unité Neurovasculaire / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie

HC : Hôpital Civil - HP : Hôpital de Hautepierre - NHC : Nouvel Hôpital Civil - PTM = Plateau technique de microbiologie
◊ : CS (Chef de service) ou NCS (Non Chef de service hospitalier) - Cspi : Chef de service par intérim - CSp : Chef de service provisoire (un an)
CU : Chef d'unité fonctionnelle
Pô : Pôle RPô (Responsable de Pôle) ou NRPô (Non Responsable de Pôle)
Cons. : Consultanat hospitalier (poursuite des fonctions hospitalières sans chefferie de service)
Dir : Directeur

A4 – PROFESSEUR ASSOCIÉ DES UNIVERSITÉS

NOM et Prénoms	CS[◊]	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
CALVEL Laurent	NRPô CS	• Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Soins palliatifs / NHC	46.05 Médecine palliative
HABERSETZER François	CS	• Pôle Hépato-digestif - Service de Gastro-Entérologie - NHC	52.02 Gastro-Entérologie
SALVAT Eric	CS	• Pôle Tête-Cou - Centre d'Evaluation et de Traitement de la Douleur / HP	48.04 Thérapeutique, Médecine de la douleur, Addictologie

B1 - MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS (MCU-PH)

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
AGIN Arnaud		• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et Médecine nucléaire
Mme AYME-DIETRICH Estelle		• Pôle de Pharmacologie - Unité de Pharmacologie clinique / Faculté de Médecine	48.03 **Pharmacologie fondamentale** ; pharmacologie clinique ; addictologie Option : pharmacologie fondamentale
BAHOUGNE Thibault		• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, Diabète et Maladies métaboliques / HC	53.01 Option : médecine interne
BECKER Guillaume		• Pôle de Pharmacologie - Unité de Pharmacologie clinique / Faculté de Médecine	48.03 Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
BENOTMANE Ilies		• Pôle de Spécialités médicales-Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie-Transplantation / NHC	52.03 Néphrologie
Mme BIANCALANA Valérie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
BLONDET Cyrille		• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire (option clinique)
Mme BOICHARD Amélie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
BOUSIGES Olivier		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
BOYER Pierre		• Pôle de Biologie - Institut de Bactériologie / Faculté de Médecine	45.01 Bactériologie-**Virologie** ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-**Virologie** biologique
Mme BRU Valérie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale/PTM HUS • Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme BUND Caroline		• Pôle d'Imagerie - Service de médecine nucléaire et imagerie moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
CARAPITO Raphaël		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie
CAZZATO Roberto		• Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A interventionnelle / NHC	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
CERALINE Jocelyn		• Pôle de Biologie - Département de Biologie structurale Intégrative / IGBMC	47.02 **Cancérologie** ; Radiothérapie (option biologique)
CHERRIER Thomas		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
CHOQUET Philippe		• Pôle d'Imagerie - UF6237 - Imagerie Préclinique / HP	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
CLERE-JEHL Raphaël		• Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipoison - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Hautepierre	48.02 Réanimation
Mme CORDEANU Elena Mihaela		• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service des Maladies vasculaires-HTA-Pharmacologie clinique / NHC	51.04 Option : Médecine vasculaire
DALI-YOUCEF Ahmed Nassim		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
DANION François		• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies infectieuses et tropicales / NHC	45.03 Option : Maladies infectieuses
DEVYS Didier		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme DINKELACKER Véra		• Pôle Tête et Cou - CETD - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
DOLLÉ Pascal		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme ENACHE Irina		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / IGBMC	44.02 Physiologie
Mme FARRUGIA-JACAMON Audrey		• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et HC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03 Médecine Légale et droit de la santé
FELTEN Renaud		• Pôle Tête et Cou - CETD - Centre d'Investigation Clinique (CIC) - AXS / Hôpital de Hautepierre	48.04 Thérapeutique, Médecine de la douleur, Addictotologie
FILISETTI Denis	CS	• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Faculté	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
GANTNER Pierre		• Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Bactériologie-**Virologie** ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-**Virologie** biologique
GIANNINI Margherita		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
GIES Vincent		• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)
GRILLON Antoine		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : **Bactériologie**-virologie (biologique)

NOM et Prénoms	CS[©]	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
GUERIN Eric		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire (option biologique)
GUFFROY Aurélien		• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine interne et d'Immunologie clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)
Mme HARSAN-RASTEI Laura		• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
HUBELE Fabrice		• Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS - Service de Biophysique et de Médecine Nucléaire / NHC	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
KASTNER Philippe		• Pôle de Biologie - Département Génomique fonctionnelle et cancer / IGBMC	47.04 Génétique (option biologique)
Mme KEMMEL Véronique		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
KOCH Guillaume		- Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine	42.01 Anatomie (Option clinique)
Mme KRASNY-PACINI Agata		• Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / Clémenceau	49.05 Médecine Physique et Réadaptation
Mme LAMOUR Valérie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme LANNES Béatrice		• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine • Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
LAVAUX Thomas		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire
LECOINTRE Lise		• Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale Option : Gynécologie-obstétrique
LENORMAND Cédric		• Pôle de Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénéréologie
LHERMITTE Benoît		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques
LUTZ Jean-Christophe		• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Plastique et Maxillo-faciale / Hôpital Civil	55.03 Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
MIGUET Laurent		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / Hôpital de Hautepierre et NHC	44.03 Biologie cellulaire (type mixte : biologique)
Mme MOUTOU Céline ép. GUNTHNER	CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic préimplantatoire / CMCO Schiltigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MULLER Jean		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme NICOLAE Alina		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et Cytologie Pathologiques (Option Clinique)
Mme NOURRY Nathalie		• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Pathologie professionnelle et de Médecine du travail / HC	46.02 Médecine et Santé au Travail (option clinique)
PFAFF Alexander		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale /PTM HUS	45.02 Parasitologie et mycologie
Mme PITON Amélie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / NHC	47.04 Génétique (option biologique)
POP Raoul		• Pôle d'Imagerie - Unité de Neuroradiologie interventionnelle / Hôpital de Hautepierre	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
PREVOST Gilles		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : **Bactériologie**-virologie (biologique)
Mme RADOSAVLJEVIC Mirjana		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
Mme REIX Nathalie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NHC - Service de Chirurgie / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
Mme RIOU Marianne		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option clinique)
Mme ROLLAND Delphine		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / Hôpital de Hautepierre	47.01 **Hématologie** ; transfusion (type mixte : Hématologie)
Mme ROLLING Julie		• Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service Psychothérapique pour Enfants et Adolescents / HC	49.04 Pédopsychiatrie ; Addictologie
Mme RUPPERT Elisabeth		• Pôle Tête et Cou - Service de Neurologie - Unité de Pathologie du Sommeil / HC	49.01 Neurologie
Mme SABOU Alina		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale/PTM HUS - Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
SAVIANO Antonio		• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépato-Gastro-Entérologie /HP	52.01 Gastro-entérologie ; Hépatologie ; Addictologie
Mme SCHEIDECKER Sophie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
SCHRAMM Frédéric		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : **Bactériologie**-virologie (biologique)
Mme SOLIS Morgane		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital de Hautepierre	45.01 **Bactériologie-Virologie** ; hygiène hospitalière Option : Bactériologie-Virologie
Mme SORDET Christelle		• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	50.01 Rhumatologie
Mme TALAGRAND-REBOUL Emilie		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : **Bactériologie**-virologie (biologique)
VALLAT Laurent		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie Biologique - Hôpital de Hautepierre	47.01 **Hématologie** ; Transfusion Option Hématologie Biologique
Mme VELAY-RUSCH Aurélie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital Civil	45.01 Bactériologie-**Virologie** ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-**Virologie** biologique
Mme VILLARD Odile		• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Fac	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme ZALOSZYC Ariane ép. MARCANTONI		• Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
ZOLL Joffrey		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / HC	44.02 Physiologie (option clinique)

B2 – PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS (monoappartenant)

Pr BONAH Christian P0166	Laboratoire d'Epistémologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72.	Epistémologie - Histoire des sciences et des Techniques

B3 - MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS (monoappartenant)

Mme CHABRAN Elena	ICUBE-UMR 7357 - Equipe IMIS / Faculté de Médecine	69.	Neurosciences
M. DILLENSEGER Jean-Philippe	ICUBE-UMR 7357 - Equipe IMIS / Faculté de Médecine	69.	Neurosciences
Mr KESSEL Nils	Laboratoire d'Epistémologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72.	Epistémologie - Histoire des sciences et des Techniques
Mr LANDRE Lionel	ICUBE-UMR 7357 - Equipe IMIS / Faculté de Médecine	69.	Neurosciences
Mme MIRALLES Célia	Laboratoire d'Epistémologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72.	Epistémologie - Histoire des sciences et des Techniques
Mme SCARFONE Marianna	Laboratoire d'Epistémologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72.	Epistémologie - Histoire des sciences et des Techniques
Mme THOMAS Marion	Laboratoire d'Epistémologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72.	Epistémologie - Histoire des sciences et des Techniques
Mr VAGNERON Frédéric	Laboratoire d'Epistémologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72.	Epistémologie - Histoire des sciences et des Techniques
Mr ZIMMER Alexis	Laboratoire d'Epistémologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72.	Epistémologie - Histoire des sciences et des Techniques

Le serment d'Hippocrate (Version revue par l'Ordre des médecins en 2012)

"Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité. Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux. Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions.

J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences. Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les moeurs. Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

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

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

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque."

Remerciements :

Je tiens à remercier chaleureusement le Docteur Lecointre pour l'inspiration qu'elle m'a apportée, tant sur le plan professionnel que personnel. Je suis reconnaissante pour le temps qu'elle m'a consacré et pour son accompagnement précieux qui m'a permis de progresser de manière significative. Merci d'être une chirurgienne brillante et d'exception, une cheffe de service bienveillante et à l'écoute, ainsi qu'une formatrice exigeante en garde qui sait instiller la confiance en soi. J'espère avoir l'opportunité de continuer mon chemin professionnel à tes côtés, afin d'apprendre encore mieux à gérer mes émotions.

Aux membres du jury

Je tiens à remercier le Professeur Akladios pour être un modèle de calme et de sagesse. En tant que chirurgien intrépide, il enseigne à ses internes que le travail peut être synonyme de plaisir. Sa manière d'aborder les défis inspire confiance et sérénité.

Merci au Dr Pontvianne, une femme inspirante, pleine de courage et qui ne se laisse jamais arrêter par aucune situation. Je te remercie pour ta confiance indéfectible et ta défense dans toutes les circonstances. Merci pour tous les enseignements que tu m'as permis d'acquérir durant mes semestres en obstétrique. Ta bonne humeur quotidienne et ta capacité à rire, même à des heures tardives, sont réellement appréciées de tous. J'espère continuer à avancer à tes côtés, car mon évolution serait incomplète sans ta présence et ton soutien infaillible.

Merci au Docteur Martel de m'avoir permis de progresser dans mes compétences en coelioscopie grâce à nos opérations en duo. Merci de m'avoir montré qu'il est possible d'être une maman de trois enfants tout en étant une chirurgienne exceptionnelle et toujours présente pour ses internes. Continue d'inspirer les femmes comme tu le fais si bien.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux Professeur Derby pour avoir pris le temps d'évaluer ma thèse. Votre expertise et vos perspectives enrichissantes sont grandement appréciées, et je suis honorée d'avoir pu partager mon travail avec vous.

Merci au Docteur Gabriele d'avoir évaluer mon travail de thèse. Je tiens à te remercier également de m'avoir inspiré grâce à tes projets de recherche similaires au mien.

À mon compagnon de vie

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon binôme, Clément, dont le soutien indéfectible a été une source de force tout au long de cette aventure académique. Sa patience, son encouragement et sa compréhension m'ont permis de surmonter les moments de doute et de difficulté. Merci pour ces discussions enrichissantes qui ont stimulées ma réflexion, et pour chaque instant partagé qui a rendu ce parcours plus doux. Ta confiance en moi m'a toujours motivé à donner le meilleur de moi-même. J'ai hâte des nouvelles aventures qui sont devant nous. Je t'aime.

À ma famille

Merci à mes parents pour leur amour inconditionnel, leurs encouragements constants et leurs sacrifices qui ont été les piliers sur lesquels j'ai bâti mes réussites. Merci de m'avoir inculqué des valeurs de persévérance et de travail acharné, et d'avoir toujours cru en moi, même dans les moments les plus difficiles. Votre confiance en mes capacités m'a donné la force d'avancer et de surmonter tous les obstacles. Je vous dédie cette thèse, en reconnaissance de tout ce que vous avez fait pour moi. Votre fierté est ma plus grande récompense.

Merci à ma grande sœur Cécile pour ta présence réconfortante, tes encouragements et ta capacité à m'écouter qui ont été des sources de motivation précieuses. Chaque étape de cette

aventure a été enrichie par nos échanges et ta foi en moi. Merci d'avoir été là dans les moments de doute, et de célébrer avec moi chaque petite victoire.

Merci à mes quatres grands-parents à qui je souhaite exprimer ma profonde gratitude pour l'amour et le soutien indéfectibles que vous m'avez toujours offerts. Merci pour tout ce que vous m'avez donné, pour les leçons de vie que vous m'avez transmises et pour l'amour inconditionnel qui continue de briller dans mon cœur.

A toi mamie, bien que ta présence ne soit plus physique, ta sagesse et ta bienveillance continuent de guider chacun de mes pas. Les souvenirs de nos moments partagés, de ta voix douce et de tes précieux conseils, m'accompagnent chaque jour. Tu as été un pilier dans ma vie, une source d'inspiration et un modèle de force et de compassion.

Je souhaiterai remercier ma belle-famille, Sandrine, François, Camille et Justine pour tout l'amour et le soutien qu'ils m'ont offerts pendant cette thèse. Je suis tellement reconnaissante de vous avoir à mes côtés.

À mes modèles

Merci au Dr Sublon, une gynécologue-obstétricienne exceptionnelle, dont la rareté est à peine reconnue. Je lui dois presque tout depuis mon premier semestre. Toujours présente pour célébrer les bons moments et soutenir dans les moments difficiles, elle sait aussi communiquer ses idées avec une honnêteté authentique.

Merci au Dr Osada pour tout ce que tu as fait pour moi durant cette année. En tant que cheffe, tu as toujours su me guider avec sagesse et détermination, m'inspirant à donner le meilleur de moi-même. Mais au-delà de notre relation professionnelle, je suis profondément reconnaissant d'avoir pu te connaître en tant qu'amie. Ta bienveillance, ton écoute et ton soutien ont eu un

impact sur ma vie, tant sur le plan personnel que professionnel. Je chéris notre amitié et je suis impatiente de continuer à partager des moments précieux à tes côtés.

Un immense merci au Dr Minella pour avoir supporté mon humour durant ce stage d'échographie ! Ta façon d'incarner la gentillesse, l'humilité, l'écoute et la modestie nous inspire tous. Tu es un vrai rayon de soleil dès 8 heures du matin, et tes internes te garderont toujours une immense gratitude pour cela.

Merci au Dr Lapointe pour m'avoir enseigné la rigueur et la volonté, et pour ton soutien inébranlable dans de nombreuses situations. Je te suis reconnaissante pour le temps que tu as consacré à mes côtés, m'aidant et me guidant dans mes projets.

À mes amis

Un grand merci à Morgana, mon binôme depuis le premier jour de mon internat. Je me souviendrai toujours de notre premier aller en train pour Mulhouse, la peur au ventre de notre premier jour d'internat. Grâce à ton soutien, ton courage, ta générosité et ta volonté, tu m'as permis d'évoluer à la fois dans le domaine professionnel et personnel. Notre amitié indéfectible est une source de force et de joie dans chaque moment partagé. Je nous souhaite encore de nombreuses années ensemble à rigoler, manger, travailler et voyager.

Merci à Lucie, une co-interne toujours présente, de bonne humeur et motivée à réaliser des milliers de choses. C'est la co-interne dont tout le monde rêve d'avoir à ses côtés. Une personne au grand cœur qui ne laisse jamais personne au bord de la route. Notre amitié indéfectible est d'un véritable soutien dans cette aventure.

Un grand merci à Chloé pour tous les moments de bonheur que nous avons partagés. Cette jeune médecin est toujours partante, que ce soit pour le travail ou pour 60 kilomètres de vélo.

Je te souhaite tout le bonheur du monde, et surtout, je nous souhaite encore de nombreux triathlons ensemble.

Merci à Lisa, ce soleil quotidien qui illumine mes longues journées de travail. Ta présence apporte bonheur et légèreté, transformant chaque situation. Tu as été un soutien infaillible lors de moments cruciaux, m'aidant à évoluer de manière fulgurante. J'espère que nous pourrons encore cheminer ensemble, au travail comme dans la vie quotidienne.

Merci à Margot d'avoir été mon copilote pendant ces six derniers mois. Tu m'as permis de m'évader grâce à tes histoires captivantes et tes blagues toujours rafraîchissantes. Ta capacité à partager ton sourire en toutes circonstances est vraiment inspirante. J'espère sincèrement que tu pourras rapidement tourner la page de l'obstétrique.

Merci à Héloïse, ma pioupiou pour toujours. Je te suis profondément reconnaissante d'avoir rechargé ma motivation lorsque j'en avais le plus besoin. Tes jolis mots, entendus lors des moments importants, m'ont touchée et soutenue. Je nous souhaite encore de partager un beau bout de chemin ensemble.

Merci à Dr Baby, Dr De Laurens, Dr Reheis, Dr Zilliox, Dr Bel, Dr Riss, Dr Begusic, Dr Legris pour la transmission de vos connaissances.

Merci à Mathilde Pierrat, Camille Weiss, Léo Lachkar, Charlotte Jouffrieau, Lauren Guerin, Tuba Koytoviloglu, Clara Guibert, Louise Lichtenauer, Marie Lorho, Clara Fabre, Djanagane Mounien, Paul Hag, Charlotte Bordes, Monkoubi Miengue, Celia Ross, Ilona Deschler, Arthur Elefteriou, Sylvia Chemama, Joanna Alves, Virginie Teyssere, Lisa Roger, Axelle Turquet d'avoir embelli mes semestres.

Merci aux 4 premiers semestres 2024/2025 Nine Pradal, Marthe Mager, Jacques Houdelot et Clara Pellerin d'avoir été aussi motivés et aussi souriants.

Tables des matières

I. Résumé page 18

II. Introduction page 20

III. Méthodes page 22

A. Collecte de données page 22

B. Points de vue critiques de sécurité page 23

Figure 1 : Définition anatomique des points de vue critique de sécurité page 26

C. Annotations page 27

D. Analyse statistiques page 27

IV. Résultats page 28

V. Discussion page 32

A. Résumé des principaux résultats page 32

B. Résultats dans le contexte de la littérature page 32

C. Forces et faiblesses page 34

D. Implications pour la pratique et recherches futures page 35

VI. Conclusion page 38

Déclarations page 39

Annexe 1 - Protocole d'annotation page 40

Protocole d'annotation et flux de travail page 41

Règles d'annotations du côté gauche page 47

Définition des étapes chirurgicales du côté gauche page 48

Annotation binaire des critères CVS page 56

Annotation des critères anatomiques spatiaux page 59

Annexe 2 - Co-autrice *“Introducing the Critical View of Safety in sentinel node dissection for uterine malignancies: A step toward the use of artificial intelligence to enhance surgical safety and lymph node detection.”* - International Journal of Gynaecological Cancer page 67

Bibliographie page 80

I. RÉSUMÉ

Objectif : Le traitement des cancers de l'endomètre et du col utérin de stade précoce repose sur une chirurgie mini-invasive comprenant l'exérèse de la tumeur primitive et la biopsie du ganglion sentinelle pelvien, afin d'obtenir l'ensemble des informations pronostiques pour définir une prise en charge adaptée et personnalisée. La technique du ganglion sentinelle comme outil d'évaluation de l'atteinte ganglionnaire s'inscrit parfaitement dans le contexte de désescalade thérapeutique dans cette population. Néanmoins, la problématique de cette pathologie réside dans les difficultés de détection du ganglion sentinelle en peropératoire dues aux limites des techniques de détection standard et pourvoyeuses de complications non négligeables. Afin d'optimiser les performances de détection et réduire les complications, nous avons développé des points de vue critiques de sécurité pour la dissection des ganglions lymphatiques sentinelles pelviens. La définition de ces points de vue critiques permettra d'aider à standardiser l'évaluation de la qualité chirurgicale, à améliorer la précision de l'identification des ganglions lymphatiques sentinelles et à conduire à une diminution de la morbidité pour les patientes. Nous souhaitons également dans un futur proche promouvoir le développement de conseils instantanés péri opératoires basés sur l'intelligence artificielle pour aider à respecter les normes de sécurité chirurgicale.

Méthodes : Cette étude internationale multicentrique observationnelle prospective a été réalisée d'avril à septembre 2024. Des vidéos chirurgicales de patientes atteintes de cancer de l'endomètre ou de cancer du col utérin bénéficiant d'une dissection des ganglions lymphatiques sentinelles pelviens par voies laparoscopique ou robotique ont été collectées. Trois points de vues critique de sécurité (espace pararectal, espace paravesical, artère iliaque interne), pré-définis par un consensus d'experts précédemment publié, sont mis en évidence avant la dissection des ganglions sentinelles grâce à l'identification de structures anatomiques

indispensables. Trois chirurgiens indépendants, en aveugle les uns des autres, ont évalué si les points de vue critiques de sécurité proposés étaient identifiables dans les vidéos chirurgicales collectées afin d'établir l'applicabilité (validité de contenu) et la concordance inter-évaluateurs (fiabilité).

Résultats : Sur 80 patientes incluses, 71 vidéos compatibles pour une annotation ont été recueillies. L'espace pararectal a été identifié dans 62 % des vidéos, l'espace paravesical dans 94 %, et l'artère iliaque interne dans 32 %. La fiabilité inter-évaluateurs était élevée pour les espaces pararectal et paravesical (Kappa de Fleiss de 0.90) et modérée pour l'artère iliaque interne (Kappa de Fleiss de 0.73).

Conclusion : En analysant ces vidéos chirurgicales, cette étude recommande trois étapes chirurgicales de dissection en matière de sécurité basées sur un consensus d'experts précédemment publié. De tels critères de sécurité standardisés à l'ensemble des chirurgiens pourraient potentiellement réduire le risque de complications périopératoires, de paquets ganglionnaires vides et d'échecs de cartographie peropératoire, améliorant ainsi l'adhérence aux directives internationales prédéfinies. Cette étude pose également les bases pour l'exploration de la faisabilité des algorithmes d'intelligence artificielle afin d'évaluer et de segmenter automatiquement les points de vue critiques de sécurité à partir de vidéos chirurgicales.

II. INTRODUCTION

L'évaluation du statut ganglionnaire pelvien est cruciale pour obtenir l'ensemble des informations pronostiques afin de définir une prise en charge adaptée et personnalisée [1,2]. Traditionnellement, la lymphadénectomie était la seule méthode d'évaluation du statut ganglionnaire, s'accompagnant en revanche de complications significatives per et postopératoires [3]. Cependant, l'introduction des techniques de prélèvement des ganglions lymphatiques sentinelles pelviens (GS), soutenue par les recommandations de la Société Européenne d'Oncologie Gynécologique, a facilité le développement de procédures moins invasives, fournissant des informations essentielles de stadification tout en réduisant la morbidité des patientes [1,2,4,5].

Bien que les avancées dans les techniques de détection des GS pelviens, telles que l'utilisation du vert d'Indocyanine et la standardisation des techniques d'injection, aient amélioré les taux d'identification, cette procédure échoue dans 20 % à 25 % des cas [6]. De plus, les taux de complications intra-opératoires (0.4 %) et postopératoires (10.8 %) liés à la technique chirurgicale restent non négligeables, notamment en lien avec la proximité des structures anatomiques avoisinantes à risque (artère et veine iliaque externe, artère iliaque interne, uretère, artère ombilicale et nerf obturateur) [7]. Il est également mis en évidence que dans 2 % des procédures, aucun tissu ganglionnaire n'est trouvé, conduisant à des paquets ganglionnaires vides [8]. Ce pourcentage peut augmenter jusqu'à 8 % chez les patientes obèses du fait de situations anatomiques pelviennes profondes rendant difficile la détection des GS superficiels [9] et jusqu'à 20 % si le chirurgien est au début de sa courbe d'apprentissage ce qui entraîne des difficultés techniques telles qu'un site d'injection inadéquat, l'exérèse de GS de deuxième ou troisième niveau et l'exérèse de paquets ganglionnaires vides [10]. Enfin, la pollution du champ opératoire par le vert d'Indocyanine peut rendre la procédure longue et fastidieuse rendant alors la détection du GS aléatoire.

Les recommandations actuelles préconisent la réalisation d'une lymphadénectomie pelvienne complète en l'absence de détection du GS pelvien dans le cadre d'un cancer du col utérin de stade précoce et de l'endomètre pour les groupes à risque de récidive considérés comme 'haut-intermédiaire' et élevé. La détection des GS représente donc un véritable enjeu notamment afin d'éviter les complications liées à la lymphadénectomie pelvienne.

Malgré les recommandations récentes préconisant un guide chirurgical de l'ensemble des étapes chirurgicales de dissection des GS pelviens, une variabilité des procédures chirurgicales entre les différents établissements de santé et les différents praticiens a été observée [13,14]. La lymphadénectomie sentinelle pelvienne représente une réelle désescalade thérapeutique, sans pour autant constituer une désescalade chirurgicale, ce qui rend indispensable l'identification des structures anatomiques cibles. C'est pourquoi, un consensus d'experts a été rédigé pour standardiser la procédure de dissection et de détection des GS pelviens dans la prise en charge des patientes atteintes de cancer du col de l'utérus [15] et de l'endomètre [16]. Ces recommandations visent à améliorer le repérage bilatéral des GS en identifiant des étapes chirurgicales obligatoires et en promouvant la reconnaissance intra-opératoire des structures anatomiques rétro-péritonéales bien définies.

Des systèmes d'évaluation de ces étapes chirurgicales obligatoires sont souhaitables pour aider les chirurgiens durant leur courbe d'apprentissage, limitant ainsi le taux d'échecs de cartographie, de paquets vides et de complications chirurgicales [15,16].

L'évaluation basée sur l'analyse de vidéos chirurgicales a démontré son potentiel en chirurgie et notamment lors des cholécystectomies laparoscopiques pour évaluer la qualité et améliorer la sécurité des procédures. Cette nouvelle approche en chirurgie digestive, dont le but est de prévenir les lésions des voies biliaires [17], a permis de définir et d'étudier des stratégies opératoires pour améliorer sa mise en œuvre [18]. De plus, des outils d'apprentissage profond ont été développés pour segmenter et évaluer automatiquement et de manière univoque les points

de vue critiques de sécurité dans les vidéos opératoires et sont en cours d'étude pour renforcer la sécurité durant les procédures chirurgicales [19–21]. Ce premier modèle d'intelligence artificielle, capable d'identifier les structures anatomiques essentielles, offre une assistance précieuse aux chirurgiens lors de la prise de décisions peropératoires. Enfin, la vision par ordinateur est également utilisée pour promouvoir la clarté, la recherche et la formation en chirurgie, avec des plateformes telles qu'EndoDigest fournissant automatiquement de courtes vidéos montrant sélectivement les étapes chirurgicales de sécurité de la procédure [22,23].

L'objectif de cette étude vise à introduire le taux de vision critique de sécurité à travers une évaluation vidéo permettant le repérage des structures anatomiques obligatoires définies dans le consensus d'experts pour la dissection des GS dans les tumeurs utérines malignes. En définissant ces étapes chirurgicales de sécurité, l'objectif est de standardiser l'évaluation de la qualité chirurgicale, d'améliorer la précision de la détection des GS et de diminuer la morbidité de cette procédure. De plus, en validant ces différentes étapes chirurgicales, cette base facilitera le développement de l'assistance par intelligence artificielle en temps réel dans les salles d'opération, aidant ainsi les chirurgiens à respecter de manière précise les critères de sécurité et à améliorer l'efficacité de leur procédure chirurgicale.

III. MÉTHODES

A. Collecte de données

Il s'agit d'une étude multicentrique, observationnelle et prospective menée en France dans le Département de Chirurgie Gynécologique de l'Hôpital de Hautepierre à Strasbourg et en Italie au sein de l'unité d'oncologie gynécologique de la Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS à Rome. Des vidéos chirurgicales de patientes atteintes de cancer du col utérin ou de l'endomètre bénéficiant d'une procédure de dissection des GS pelviens par voie mini-invasive (laparoscopique ou robotique) ont été prospectivement collectées d'avril à

septembre 2024. Les critères de sélection pour les vidéos exigeaient que les chirurgies respectent les étapes procédurales obligatoires co définines par Moloney et al, comprenant :

- l'utilisation de traceurs, le lieu d'injection, la technique d'injection et le choix de l'aiguille,
- l'utilisation d'un manipulateur utérin,
- l'inspection à la lumière blanche,
- la technique de dissection [15,16].

B. Points de vue critique de sécurité

Selon le consensus d'experts, publié en 2021 par Moloney *et al.* pour le cancer de l'endomètre et par Bizzarri *et al.* en 2023 pour le cancer du col de l'utérus, certaines structures anatomiques rétropéritonéales doivent être identifiées avant de réaliser la dissection des GS pelviens (Tableau 1) [15,16].

	Cancer de l'endomètre	Cancer du col utérin
REPÈRES ANATOMIQUES À IDENTIFIER		
Artère iliaque externe	OBLIGATOIRE	OBLIGATOIRE
Artère iliaque interne	OBLIGATOIRE	OBLIGATOIRE
Artère ombilicale	OBLIGATOIRE	OBLIGATOIRE
Uretère	OBLIGATOIRE	OBLIGATOIRE
Espace paravésical	OBLIGATOIRE	/
Artère utérine	OPTIONNEL	/
DIRECTION DE LA DISSECTION DES ESPACES RÉTROPÉRITONÉAUX		
Commencer la cartographie des ganglions lymphatiques sentinelles au niveau de l'artère utérine et continuer la dissection **latéralement** loin de l'utérus.	OBLIGATOIRE	OBLIGATOIRE
Commencer la cartographie des ganglions lymphatiques sentinelles au niveau de l'artère utérine et continuer la dissection **médialement** vers l'utérus.	OPTIONNELLE	/
Commencer la cartographie des ganglions lymphatiques sentinelles au niveau de l'artère utérine et continuer la dissection vers la **zone pré-sacrale**.	OPTIONNELLE	/
Commencer la cartographie des ganglions lymphatiques sentinelles en ciblant le ganglion le plus visible et disséquer de façon proximale (**vers le col de l'utérus**).	OPTIONNELLE	/

***Tableau 1*. Étapes chirurgicales décrites comme obligatoires ou optionnelles dans la procédure de dissection des ganglions lymphatiques sentinelles pelviens par chirurgie mini-invasive dans le cancer de l'endomètre ou du col de l'utérus selon le consensus d'experts (15,16).**

Celles-ci incluent l'uretère, l'artère ombilicale, les vaisseaux iliaques externes et l'artère iliaque interne. Ces structures ont servi de base pour définir les trois étapes chirurgicales de sécurité à savoir l'identification de (Tableau 2 et Figure 1) :

- L'espace paravesical, identifié comme l'espace entre les vaisseaux iliaques externes et muscle obturateur ainsi que la vessie et l'artère ombilicale,
- L'espace pararectal, qui implique l'identification de l'espace entre l'uretère, le rectum et l'artère ombilicale sous l'artère utérine,
- L'artère iliaque interne, définie comme l'identification d'au moins un bord du vaisseau ou la visualisation d'une structure vasculaire tubulaire blanche médiale à l'uretère et en dessous de l'artère ombilicale ou l'identification de l'émergence de l'artère ombilicale.

Il est important de noter que les chirurgiens n'étaient pas informés que les vidéos seraient utilisées pour établir ces points de vue critiques et ont effectué les chirurgies selon leurs pratiques habituelles.

Critère de sécurité	Structure anatomique
Espace paravésical	Vaisseaux iliaques externes, artère ombilicale et vessie
Espace pararectal	Uretère, rectum et artère ombilicale
Artère iliaque interne	Artère iliaque interne

***Tableau 2*. Adaptation du consensus d'experts : points de vue critiques de sécurité et corrélation avec les structures anatomiques.**

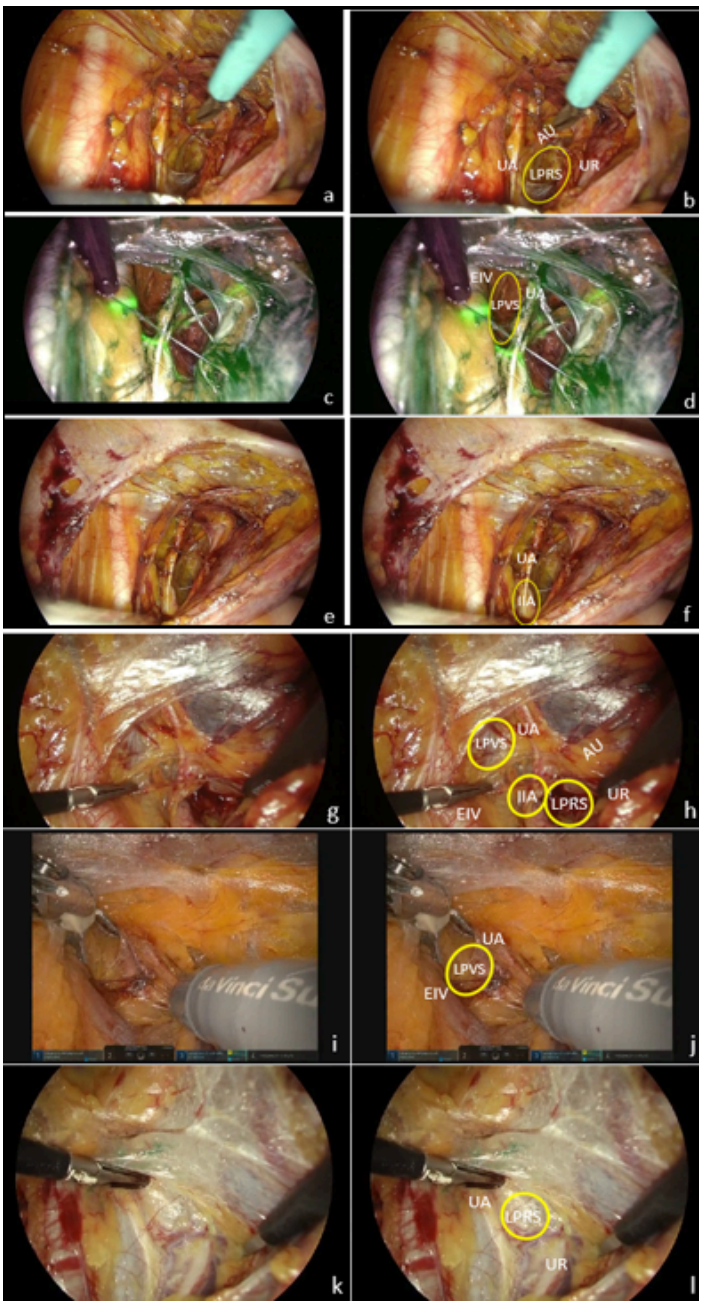


Figure 1. **Définition anatomique des points de vue critiques de sécurité (CVS).**

a-b) : Espace pararectal (LPRS) : espace sous l'artère utérine (AU), limité latéralement par l'artère ombilicale (UA) et médialement par l'uretère (UR) et le rectum ;

c-d) : Espace paravesical (LPVS) : espace limité latéralement par les vaisseaux iliaques externes (EIV) et le muscle obturateur et médialement par l'artère ombilicale (UA) et la vessie ;

e-f) : Artère iliaque interne (IIA) : identification d'au moins un bord du vaisseau ou identification d'une structure vasculaire tubulaire blanche médiale à l'uretère et en dessous de l'artère ombilicale (UA) ou identification de l'émergence de l'artère ombilicale (UA) ;

g-h) : Espace pararectal (LPRS), espace paravesical (LPVS) et artère iliaque interne (IIA) ;

i-j) : Espace paravesical (LPVS) disséqué par approche robotisée ;

k-l) : Espace pararectal (LPRS).

C. Annotation vidéo (protocole d'annotation en annexe 1)

La phase chirurgicale de la détection du GS pelvien gauche, depuis l'ouverture du ligament rond gauche jusqu'au test ex vivo de la fluorescence du GS gauche dans le pelvis, a été sélectionnée comme région d'intérêt pour faciliter la cohérence des annotations.

Trois annotateurs, expérimenté en chirurgie gynécologique et en aveugle les uns aux autres, ont analysé les vidéos selon un protocole d'annotation préétabli définissant les points de vue critiques de sécurité rédigés conformément au consensus d'experts publié [15,16].

MOSaiC [22], une plateforme d'annotation vidéo collaborative en ligne basée sur le cloud et développée à l'IHU de Strasbourg (Institut de Chirurgie Guidée par l'Image, Strasbourg, France), a été utilisée pour annoter les vidéos afin de déterminer si les critères chirurgicaux de sécurité étaient atteints par le chirurgien [15,16]. De plus, la direction de la dissection de l'espace rétropéritonéal (latérale par rapport à l'artère utérine, médiale par rapport à l'artère utérine, zone pré-sacrale, depuis le premier ganglion lymphatique mis en évidence vers ou loin du col de l'utérus) a été annotée conformément aux étapes du consensus d'experts [15,16].

D. Analyses statistiques

Des statistiques descriptives (moyennes, médianes, pourcentages) ont été réalisées en analysant les résultats des caractéristiques des patientes et le taux d'atteinte des points de vue critiques de sécurité. Un des espaces de dissection de sécurité est considéré comme atteint si au moins deux des trois annotateurs s'accordent sur son identification. L'accord des critères individuels pour l'identification des points de vue de sécurité a été calculé à l'aide du Kappa de Cohen pour les paires d'évaluateurs et du Kappa de Fleiss pour les trois évaluateurs ensemble. La fiabilité inter-évaluateur est considérée comme parfaite si $k > 0.90$, forte si $0.80 < k < 0.90$, modérée si $0.60 < k < 0.79$, faible si $0.40 < k < 0.59$, minimale si $0.21 < k < 0.39$ ou sans accord si $0 < k < 0.20$.

IV. RÉSULTATS

Quatre-vingts patientes ont été incluses dans l'étude. Neuf patientes ont été exclues en raison de vidéos ne comprenant pas entièrement la région d'intérêt à annoter. Parmi les 71 patientes dont les vidéos chirurgicales ont été annotées, 90.1% (N = 64/71) présentaient un cancer de l'endomètre, et 9.9% (N = 7/71) un cancer du col de l'utérus. Soixante-quatre (90,1%) patientes ont bénéficié d'une intervention par approche laparoscopique, contre 7 (9,9%) par voie robotique utilisant le système da Vinci Xi (Intuitive, CA). L'âge médian des patientes était de 52 ans (IC 95% [34-71]) et l'indice de masse corporelle médian de 28.8 kg/m^2 (IC 95% [23.7-32.17]). Les caractéristiques cliniques des patientes sont résumées dans le Tableau 3.

	Total	Cancer de l'endomètre	Cancer du col utérin
Patientes incluses	71 (100%)	64 (90.1%)	7 (9.9%)
APPROCHE CHIRURGICALE			
Voie laparoscopique (%)	64 (90.1%)	57 (89%)	7 (100%)
Voie robotique (%)	7 (9.9%)	7 (11%)	0 (0%)

	Total	Cancer de l'endomètre	Cancer du col utérin
CARACTÉRISTIQUES DES PATIENTES			
Age (médian, IC 95%)	52 (34-71)	63 (56-71)	41 (34–51)
IMC (kg/m2) (médian, IC 95%)	28.8 (IC 95% = [23.7-32.17])	28.9 (IC 95% = [25.4 - 32.42])	23.7 (IC 95% = [23.25 - 26.18])
Chirurgie abdomino-pelvienne antérieure (median, IC 95%)	1 (IC 95% = [0-1])		
Temps opératoire (minutes)	134 (IC 95% = [107.5-161])		
Complications intra-opératoires (%)	0 (0%)		
Nombre de ganglions récupérés à gauche (médiane, IC 95%)	1 (IC 95% = [1-2])		
Ganglions lymphatiques sentinelles métastatiques à gauche, nombre de patientes (%)	7 (9.9%)	6 (9.3%)	1 (14%)
***Macro-métastases**, n (%)*	*3 (4.2%)*	*2 (3.1 %)*	*1 (14%)*
***Micro-métastases**, n(%)*	*2 (2.8%)*	*2 (3.1%)*	*0 (0%)*
***Cellules tumorales isolées** (ITC), n(%)*	*2 (2.8%)*	*2 (3.1%)*	*0 (0%)*
Localisation des ganglions lymphatiques sentinelles pelviens à gauche (%)	**Vaisseaux iliaques externes** : 48 (67.6%) Obturateur : 14 (19.7%) Artère iliaque interne : 3 (4.2 %) Pré-sacré: 3 (4.2 %)	**Vaisseaux iliaques externes** : 41 (64%); Obturateur : 14 (21.8%) Artère iliaque interne : 3 (4.6 %) Pré-sacré: 3 (4.6 %)	**Vaisseaux iliaques externes** : 7 (100%)
Stades oncologiques finaux postopératoires (%)		**IA** : 34 (53%) IB : 11 (17.18) II : 6 (9.3%) IIIA : 4 (6.2%) IIIC1 : 9 (14%)	**IA :** 3 (42.8%) IBI : 1 (14%) IIA : 1 (14%) IIIC1 : 1 (14%) IVB : 1 (14%)

***Table 3*. Caractéristiques des patientes**

Le nombre médian de GS pelviens retirés du côté gauche était de 1 (IC 95% [1-2]). Soixante –quatre patientes (90.1%) étaient indemnes de métastases dans les GS pelviens gauches. En revanche, parmi les 7 patientes identifiées (9.9%) comme métastatiques ganglionnaires on retrouve 2 patientes (2.8%) avec des cellules tumorales isolées, 2 patientes (2.8%) avec des micro-métastases et 3 patientes (4.2%) avec des macro-métastases.

L'espace pararectal a été identifié dans 62% (N = 44/71) des vidéos, l'espace paravesical dans 94% (N = 67/71) des vidéos, et l'artère iliaque interne dans 32% (N = 23/71) des vidéos. Les résultats de la fiabilité inter-évaluateur parmi les annotateurs étaient jugés forts pour l'espace pararectal et l'espace paravesical, avec un Kappa de Fleiss de 0.90 pour les deux, et modérés pour l'artère iliaque interne, avec un Kappa de Fleiss de 0.73 (Tableau 4).

NOMBRE DE VIDÉOS OÙ CHAQUE CARACTÉRISTIQUE INDIVIDUELLE A ÉTÉ VALIDÉE PAR AU MOINS 2 ANNOTATEURS			
CVS 1 : Espace pararectal	61.9% (N = 44/71)		
CVS 2 : Espace paravésical	94.3% (N = 67/71)		
CVS 3 : Artère iliaque interne	32.3% (N = 23/71)		
NOMBRE DE VIDÉOS AVEC DES COMBINAISONS DE CARACTÉRISTIQUES SPÉCIFIQUES VALIDÉES PAR AU MOINS 2 ANNOTATEURS			
Espace pararectal + Espace paravésical	61.9% (N = 44/71)		
Espace pararectal + Artère iliaque interne	29.5% (N = 21/71)		
Espace paravésical + Artère iliaque interne	32.3% (N = 23/71)		
NOMBRE DE VIDÉOS AVEC TOUTES LES TROIS CARACTÉRISTIQUES VALIDÉES PAR AU MOINS 2 ANNOTATEURS			
Espace pararectal + Espace paravésical + Artère iliaque interne	29.5% (N = 21/71)		
SCORES DE FIABILITÉ INTER-ÉVALUATEURS POUR LES VUES CRITIQUES DE SÉCURITÉ (CVS)			
	CVS 1 : Espace pararectal	CVS 2 : Espace paravésical	CVS 3 : Artère iliaque interne
Kappa de Cohen			
A1 vs A2	0.91	0.85	0.65
A1 vs A3	0.88	1	0.85
A2 vs A3	0.91	0.85	0.68
Kappa de Fleiss			
A1 vs A2 vs A3	0.90	0.90	0.73

Tableau 4. **Taux d'identification des espaces et scores de fiabilité inter-évaluateur pour les points de vue critique de sécurité (CVS). A1 : premier annotateur; A2 : second annotateur; A3 : troisième annotateur.**

Dans 64.8% (N = 46/71), la dissection des espaces rétropéritonéaux a été annotée comme se déroulant latéralement par rapport à l'artère utérine, dans 11.3% (N = 8/71) comme se déroulant médialement par rapport à l'artère utérine et dans 23.9% (N = 17/71) la dissection s'est effectuée à la fois latéralement et médialement avant la dissection des GS. Aucune complication intra ou post-opératoire n'a été rapportée.

V. DISCUSSION

A. Résumé des principaux résultats

Les résultats de cette étude proposent la validation de trois points de vue critiques de sécurité, pré-définis selon un consensus d'experts, à travers l'analyse de vidéos chirurgicales [15,16]. Les taux de réussite élevés et la forte concordance inter-évaluateur parmi les annotateurs dans l'identification des espaces pararectal et paravesical soulignent l'applicabilité clinique fiable de ces étapes procédurales chirurgicales obligatoires, y compris l'identification des vaisseaux iliaques externes, de l'artère ombilicale et de l'uretère avant la dissection des GS. Cependant, le taux de réussite plus faible et la concordance inter-évaluateur modérée pour l'artère iliaque interne mettent en évidence la plus grande difficulté que rencontrent les opérateurs à identifier cette structure anatomique plus profonde. Cette limite dans la détection de l'artère iliaque interne pourrait compromettre la capacité à identifier de manière fiable et certaine le GS d'intérêt dans la région iliaque interne et pré-sacrée, ce qui pourrait avoir un impact sur le succès de la procédure [24].

B. Résultats dans le contexte de la littérature publiée

Les recommandations internationales recommandent la cartographie des GS pelviens comme première étape chirurgicale dans la prise en charge des cancers du col utérin et de l'endomètre à un stade précoce, de plus en plus préférée à la lymphadénectomie extensive en raison de son

risque réduit de complications intra- et post-opératoires ainsi que la diminution de la morbidité pour les patientes [1,2]. Pour garantir une reproductibilité entre les différents établissements de santé, des experts ont établi un consensus sur des aspects clés de cette procédure [15,16]. Cela inclut l'utilisation du vert d'indocyanine comme traceur, le début de la dissection au niveau de l'artère utérine, la progression latérale à partir de l'utérus et la réalisation de la dissection sur un côté pelvien avant de passer au côté controlatéral [15,16].

L'identification obligatoire de certaines structures anatomiques, traduite par les points de vue critiques de sécurité proposés, telles que l'uretère, l'artère ombilicale, les vaisseaux iliaques externes et l'artère iliaque interne, est cruciale dans les procédures chirurgicales pour minimiser le risque de complications intra-opératoires [7]. Une identification adéquate prévient non seulement les dommages, mais garantit également une visualisation complète des voies lymphatiques à la fois paracervicales antérieures (pré-urétériques) et paracervicales postérieures (rétro-urétériques) [6]. Cette approche augmente la probabilité de détecter précisément le GS pelvien, qui est le ganglion le plus proximal ou un ganglion unique cartographié, quelle que soit sa station nodale. De plus, suivre la direction de la dissection recommandée est essentielle pour minimiser les lésions des canaux lymphatiques, réduisant ainsi davantage le risque de complications [15,16].

L'analyse vidéo des chirurgies laparoscopiques ou robotiques offre des données précieuses, déjà exploitées dans d'autres spécialités, pour améliorer les résultats chirurgicaux et diminuer la morbidité des patientes. Grâce à l'annotation des vidéos et à l'analyse des données, il est possible d'évaluer objectivement la corrélation entre les étapes chirurgicales de sécurité et les résultats. Cela conduit au développement de modèles prédictifs capables d'anticiper les actions chirurgicales et d'offrir une assistance en temps réel aux chirurgiens durant les procédures opératoires.

Cette étude est la première à traduire cliniquement l'application des recommandations du consensus d'experts réalisés sur ce sujet par une évaluation basée sur l'analyse de vidéos, posant la base du concept selon laquelle le respect de ces points de vue critiques de sécurité standardisés peut réduire le taux d'échec de cartographie des GS pelviens, qui se produit dans 20 à 25 % des cas [6]. De plus, cela pourrait aider à diminuer les complications intra et post-opératoires estimées à 11.2 % [7] et à réduire l'incidence des paquets de ganglions vides qui peuvent atteindre 20 % chez les chirurgiens en début de courbe d'apprentissage [10].

Précédemment, Mascagni *et al.* ont proposé un princeps d'évaluation basé sur l'analyse de vidéos permettant le développement d'un modèle d'apprentissage profond capable de segmenter automatiquement l'anatomie hépatique et d'évaluer les critères définissant les points de vue de sécurité (CVS) de la cholécystectomie laparoscopique, basé sur le concept proposé par Strasberg *et al.* en 1995 [25]. Ce modèle permet de minimiser les risques de lésions des voies biliaires [19]. Ces outils d'apprentissage profond ont été introduits pour évaluer la qualité de la cholécystectomie laparoscopique, offrant une approche prometteuse pour améliorer la précision chirurgicale et les résultats chirurgicaux [20,23].

C. Forces et Faiblesses

Le consensus existant manque de clarté dans la définition de la vision complète d'une structure anatomique. L'adoption d'espaces (para rectaux et para vésicaux) identifiés comme points de vue critiques de sécurité, au lieu de la présence de structures anatomiques uniques, diminue le risque de mauvaise identification de ces structures mais rend compliquée l'identification de l'artère hypogastrique ne correspondant à aucun espace. De plus, le développement d'un protocole d'annotation rigoureux avec au moins deux coordonnées anatomiques spatiales définissant l'espace (pararectal/paravesical) a pu réduire le risque de biais parmi les annotateurs. Pour l'artère iliaque interne, sa position profonde dans le rétro péritoine pelvien et sa

visualisation partielle durant la procédure n'ont pas permis de l'assigner clairement à un espace spécifique. Cela a pu contribuer, bien que de manière minimale, à son taux d'identification plus faible chez les chirurgiens.

Pour minimiser davantage le risque de divergences entre le taux de réussite des chirurgiens et l'évaluation des vidéos par les annotateurs, chaque étape chirurgicale de sécurité a été considérée comme satisfaite si au moins deux des trois annotateurs étaient d'accord.

Cette étude représente la première étape vers l'utilisation des vidéos chirurgicales pour le développement et l'évaluation de points de vue critiques de sécurité et, par conséquent, facilite l'utilisation d'outils de Deep Learning en oncologie gynécologique, promouvant une culture de la "sécurité", comme cela a été démontré dans la cholécystectomie laparoscopique. En laparoscopie, de telles étapes chirurgicales de sécurité, définies par l'identification de repères anatomiques clés et de structures à travers diverses dissections, ont amélioré les résultats chirurgicaux [(23)].

D. Implications pour la pratique et les recherches futures

Les points de vue critiques de sécurité pourraient être établis cliniquement grâce à des études prospectives et multicentriques. L'étude actuelle ouvre la voie à l'exploration de la manière dont ces critères de sécurité pourraient influencer la technique chirurgicale de dissection des GS en onco-gynécologie. En effet, le GS émerge comme une alternative prometteuse dans les stades précoces du cancer de l'ovaire (FIGO I et II) avec de nombreuses études en cours avec une sensibilité de 100% au niveau pelvien et 98,1% au niveau para-aortique [(29)]. Une recherche systématique de la littérature montre que le GS dans le cancer de l'ovaire semble prometteur, offrant une fiabilité dans la détermination du statut ganglionnaire à un stade précoce de la maladie [(31)].

De tels outils permettent d'évaluer l'adhésion aux étapes chirurgicales recommandées et de standardiser les listes de contrôle de sécurité entre les institutions de santé. Quantifier et analyser les événements intra-opératoires, tels que le taux d'atteinte des étapes chirurgicales recommandées ou le taux d'événements indésirables intra-opératoires (saignements mineurs, tractions extrêmes, hésitations, etc.), est crucial pour optimiser l'adhésion aux recommandations et leur mise en œuvre, ainsi que pour identifier de nouvelles stratégies visant à réduire les risques de complications per-opératoires.

L'étude démontre l'utilité du développement d'outils d'intelligence artificielle automatisés basés sur la vidéo. La chirurgie laparoscopique offre l'avantage de créer des vidéos numériques, générant ainsi des "Big Data" pour l'apprentissage automatique. En associant les structures anatomiques visibles dans les vidéos coelioscopiques aux données issues de la segmentation d'images médicales, la réalité augmentée peut fournir des informations essentielles pour l'entraînement des systèmes d'apprentissage automatique.

L'intelligence artificielle (IA) apparaît utile pour l'amélioration des performances chirurgicales mais également pour jouer un rôle dans la formation des chirurgiens. La compréhension et la prise de décision chirurgicale jouent un rôle majeur dans le développement des applications de l'IA, notamment en ce qui concerne l'enseignement de la chirurgie. Les « guides opératoires » identifiant les différentes étapes possibles d'une intervention pourraient servir de « gold standard » pour l'annotation des données d'apprentissage de l'IA. Cela permettrait le développement d'applications telles que l'identification automatique des phases opératoires et le retour d'information sur la progression des cas. Par exemple, des modèles d'apprentissage profond développés par Madad Zadeh *et al.* [30] ont été créés pour détecter et localiser des structures anatomiques en chirurgie gynécologique, atteignant des précisions de segmentation de 84,5% pour l'utérus. Ces modèles pourraient être adaptés pour aider à la détection des structures anatomiques adjacentes lors de l'exérèse du ganglion sentinelle.

Ce travail est donc la première étape vers l'optimisation de ces prototypes, étape essentielle pour transposer ces algorithmes d'IA dans les salles opératoires et finalement générer de la valeur pour les patients, les chirurgiens et les systèmes de santé.

VI. CONCLUSION

Les vidéos chirurgicales fournissent des données précieuses pour analyser objectivement les événements et recueillir des informations intra-opératoires pertinentes. En analysant des vidéos laparoscopiques et robotiques, cette étude définit trois points de vue critiques de sécurité traduisant cliniquement le consensus d'experts sur la dissection des ganglions lymphatiques sentinelles pelviens dans le cancer de l'endomètre et du col de l'utérus. De futures études multicentriques avec un plus grand échantillon vidéo pourraient contribuer à la validation clinique de ces directives d'experts. De plus, cette étude représente une première étape vers le développement d'algorithmes d'intelligence artificielle permettant l'évaluation et la segmentation automatique des critères de sécurité à travers les vidéos chirurgicales. De tels outils pourraient soutenir l'adhésion aux directives, améliorant ainsi la sécurité et la précision de la dissection lymphatique sentinelle pelvienne mini-invasive.

Cette étude permet également d'encourager le partenariat entre les chirurgiens et les ingénieurs permettant le développement de modèle de Deep Learning pour la sécurité chirurgicale et améliorant la traduction des avancées de l'intelligence artificielle en bénéfices de santé publique en diminuant les complications opératoires et le coût engendré.

VU
Strasbourg, le..... 17/1/2025
Le président du jury de thèse
Professeur.....

VU et approuvé
Strasbourg, le..... 23 JAN. 2025
Le Doyen de la Faculté de Médecine, Maïeutique et Sciences de la Santé
Professeur Jean SIBILIA

VII. DÉCLARATIONS

Disponibilité des données

Toutes les données générées ou analysées dans cette étude sont incluses dans le manuscrit ainsi que dans ses figures/tableaux.

Financement

Ce travail a reçu un financement de l'Union Européenne (ERC, CompSURG, 101088553). Les opinions exprimées n'engagent cependant que les auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles de l'Union Européenne ou du Conseil Européen de la Recherche. Ni l'Union Européenne ni l'autorité de financement ne peuvent être tenues responsables de ces opinions. Ce travail a également été partiellement soutenu par des fonds d'État français gérés par l'ANR sous les subventions ANR-20-CHIA-0029-01 et ANR-10-IAHU-02.

Déclaration éthique

L'approbation du Comité Éthique ("Dipartimento Universitario Scienze della Vita e di Sanità Pubblica" Fondazione Policlinico Universitario A. Gemelli IRCCS, CET Lazio Area 3 et Hôpitaux Universitaires de Strasbourg Prot N. 0023316/24 et ID 6672) a été obtenue. L'étude adhère aux principes de la Déclaration d'Helsinki. Lors de la phase d'évaluation pré-opératoire, il a été demandé aux patients de donner leur consentement préalable à l'utilisation ultérieure de leurs données anonymisées à des fins scientifiques.

ANNEXE 1

PROTOCOLE D'ANNOTATION

Le choix des phases chirurgicales est basé sur le Consensus de Delphi publié en 2021 par Moloney *et al.* pour le cancer de l'endomètre et par Bizzarri *et al.* en 2023 pour le cancer du col de l'utérus. Les points de départ et de fin de chaque phase opératoire annotée seront définis en fonction de la procédure chirurgicale et des caractéristiques anatomiques. Une phase supplémentaire (c'est-à-dire « Étape nulle ») sera utilisée pour indiquer les séquences vidéo pendant lesquelles il n'y a pas d'activité chirurgicale, typiquement lorsque le chirurgien attend la préparation d'un instrument. La phase « Étape nulle » sera utile pour évaluer l'efficacité de l'équipe chirurgicale et comme indicateur de compétence. L'annotation vidéo sera effectuée manuellement par un chirurgien gynécologique. Pour vérifier la fiabilité de ces annotations, l'annotation sera réalisée en discutant avec un expert en chirurgie oncologique gynécologique ayant une expérience de plus de 100 cas de procédures SLN. La durée totale de la chirurgie sera définie depuis la première incision du ligament rond ipsilatéral jusqu'à la fin de la récupération du ganglion sentinelle pelvien (GS).

PROTOCOLE D'ANNOTATION ET FLUX DE TRAVAIL

Le processus d'annotation décrit ci-dessous comprend la collecte de vidéos chirurgicales, l'évaluation vidéo des points de Vue Critiques de Sécurité (CVS), l'extraction d'images, et enfin, la segmentation de l'anatomie rétropéritonéale pelvienne gauche et l'annotation des critères CVS sur les images extraites.

1. <u>Collecte de vidéos de GS pour l'évaluation de la CVS</u>

Les vidéos coelioscopiques ou robotiques des procédures de lymphadénectomie sentinelle pelvienne sont la principale source de données utilisées pour la segmentation de l'anatomie de

dissection du GS pelvien et l'évaluation des CVS. Des vidéos de dissection du GS pelvien gauche sont collectées afin de générer un ensemble de données représentatif et diversifié, incluant des vidéos de procédures présentant des variations anatomiques.

2. Définition d'une région d'intérêt pour l'évaluation des CVS

Chirurgicalement, les CVS doivent être atteints avant la dissection du GS pelvien par une dissection minutieuse du rétropéritonéal pelvien. Il en découle que la région d'intérêt chirurgical pour l'évaluation des CVS doit commencer par la section du ligament rond utérin et l'ouverture du ligament large utérin, permettant l'accès à l'espace rétropéritonéal. Cette région d'intérêt est utilisée pour l'entraînement et les tests de modèles de Deep learning pour la segmentation de l'anatomie de dissection des GS pelviens et l'évaluation des critères de CVS.

3. Annotation vidéo (Évaluation des critères CVS dans les vidéos)

Selon le consensus Delphi de Moloney *et al.* et de Bizzarri *et al.* [16], avant de procéder à la dissection du GS pelvien, il est impératif de visualiser certaines structures anatomiques dans l'espace rétropéritonéal pour des raisons d'efficacité et de sécurité. Par conséquent, les étapes chirurgicales de sécurité dans cette procédure sont représentées par l'identification de 2 espaces anatomiques rétropéritonéaux et 1 structure tubulaire : l'espace pararectal (S1), l'espace paravésical (S2) et l'artère iliaque interne (S3). Pour garantir la cohérence, chacun de ces 3 critères CVS doit être évalué comme étant identifié ou non, de manière binaire. Si les 3 critères CVS sont identifiés dans une vidéo, alors la CVS est obtenue.

4. Annotation d'images

4.1 Extraction d'images clés de CVS pour une annotation manuelle

Pour constituer l'ensemble des données, des images de CVS sont extraites des vidéos et

annotées manuellement. Un processus d'extraction a été conçu pour minimiser le biais de sélection et trouver un bon compromis entre l'effort d'annotation et la constitution d'un ensemble de données représentatif et de grande taille. Ce processus comprend les étapes suivantes :

1. La région d'intérêt de la vidéo est examinée pour annoter le premier moment (c'est-à-dire le timestamp) où l'un des 3 critères CVS est considéré comme évaluable (Critère évaluable).

> Un critère est considéré comme évaluable lorsque ses éléments anatomiques peuvent être identifiés, mais le critère n'est pas atteint, par exemple, lorsque le rétropéritoine pelvien est ouvert et que les structures anatomiques pourraient être visibles => S1-2-3 évaluable.

2. Les images situées entre le début de la région d'intérêt pour l'évaluation des CVS et le timestamp « Critère évaluable » sont automatiquement marqués comme n'ayant aucun critère atteint.
3. Des images clés régulièrement espacées dans le temps entre le timestamp « Critère évaluable » et la fin de la région d'intérêt sont annotées manuellement.

4.2 Évaluation des critères CVS dans les images

L'évaluation des CVS est plus difficile dans des images statiques. Des études ont rapporté une concordance inter-évaluateur plus faible lors de l'évaluation de photos par rapport à l'évaluation vidéo des CVS [(26)]. Une liste de contrôle permettant d’améliorer la cohérence des évaluations des critères CVS lors de l'annotation et de la révision des images est présentée à la fin du manuscrit.

4.3 Segmentation de l'anatomie de dissection du ganglion sentinelle pelvien

Les instances suivantes sont segmentées pixel par pixel en raison de leur pertinence pour les critères CVS :

- ***Espace pararectal*** : un espace anatomique identifié par la portion de l'uretère, le rectum et l'artère ombilicale sous l'artère utérine.
- ***Espace paravésical*** : un espace anatomique identifié par l'artère iliaque externe, la vessie et l'artère ombilicale.
- ***Artère ombilicale*** : un vaisseau tubulaire identifié avant la dissection du ganglion sentinelle.
- ***Artère iliaque externe*** : un vaisseau tubulaire identifié avant la dissection du ganglion sentinelle.
- ***Uretère*** : une structure tubulaire identifiée avant la dissection du ganglion sentinelle.
- ***Artère iliaque interne*** : un vaisseau tubulaire identifié pendant la dissection du ganglion sentinelle.
- ***Ganglion lymphatique sentinelle*** : un organe de forme ronde identifié dans l'espace rétropéritonéal en raison de sa fluorescence.
- ***Instruments chirurgicaux*** : les outils laparoscopiques utilisés pendant la dissection du ganglion sentinelle.
- ***Ignorer*** : Étiquette utilisée pour marquer les variations anatomiques.

Des règles pratiques pour améliorer la cohérence de la segmentation sont présentées à la fin du manuscrit.

5. Remarques sur l'annotation

5.1 Annotateurs

L'évaluation des critères CVS nécessite d'évaluer la qualité de la dissection chirurgicale, ce qui nécessite des annotateurs ayant des connaissances spécifiques dans le domaine. Pour cette raison, les annotateurs des critères CVS doivent être des chirurgiens spécialement formés aux principes de la dissection du GS pelvien. De plus, trois chirurgiens ou plus devraient évaluer indépendamment chaque vidéo pour permettre au modèle de Deep Learning d'apprendre l'interprétation la plus couramment acceptée des CVS, plutôt qu'une seule évaluation. L'anatomie rétropéritonéale pelvienne peut être définie de manière plus objective, surtout lorsqu'elle est évaluée sur des vidéos, en dehors des contraintes de temps et du stress des salles d'opération.

La segmentation des images chirurgicales est effectuée par des informaticiens formés aux fondamentaux de l'anatomie pelvienne et par des chirurgiens également. Étant donné le temps nécessaire pour segmenter de manière exhaustive les images chirurgicales, chaque cadre extrait est segmenté une seule fois. Cependant, toutes les segmentations sont révisées par au moins un annotateur indépendant pour en améliorer la cohérence.

5.2 Processus d'annotation

Avant de commencer le processus d'annotation, un protocole d'annotation et des listes de contrôle doivent être partagés avec les annotateurs inscrits pour recueillir des retours et discuter des améliorations. Pendant le processus d'annotation, des réunions régulières doivent être tenues avec tous les annotateurs impliqués pour fournir des retours basés sur des évaluations

randomisées et anonymisées des annotations afin d'éliminer les incohérences majeures avec les définitions fournies. Pour promouvoir la cohérence des annotations, les annotateurs doivent visionner des vidéos avant d'annoter des images et doivent revenir aux vidéos si des informations contextuelles sont nécessaires pour identifier de manière concluante les structures anatomiques présentes dans le cadre en cours d'annotation. Enfin, les annotateurs doivent examiner toutes les images extraites d'une seule procédure de manière séquentielle pour repérer et corriger d'éventuelles incohérences d'annotation.

Conclusion

Nous soulignons ici la nécessité de définir et de partager strictement des lignes directrices pour annoter les images chirurgicales et présentons notre protocole pour une segmentation cohérente de l'anatomie de la dissection du GS pelvien et une évaluation des critères CVS. Nous espérons que cet effort facilitera une discussion entre les cliniciens et les informaticiens sur la valeur clinique et les défis techniques associés au développement de données chirurgicales significatives. Le développement de tels jeux de données pourrait fortement accélérer la translation des modèles de Deep Learning pour améliorer la sécurité et l'efficacité des soins chirurgicaux.

RÈGLES D'ANNOTATION DU CÔTÉ GAUCHE

CVS : identification de l'espace pararectal, espace paravésical, artère iliaque interne

PREMIER CRITÈRE ÉVALUABLE : Première dissection au niveau du ligament rond ou du ligament large de l'utérus (première fois où les pinces sont visibles) pour ouvrir l'espace rétropéritonéal.

DERNIER CRITÈRE ÉVALUABLE : dernier contrôle visuel avant l'extraction du ganglion lymphatique disséqué.

LÉGENDES :

- **LÉGENDE POUR LES CVS** pour les annotations binaires :

S1. Espace pararectal

S2. Espace paravésical

S3. Artère iliaque interne

- **LÉGENDE DES STRUCTURES ANATOMIQUES** pour les annotations anatomiques spatiales :

A1. Artère ombilicale

A2. Artère iliaque externe

A3. Uretère

A4. Artère iliaque interne

A5. Artère utérine

A6. Nerf obturateur

A7. Veine iliaque externe

A8. Ganglion lymphatique sentinelle

- **LÉGENDE** pour l'annotation binaire :

1. Atteint
2. Non atteint

DÉFINITION DES ETAPES CHIRURGICALES DU CÔTÉ GAUCHE

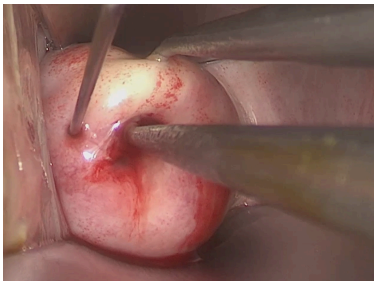
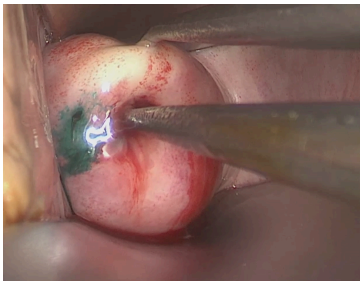
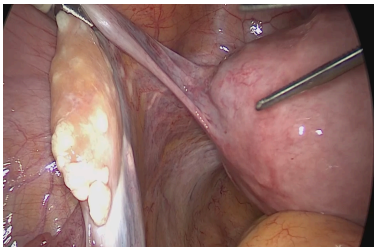
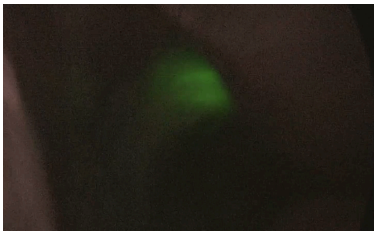
La zone d'intérêt chirurgical est la dissection du GS du côté gauche du pelvis. Le rétropéritoine pelvien gauche est ouvert à l'aide de pinces de coelioscopie. L'artère iliaque externe (A2) est identifiée à gauche comme un grand vaisseau tubulaire blanc au-dessus de la veine iliaque externe (A7). Elle commence à la bifurcation iliaque commune et suit un trajet antérieur le long du bord médial des muscles psoas majeurs avant de sortir du pelvis postérieurement au ligament inguinal.

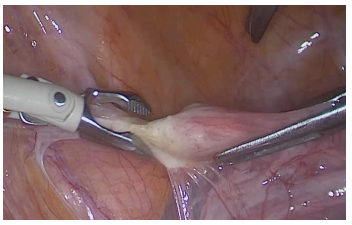
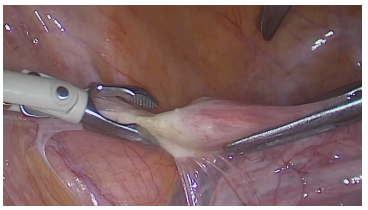
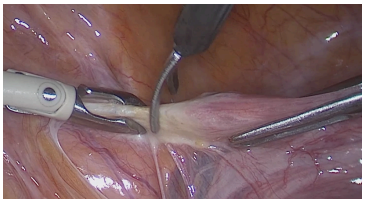
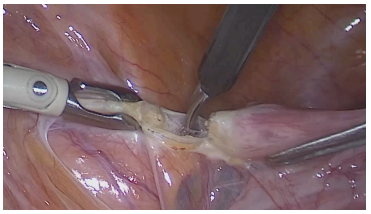
À droite, le ligament infundibulo-pelvien est identifié, permettant la vascularisation de l'ovaire. L'artère ombilicale (A1), qui apparaît au milieu du rétropéritoine pelvien pendant la dissection, est une branche du tronc antérieur de l'artère iliaque interne (A4). Elle se dirige antérieurement à l'entrée du pelvis et monte vers la paroi abdominale antérieure jusqu'au nombril. L'artère utérine (A5) émerge de l'artère ombilicale et se prolonge au-dessus de l'uretère (A3).

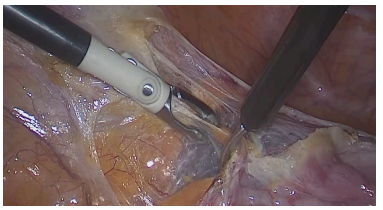
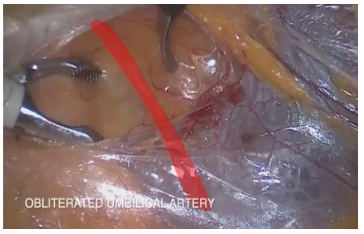
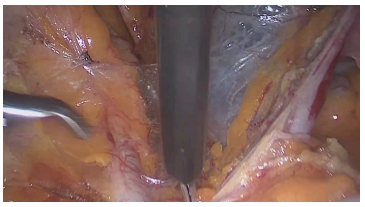
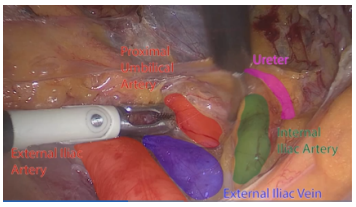
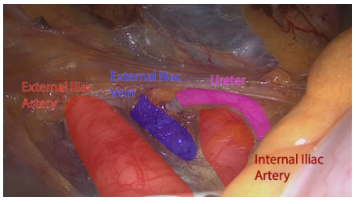
L'uretère est un tube fibromusculaire qui transporte l'urine des reins dans l'abdomen vers la vessie dans le pelvis. Il entre antérieurement dans le pelvis au niveau de l'articulation sacro-iliaque à la bifurcation des vaisseaux iliaques communs, traversant le ligament infundibulo-pelvien, puis se dirige antérieurement vers l'artère iliaque interne le long de la paroi latérale du pelvis. Au niveau de l'épine ischiatique, il tourne vers l'avant et médialement pour entrer dans la paroi postéro-latérale de la vessie, où il suit un trajet oblique de 1 à 2 cm avant de s'ouvrir dans la vessie à l'orifice urétérique interne.

L'artère iliaque interne (A4/S3) est un grand vaisseau tubulaire de forme blanche qui se situe profondément dans le rétropéritoine, et sa branche initiale est l'artère ombilicale. L'espace

pararectal (S1) est un espace situé sous l'artère utérine, délimité latéralement par l'artère ombilicale et médialement par l'uretère et le rectum. L'espace paravésical (S2) est délimité par l'artère iliaque externe et le muscle obturateur ainsi que la vessie et l'artère ombilicale. Profondément dans cet espace se trouve le nerf obturateur (A6), une structure anatomique tubulaire fibreuse blanche qui provient de la division antérieure du plexus lombaire (L2–L4) et qui passe à travers le muscle psoas majeur avant d'émerger du bord médial pour innerver principalement les muscles adducteurs de la cuisse.

Injection du traceur ICG	° *ICG obligatoire* ° *Dilution de l'ICG entre 0,5 mg/l et 1,5 mg/ml* ° *Appréciation par le chirurgien de la résistance du traceur obligatoire* ° *Taille de l'aiguille entre 20 et 25 et longueur suffisante pour garantir un accès facile et précis du col de l'utérus* °*Si utilisé, insérer le manipulateur utérin après l'injection du traceur*	**POINT DE DÉPART**	Injection dans le col en 2 positions (au moins superficielle (1-2 mm) et optionnellement profonde (1 cm)).	DÉBUT 
		OBJECTIF	**Visualisation du GS**.	
		ERREURS	Une injection trop médiale entraînerait un échec de la visualisation du ganglion lymphatique. Une injection trop latérale pourrait facilement toucher les vaisseaux cervicaux. Une injection trop postérieure irait dans le cul-de-sac de Douglas.	STOP 
Inspection de la cavité pelvienne		**POINT DE DÉPART**	Vérifier la mobilisation utérine et les adhérences en inspectant l'utérus, les annexes et le cul-de-sac de Douglas.	DÉBUT 
		OBJECTIF	**Vérifier la présence de maladie métastatique.** **Vérifier le mapping des ganglions par transpariétal.**	
		ERREURS	Absence d'évaluation des : - Ovaires - Cul-de-sac de Douglas - Repli vésical - Utérus	STOP 

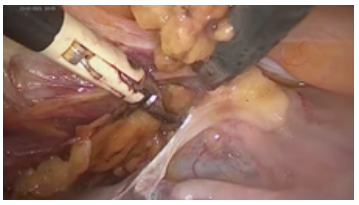
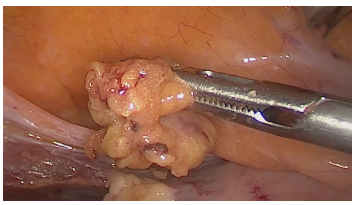
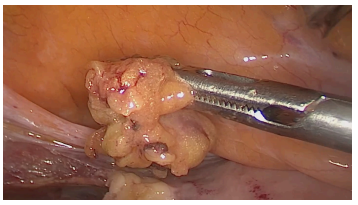
<table>
<tr><td rowspan="5">Ligament rond</td><td rowspan="3">° Identifier le ligament rond</td><td>POINT DE DÉPART</td><td>Utérus dévié vers le côté de l'assistant (côté droit).</td><td>DÉBUT
  </td></tr>
<tr><td>OBJECTIF</td><td>Création de tension sur le ligament rond.</td><td></td></tr>
<tr><td>ERREURS</td><td>/</td><td>STOP
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">° Dissection du ligament rond</td><td>POINT DE DÉPART</td><td>Saisir le ligament rond et dissection de ce dernier.</td><td>DÉBUT
  </td></tr>
<tr><td>OBJECTIF</td><td>Créer un accès au ligament large.</td><td></td></tr>
<tr><td>ERREURS</td><td>Pas assez de traction sur le ligament.</td><td>STOP
  </td></tr>
</table>

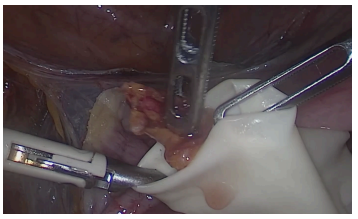
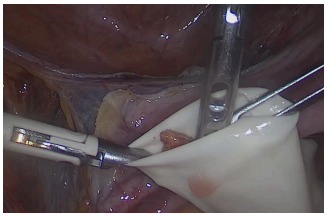
<table>
<tr><td rowspan="5">Acquisition des repères anatomiques</td><td rowspan="3">° Ouverture de l’espace pararectal et paravésical</td><td>POINT DE DÉPART</td><td>Ouverture du plan avasculaire</td><td><u>DÉBUT</u>
  </td></tr>
<tr><td>OBJECTIF</td><td>Identifier l’artère ombilicale</td></tr>
<tr><td>ERREURS</td><td>- Trop de traction par l'instrument
- Pas assez de traction sur le ligament
- Pas dans le bon plan (avasculaire)
- Lésion de l'artère utérine
- Lésion de l'uretère
- Lésion nerveuse
- Lésion vasculaire</td><td><u>STOP</u>
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">° Dissection des espaces anatomiques</td><td>POINT DE DÉPART</td><td>Suivre l’artère ombilicale vers le haut et latéralement jusqu'à l’origine de l'artère iliaque interne</td><td><u>DÉBUT</u>
  </td></tr>
<tr><td>OBJECTIF</td><td>Identifier les artères iliaques externes et internes, ainsi que l'uretère</td></tr>
<tr><td>ERREURS</td><td>- Lésion de l'artère utérine
- Lésion de l'uretère
- Lésion nerveuse
- Lésion vasculaire</td><td><u>STOP</u>
 
  </td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="4">Cartographie des ganglions sentinelles pelviens</td><td rowspan="3">° Commencer la cartographie des ganglions lymphatiques sentinelles au niveau de l'artère utérine</td><td>POINT DE DÉPART</td><td>Continuer la dissection latéralement, loin de l'utérus ou médialement, vers l'utérus ou vers la zone pré-sacrée</td><td rowspan="3">DÉBUT

</td></tr>
<tr><td>OBJECTIF</td><td>Identifier et accéder au GS</td></tr>
<tr><td>ERREURS</td><td>L'incapacité à identifier avec précision le GS peut être due à une cartographie inadéquate ou à une mauvaise interprétation des emplacements des ganglions lymphatiques, ce qui entraîne un risque de sous-stadification si des ganglions lymphatiques métastatiques sont manqués</td></tr>
<tr><td rowspan="3">° Commencer la cartographie des ganglions lymphatiques sentinelles au niveau du ganglion le plus mis en évidence et procéder à la dissection.</td><td>POINT DE DÉPART</td><td>Distal loin du col de l'utérus ou proximal vers le col de l'utérus</td><td rowspan="3">DÉBUT

</td></tr>
<tr><td>OBJECTIF</td><td>Identifier et accéder au GS.</td></tr>
<tr><td>ERREURS</td><td>L'incapacité à identifier avec précision le GS peut être due à une cartographie inadéquate ou à une mauvaise interprétation des emplacements des ganglions lymphatiques, ce qui entraîne un risque de sous-stadification si des ganglions lymphatiques métastatiques sont manqués</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5">Dissection du ganglion sentinelle pelvien</td><td rowspan="3">° Dissection du noeud ganglionnaire</td><td>POINT DE DÉPART</td><td>Après avoir identifié le GS, utiliser une technique de dissection manuelle ou électrochirurgicale pour disséquer ce dernier</td><td>DÉBUT
  </td></tr>
<tr><td>OBJECTIF</td><td>Eviter la disruption des canaux lymphatiques et assurer l'isolement du ganglion par rapport à l'anatomie locale</td><td></td></tr>
<tr><td>ERREURS</td><td>- Trop de traction
- Pas assez de traction
- Pas dans le bon plan (avasculaire)
- Lésion de l'artère utérine
- Lésion de l'uretère
- Lésion nerveuse
- Lésion vasculaire</td><td>STOP
  </td></tr>
<tr><td rowspan="3">° Vérification ex vivo ou in vivo de la fluorescence</td><td>POINT DE DÉPART</td><td>Focus sur le ganglion lymphatique prélevé</td><td>DÉBUT
  </td></tr>
<tr><td>OBJECTIF</td><td>S’assurer qu'il s'agit d'un ganglion lymphatique et non de canaux dilatés ou de tissu adipeux.</td><td></td></tr>
<tr><td>ERREURS</td><td></td><td></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3">Extraction du ganglion sentinelle pelvien</td><td rowspan="3"></td><td>POINT DE DÉPART</td><td>Retirer le GS dans un dispositif de confinement</td><td rowspan="2">DÉBUT
  </td></tr>
<tr><td>OBJECTIF</td><td>S’assurer d'un retrait sûr du GS, avec un risque minimal de propagation de la maladie</td></tr>
<tr><td>ERREURS</td><td>Retrait des ganglions sans utiliser de dispositif de confinement</td><td>STOP
  </td></tr>
</table>

ANNOTATIONS BINAIRES DES CRITÈRES CVS :

S1. Espace pararectal

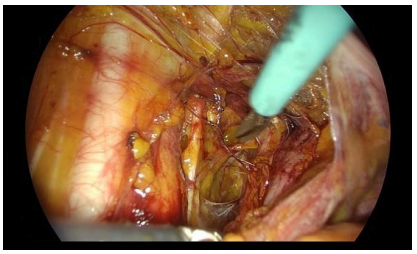
Espace situé sous l'artère utérine, délimité latéralement par l'artère ombilicale et médialement par l'uretère.

Définition de l'uretère : tube fibromusculaire qui transporte l'urine des reins dans l'abdomen vers la vessie dans le pelvis. Il entre dans le pelvis antérieurement par rapport à l'articulation sacro-iliaque, à la bifurcation des vaisseaux iliaques communs, puis se dirige antérieurement vers l'artère iliaque interne le long de la paroi latérale du pelvis. Au niveau de l'épine ischiatique, il tourne vers l'avant et médialement pour entrer dans la paroi postéro-latérale de la vessie, où il parcourt un trajet oblique de 1 à 2 cm avant de s'ouvrir dans la vessie au niveau de l'orifice urétérique interne.

Définition de l'artère ombilicale : branche du tronc antérieur de l'artère iliaque interne qui se déplace antérieurement, monte vers la paroi abdominale antérieure, puis se dirige vers l'ombilic.

Non atteint : Identification des structures délimitant l'espace pas clairement effectuée ou identification transpéritonéale des structures sans marges libres.	✖
Atteint : Identification d'au moins la marge latérale de l'uretère et la marge médiale de l'artère ombilicale sous l'artère utérine. > L'identification est considérée comme atteinte même si l'uretère ou l'artère ombilicale ne sont pas complètement disséqués. L'identification est également considérée comme atteinte même si l'artère utérine n'est pas visible.	✚

Flashcards

	Non atteint : Espace S1 est visible par voie transpéritonéale. Cependant, les structures délimitant l'espace ne sont pas reconnaissables et/ou n'ont pas de marges libres.	✖
	**Atteint** : Espace S1 est visible. La marge latérale de l'uretère et la marge médiale de l'artère ombilicale, situées sous l'artère utérine, sont disséquées.	✚
	Atteint : Espace S1 est visible. La marge latérale de l'uretère et la marge médiale de l'artère ombilicale sous l'artère utérine sont disséquées.	✚

S2. Espace paravésical

Espace délimité latéralement par les vaisseaux iliaques externes et médialement par l'artère ombilicale et vessie.

Définition de l'artère iliaque externe : commence à la bifurcation des artères iliaques communes et suit un trajet antérieur le long de la bordure médiale des muscles psoas majeurs avant de sortir de la ceinture pelvienne derrière le ligament inguinal.

Définition de l'artère ombilicale : branche du tronc antérieur de l'artère iliaque interne qui se déplace antérieurement, monte vers la paroi abdominale antérieure, puis se dirige vers l'ombilic.

Non atteint : Identification des structures délimitant l'espace pas clairement effectuée ou identification transpéritonéale des structures sans marges libres.	✖
Atteint : Identification d'au moins la marge latérale de l'artère ombilicale et la marge médiale de l'artère ou de la veine iliaque externe. > L'identification est considérée comme atteinte même si l'artère ombilicale ou l'artère iliaque externe ne sont pas complètement disséquées. L'identification est également atteinte même si seule la veine iliaque externe est visible et non l'artère.	✚

Flashcards

	Non atteint : La structure S2 n'est pas visible. Les vaisseaux sont identifiables, mais les marges ne sont pas évidentes en raison de la vue transpéritonéale.	✖
	Non atteint : La structure S2 n'est pas visible. Les vaisseaux sont disséqués, mais la marge médiale de l'artère ombilicale n'est pas clairement identifiable.	✖
	Atteint : L'espace S2 est visible. La marge latérale de l'artère ombilicale et la marge médiale de l'artère iliaque externe sont disséquées.	✚

S3. Artère iliaque interne

L'artère iliaque interne est l'une des deux parties divisées de l'artère iliaque commune. Elle passe médialement au-dessus du bord pelvien et descend vers la cavité pelvienne.

Non atteint : Identification pas clairement effectuée d'au moins une marge du vaisseau ou identification pas clairement effectuée d'une structure vasculaire tubulaire blanche, médiale à l'uretère et située sous l'artère ombilicale.	✖
Atteint : Identification d'au moins une marge du vaisseau ou identification d'une structure vasculaire tubulaire blanche, médiale à l'uretère et située sous l'artère ombilicale ou identification de l'émergence de l'artère ombilicale. > L'identification est considérée comme atteinte même si le vaisseau n'est pas complètement disséqué.	✚

Flashcards

	Non atteint : La structure S3 n'est pas visible. Les marges ne sont pas évidentes. Des vaisseaux larges de forme tubulaire blanche ne sont pas visibles. L'émergence de l'artère ombilicale n'est pas claire.	✖
	Atteint : La structure S3 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges. Une marge libre est reconnaissable et l'émergence de l'artère ombilicale de la S3 est bien identifiée.	✚
	Atteint : La structure S3 est visible et disséquée pour libérer les marges. L'émergence de l'artère ombilicale de la S3 est bien identifiée.	✚

ANNOTATIONS DES CRITÈRES ANATOMIQUES SPATIAUX :

A1. Artère ombilicale

L'artère ombilicale est une branche du tronc antérieur de l'artère iliaque interne. Elle se déplace antérieurement le long du pelvis et se dirige vers le haut vers la paroi abdominale antérieure. Elle se dirige ensuite vers l'ombilic.

Non atteint : Identification pas clairement effectuée d'au moins une marge du vaisseau.

Atteint : Identification d'au moins une marge du vaisseau ou identification de l'émergence de l'artère utérine d'une structure tubulaire verticale.
> L'identification est considérée comme atteinte même si le vaisseau n'est pas complètement disséqué.

Flashcards

Non atteint : La structure A1 est visible en transpéritonéal.
Cependant, aucune structure tubulaire avec au moins une marge libre n'est reconnaissable. Aucune émergence de l'artère utérine n'est reconnaissable.

Atteint : La structure A1 est visible. Au moins une marge libre est reconnaissable. L'émergence de l'artère utérine est reconnaissable.

Atteint : La structure A1 est visible. Le vaisseau est bien disséqué et les marges sont reconnaissables. L'artère utérine est disséquée et son émergence est reconnaissable.

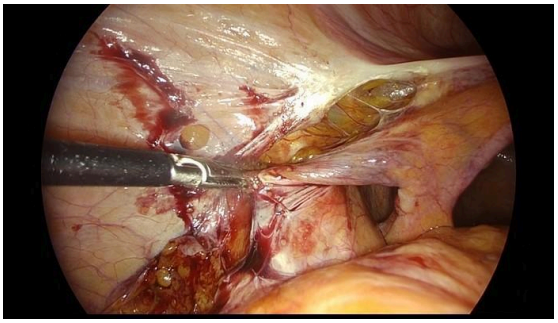
A2. Artère iliaque externe

L’artère iliaque externe commence à la bifurcation de l’artère iliaque commune et suit un trajet antérieur le long du bord médial du muscle psoas avant de sortir de la ceinture pelvienne en arrière du ligament inguinal.

Non atteint : Identification pas clairement effectuée d'au moins une marge de l’artère ou identification pas clairement effectuée d'une structure de vaisseau tubulaire blanche.

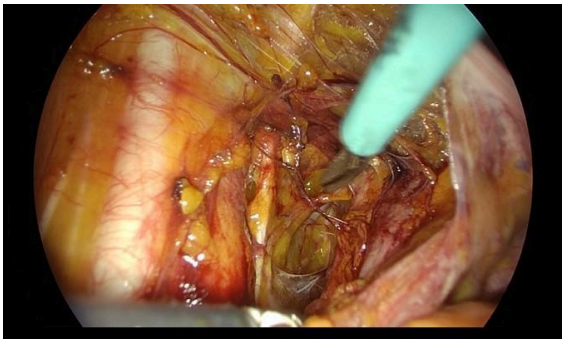
Atteint : Identification d'au moins une marge de l’artère ou identification d'une structure de vaisseau tubulaire blanche.
> L'identification est considérée comme atteinte même si l’artère n'est pas complètement disséquée.

Flashcards



Non atteint : La structure A2 n'est pas visible. Les marges ne sont pas évidentes. Les grands vaisseaux tubulaires blancs ne sont pas visibles.

Atteint : La structure A2 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges.
Aucune marge libre n'est reconnaissable, cependant, une grande structure tubulaire blanche est bien identifiée.



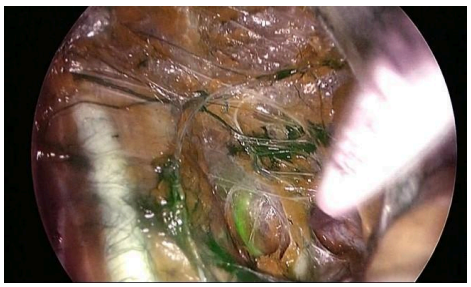
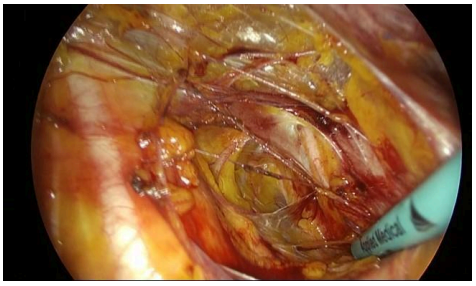
Atteint : La structure A2 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges.
Aucune marge libre n'est reconnaissable, cependant, une grande structure tubulaire blanche est bien identifiée.

A3. Uretère

L'uretère est un tube fibromusculaire qui transporte l'urine des reins dans l'abdomen vers la vessie dans le pelvis. Il entre dans le pelvis antérieurement au niveau de l'articulation sacro-iliaque à la bifurcation des vaisseaux iliaques communs et suit ensuite un trajet antérieur à l'artère iliaque interne le long de la paroi latérale du pelvis. Au niveau de l'épine ischiatique, il se tourne vers l'avant et médialement pour entrer dans la paroi postéro-latérale de la vessie, où il suit un parcours oblique de 1 à 2 cm, avant de s'ouvrir dans la vessie au niveau de l'orifice urétérique interne.

Non atteint : Identification pas clairement effectuée d'au moins une marge ou identification pas clairement effectuée d'une structure tubulaire blanche ou identification pas clairement effectuée d'une structure tubulaire péristaltique.	✖
Atteint : Identification d'au moins une marge de l'uretère ou identification d'une structure tubulaire blanche ou identification d'une structure tubulaire péristaltique blanche. > L'identification est considérée comme atteinte même si la structure n'est pas complètement disséquée.	✚

Flashcards

	Non atteint : La structure A3 n'est pas visible. Les marges ne sont pas évidentes. La structure tubulaire blanche n'est pas visible.	✖
	**Atteint** : La structure A3 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges. Aucune marge libre n'est reconnaissable, cependant une structure tubulaire blanche est identifiée	✚
	**Atteint** : La structure A3 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges. Une marge libre est reconnaissable et une structure tubulaire blanche est identifiée.	✚

A4. Artère iliaque interne

L'artère iliaque interne est l'une des deux parties divisées de l'artère iliaque commune. Elle passe médialement au-dessus du bord pelvien et descend vers la cavité pelvienne.

Non atteint : Identification pas clairement effectuée d'au moins une marge du vaisseau ou identification pas clairement effectuée d'une structure vaisseau tubulaire blanche.	✖
Atteint : Identification d'au moins une marge du vaisseau ou identification d'une structure vaisseau tubulaire blanche ou identification de l'émergence de l'artère ombilicale. > L'identification est considérée comme atteinte même si le vaisseau n'est pas complètement disséqué.	✚

Flashcards

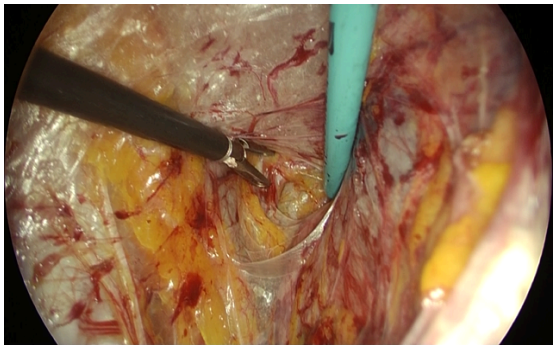
	Non atteint : La structure A4 n'est pas visible. Les marges ne sont pas évidentes. Les grandes structures tubulaires blanches ne sont pas visibles. L'émergence de l'artère ombilicale n'est pas claire.	✖
	Atteint : La structure A4 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges. Aucune marge libre n'est reconnaissable, cependant l'émergence de l'artère ombilicale de la S4 est bien identifiée.	✚
	Atteint : La structure S4 est visible et disséquée pour libérer les marges. L'émergence de l'artère ombilicale de la S4 est bien identifiée.	✚

A5. Artère utérine

L'artère utérine prend son origine au niveau de l'artère ombilicale et suit un trajet médian en atteignant l'utérus et en traversant au-dessus de l'uretère.

Non atteint : Identification pas clairement effectuée d'au moins une marge de l'artère ou identification pas clairement effectuée d'une structure vasculaire tubulaire blanche ou l'origine de l'artère ombilicale n'est pas évidente.	✖
Atteint : Identification d'au moins une marge de l'artère ou identification d'une structure vasculaire tubulaire blanche ou identification de l'origine de l'artère ombilicale. > L'identification est considérée comme atteinte même si l'artère n'est pas complètement disséquée.	✚

Flashcards

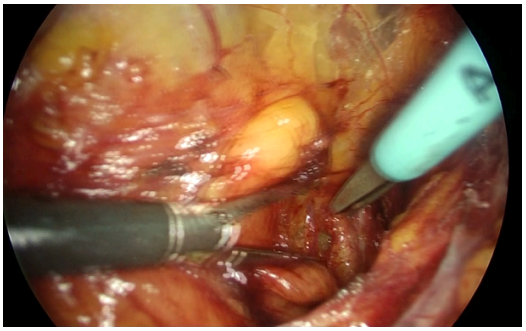
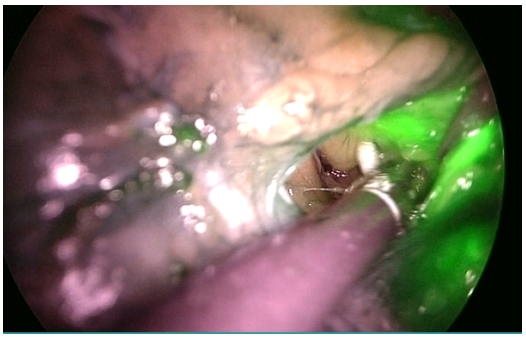
	Non atteint : La structure A5 n'est pas visible. Les marges ne sont pas évidentes. La structure tubulaire blanche originaire de l'artère ombilicale n'est pas visible.	✖
	Atteint : La structure A5 est visible. Les marges sont disséquées. L'origine de l'artère ombilicale est évidente.	✚
	**Atteint** : La structure A5 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges. Aucune marge libre n'est reconnaissable, cependant une structure tubulaire originaire de l'artère ombilicale est identifiée.	✚

A6. Nerf obturateur

Le nerf obturateur est une structure anatomique tubulaire blanche et fibreuse qui prend naissance au niveau de la division antérieure du plexus lombaire (L2–L4) et suit un trajet à travers le muscle psoas avant d'émerger de sa bordure médiane pour innerver principalement les muscles adducteurs de la cuisse.

Non atteint : Identification pas clairement effectuée d'au moins une marge du nerf ou identification pas clairement effectuée d'une structure nerveuse tubulaire blanche.	✖
Atteint : Identification d'au moins une marge du nerf ou identification d'une structure nerveuse tubulaire blanche. L'identification est considérée comme atteinte même si le nerf n'est pas complètement disséqué.	✚

Flashcards

	**Non atteint** : La structure A6 n'est pas visible. Les marges ne sont pas évidentes. La structure nerveuse tubulaire blanche n'est pas visible.	✖
	**Atteint** : La structure A6 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges. Aucune marge libre n'est reconnaissable, cependant une structure tubulaire est bien identifiée.	✚
	Atteint : La structure A6 est visible. Les marges sont disséquées.	✚

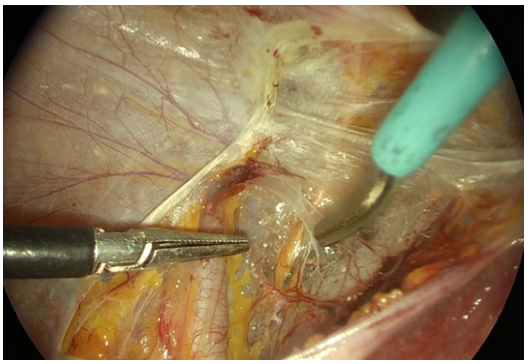
A7. Veine iliaque externe

La veine iliaque externe se situe en dessous de l'artère iliaque externe, au niveau du muscle iliaque et le long du bord pelvien, pour rejoindre la veine iliaque interne.

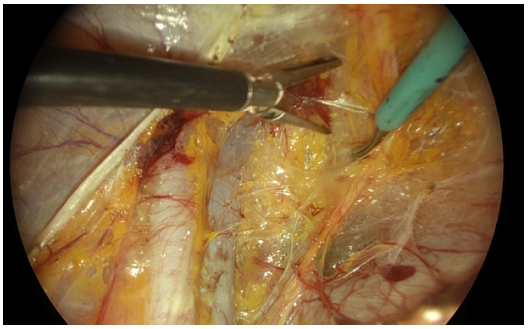
Non atteint : Identification pas clairement effectuée d'au moins une marge de la veine ou identification pas clairement effectuée d'une structure vasculaire tubulaire blanche sous l'artère iliaque externe.

Atteint : Identification d'au moins une marge de la veine ou identification d'une structure vasculaire tubulaire blanche sous l'artère iliaque externe.
> L'identification est considérée comme atteinte même si la veine n'est pas complètement disséquée.

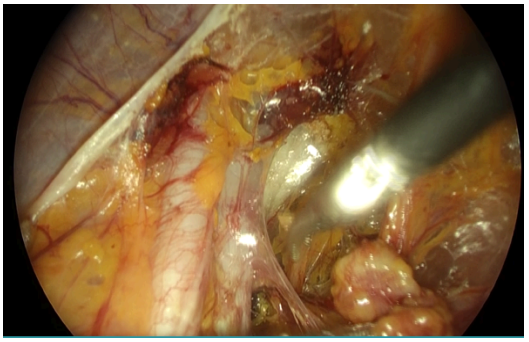
Flashcards



Non atteint : La structure A7 n'est pas visible.
Les marges ne sont pas évidentes. Les grands vaisseaux tubulaires blancs ne sont pas visibles.



Atteint : La structure A7 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges.
Aucune marge libre n'est reconnaissable cependant une grande structure tubulaire blanche est bien identifiée sous l'artère iliaque externe.



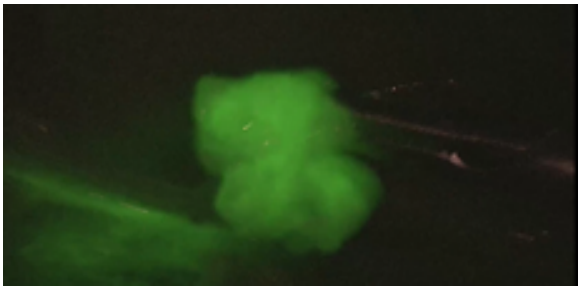
Atteint : La structure A7 est visible même si elle n'est pas disséquée pour libérer les marges.
Aucune marge libre n'est reconnaissable cependant une grande structure tubulaire blanche sous l'artère iliaque externe est bien identifiée.

A8. Ganglion lymphatique sentinelle

Il s'agit du premier nœud lymphatique qui draine la zone tumorale. L'annotation spatiale ne peut commencer qu'après cette identification.

Non atteint : Identification pas clairement effectuée du nœud lymphatique sentinelle avec un signal ICG ou identification pas clairement effectuée d'un organe de forme ronde avec un signal d'indocyanine.	
Atteint : Identification d'une forme ronde qui émet un signal d'indocyanine verte lorsqu'il est visualisé en mode NIR. > Il ne faut pas oublier de visionner d'abord la vidéo en entier pour s'assurer d'annoter le nœud qui sera récupéré.	

Flashcards

	Non atteint : La structure A8 n'est pas visible. La structure de forme ronde avec un signal ICG n'est pas visible.	✖
	Atteint : La structure A8 est visible. Le nœud lymphatique avec un signal ICG est évident.	✚
	**Atteint** : La structure A8 est visible. Le nœud sentinelle est disséqué et émet un signal ICG.	✚

ANNEXE 2

Publication dans l'International Journal of Gynecological Cancer

Introducing the Critical View of Safety in sentinel node dissection for uterine malignancies : A step toward the use of artificial intelligence to enhance surgical safety and lymph node detection.

Matteo Pavone MD* 1,2,3,4 & Britty Baby* 1,3 , Emma Carles MD 5 , Chiara Innocenzi MD 2 , Alessandro Baroni MD 2 , Lorenzo Arboit MD 1 , Aditya Murali 1 , Andrea Rosati MD 2 , Valentina Iacobelli, MD 2 , Anna Fagotti MD PhD 2,6 , Francesco Fanfani MD 2,6 , Cherif Akladios MD PhD 5 , Denis Querleu MD PhD 1,2 , Nicolò Bizzarri MD 2 , Lise Lecointre MD PhD 1,3,5 , Pietro Mascagni MD PhD 1,6 , Nicolas Padoy PhD 1# & Giovanni Scambia MD PhD 2,5#

1. IHU Strasbourg, Strasbourg, France.

2. UOC Ginecologia Oncologica, Dipartimento di Scienze per la salute della Donna e del Bambino e di Sanità Pubblica, Fondazione Policlinico Universitario A. Gemelli, IRCCS, Rome, Italy.

3. ICube, UMR 7357 CNRS, University of Strasbourg, Strasbourg, France.

4. IRCAD Strasbourg, Strasbourg, France.

5. University Hospitals of Strasbourg, Strasbourg, France.

6. Università Cattolica del Sacro Cuore, Rome, Italy

INTRODUCTION

Lymph node assessment is crucial to determine the extent of disease spread in women with endometrial and cervical cancer, guiding the adjuvant therapy (1,2). Traditionally, lymphadenectomy was the sole method for nodal assessment, but it comes with significant complications (3). However, the introduction of sentinel lymph node biopsy techniques, supported by the recommendations of the European Society of Gynecologic Oncology, and the adoption of the sentinel lymph node approach have facilitated less invasive procedures providing essential staging information while reducing patient morbidity (1,2,4,5).

Although advances in sentinel lymph node detection, such as using indocyanine green and standardization of injection techniques, have improved outcomes, the technique fails in 20% to 25% of cases (6). Furthermore, the rates of intraoperative (0.4%) and postoperative (10.8%) complications related to the surgical technique remain concerningly high (7). Additionally, in 2% of procedures, no lymph node tissue is found, resulting in empty packets (8). This percentage can increase to 8% in obese patients (9) and up to 20% if the surgeon is at the beginning of the learning curve (10). Moreover, the limited sensitivity of frozen section analysis (65%) in detecting lymph node metastases restricts its use for intraoperative decision-making (11,12).

Despite recent guidelines recommending the sentinel lymph node dissection, a variability in surgical procedures across institutions has been observed (13,14). Consequently, expert consensus has been developed to standardize sentinel lymph node dissection in cervical (15) and endometrial cancer (16). These recommendations aimed to enhance the bilateral mapping of the proper sentinel lymph nodes by establishing mandatory procedural steps and promoting the intraoperative recognition of definite retroperitoneal anatomical structures.

Systems for the assessment of mandatory steps are desirable to aid surgeons during their learning curve, limiting the rate of mapping failure, empty packets and surgical complications (15,16). Video-based assessment and reporting have shown promise for assessing and improving the quality and safety of laparoscopic procedures. In laparoscopic cholecystectomy, the video-based assessment of

the critical view of safety, an approach universally recommended to prevent major bile duct injuries (17), has allowed to define and study strategies to improve its implementation (18). In addition, deep learning tools have been developed to automatically and univocally assess the critical view of safety in operative videos and are being studied to enhance safety during surgical procedures (19–21) . Finally, computer vision is also being used to facilitate postoperative reporting, with platforms such as EndoDigest automatically providing short video clips selectively showing critical procedural steps (22,23).

This study aims to introduce critical views of safety through a video-based assessment of mandatory anatomical structures defined in the expert consensus on sentinel lymph node dissection in uterine tumors. By defining these critical views, the goal is to standardize the assessment of surgical quality, enhance the accuracy of sentinel lymph node detection, and improve patient outcomes. Furthermore, this foundation will facilitate the development of real-time artificial intelligence guidance, helping surgeons consistently meet safety benchmarks and improve precision during procedures.

METHODS:

Data collection

This is a multi-center, observational, prospective study conducted at the Oncology Gynecology unit of the Fondazione Policlinico Universitario Agostino Gemelli IRCCS in Rome, Italy, and the Department of Gynecologic Surgery of Hautepierre Hospital in Strasbourg, France. Surgical videos from patients with cervical and endometrial carcinoma undergoing minimally invasive (laparoscopic/robotic) sentinel lymph node dissection were prospectively collected from April to September 2024. The selection criteria for the videos required that the surgeries adhered to the mandatory procedural steps outlined in the expert consensus, including tracer use, injection location, technique and needle selection; uterine manipulator use; white light inspection; dissection technique (15,16). In accordance with the journal's guidelines, we will provide our data for independent analysis by a selected team by the Editorial Team for the purposes of additional data analysis or for the reproducibility of this study in other centers if requested.

Critical view of safety criteria

According to the expert consensus certain anatomical structures must be identified before completing sentinel lymph node dissection **(Table 1)** (15,16). These include the ureter, umbilical artery, external iliac vessels, and internal iliac artery. These structures formed the foundation for defining the critical views of safety as follows: (i) **Lateral pararectal space**, which involves identifying the space between the ureter and umbilical artery beneath the uterine artery; (ii) **Lateral paravesical space**, identified as the space between the external iliac vessels and the umbilical artery; and (iii) the **Internal iliac artery,** defined as the identification of at least one margin of the vessel or identification of a white tubular shaped vessel structure medial to the ureter and below the umbilical artery or identification of the emergence of the umbilical artery. **(Figure 1 and Table 2).** Importantly, surgeons were not informed that the videos would be used to establish these critical views and performed surgeries according to standard practice.

Video annotation

The surgical phase of left sentinel lymph node dissection, from the opening of the left round ligament to the ex vivo testing of lymph node fluorescence in the pelvis, was selected as the region of interest to facilitate consistency among annotations.

Three independent annotators, with experience in gynaecologic surgery, blinded to each other analysed the videos following a pre-established annotation protocol defining the critical views of safety written according to the published expert consensus (15,16). MOSaiC (22), an online cloud-based collaborative video annotation platform developed at the IHU-Strasbourg (Institute of Image-Guided Surgery, Strasbourg France) was used to annotate the videos for the identifying whether the defined critical view of safety criteria is achieved by the surgeon. (15,16) In addition, the direction of the retroperitoneal space's dissection (lateral from the uterus, medial to the uterus, presacral area, from the first highlighted lymph node to/away from the cervix) was annotated in accordance with the expert consensus steps (15,16).

Statistical analysis

Descriptive statistics (averages, median, percentages) were carried out by analysing the results of the patient's characteristics, and rate of critical view of safety achievement. A critical view is considered achieved if at least two out of the three annotators agree on its identification. The agreement of the individual criteria for critical view of safety was calculated using Cohen's Kappa for the pair of raters and Fliess kappa for the three raters together. The inter-rater reliability is considered as perfect ($k > 0.90$), strong ($0.80 < k < 0.90$), moderate ($0.6 < k < 0.79$), weak ($0.4 < k < 0.59$), minimal ($0.21 < k < 0.39$) or no agreement ($0 < k < 0.20$).

RESULTS:

Eighty patients were enrolled in the study, of whom 9 were excluded for having videos that did not fully include the region of interest to be annotated. Of the 71 patients whose surgical videos were annotated, 64 (90.1%) underwent sentinel lymph node dissection for endometrial cancer, and 7 (9.9%) for cervical cancer. Sixty four (90.1%) patients underwent surgery with a laparoscopic approach, while seven (9.9%) underwent robotic surgery using the da Vinci Xi system (Intuitive, CA). The median age of the patients was 52 (IQR 34-71) and median body mass index 28.8 (IQR 23.7-32.17). The clinical characteristics of the patients are summarized in **Table 3**. The median number of sentinel lymph nodes removed from the left side was 1 (IQR 1-2). Sixty-four (90.1%) patients had no metastases in the left sentinel lymph nodes, while 7 (9.9%) had macro or low-volume metastases. Of these, 2 (2.8%) had isolated tumour cells, 2 (2.8%) had micrometastases, and 3 (4.2%) had macrometastases.

The *lateral pararectal space* was identified in 44 (62%) videos, the *lateral paravesical space* in 67 (94%) videos, and the *internal iliac artery* in 23 (32%) videos. The results of the inter-rater reliability among annotators were found to be strong for *lateral pararectal space* and *lateral paravesical space*, with a Fleiss' Kappa of 0.90 for both, and moderate for *internal iliac artery*, with a Fleiss' Kappa of 0.73 **(Table 4).** In 46 (64.8%), the dissection of the retroperitoneal spaces was annotated as proceeding lateral to the uterine artery; in 8 (11.3%) as proceeding medial to the uterine artery; and in 17 (23.9%) the dissection proceeded both laterally and medially before the sentinel lymph node dissection. No intra or postoperative complications were reported.

DISCUSSION:

The results of this study propose the definition of three critical views of safety through a video-based assessment of the expert consensus in sentinel node dissection in endometrial and cervical cancer (15,16). The high achievement rates (62% and 94%) and the strong inter-rater agreement among annotators in identifying the *lateral pararectal* and *lateral paravesical* spaces underscore the reliable clinical applicability of the mandatory steps, including the identification of the external iliac vessels, umbilical artery, and ureters prior to sentinel node dissection. However, the lower achievement rate (32%) in identifying the *internal iliac artery* highlight the greater difficulty in adhering to this mandatory step, due to its deeper anatomical location and increased surgical complexity in accessing it.

International guidelines recommend sentinel lymph node mapping as the initial surgical step in the management of early-stage cervical and endometrial cancer, increasingly preferred over extensive lymphadenectomy due to its reduced risk of intra- and post-operative complications (1,2). To ensure consistency across institutions, experts have established consensus on key aspects of this procedure (15,16). These include the use of indocyanine green as a tracer, initiating dissection at the uterine artery, proceeding laterally from the uterus, and completing the dissection on one pelvic side before moving to the contralateral side (15,16).

The mandatory identification of critical anatomical structures translated in the proposed Critical views of Safety such as the ureter, obliterated umbilical artery, external iliac vessels, and internal iliac artery is crucial in surgical procedures to minimize the risk of intraoperative complications resulting from inadvertent injuries (7). Proper identification not only prevents damage but also ensures comprehensive visualization of the lymphatic pathways—both anterior paracervical (preureteric) and posterior paracervical (retroureteric) (6). This approach increases the likelihood of accurately detecting the proper sentinel lymph node, which is the most proximal or a single mapped node, regardless of its nodal station. Moreover, following the recommended direction of dissection is essential in minimizing the disruption of lymphatic channels, further reducing the risk of complications (15,16).

Video analysis of laparoscopic or robotic surgeries offers valuable data, already leveraged in other specialties to improve patient outcomes. Through video annotation and data analysis, it is possible to

objectively assess the correlation between surgical steps and outcomes. This leads to the development of predictive models that can anticipate surgical actions and offer real-time assistance to surgeons during procedures.

While the high achievement rates (64% and 94%) and strong inter-rater agreement emphasize the effectiveness of identifying the *lateral pararectal* and *paravesical* spaces, the lower achievement rate (32%) and moderate inter-rater agreement for the *internal iliac artery* highlight the greater difficulty operators face in consistently identifying this structure. This inconsistency in detection may compromise the ability to reliably identify the proper sentinel lymph node in the internal iliac and presacral area, potentially impacting the success of the procedure (24).

This study is the first to clinically translate the application of expert consensus guidelines by a video-based assessment, potentially laying the foundation for the concept that adherence to these standardized Critical Views of Safety can reduce the failure rate of sentinel lymph node mapping, which occurs in 20-25% of cases (6). Furthermore, it may help decrease intra- and post-operative complications (11.2%) (7) and reduce the incidence of empty node packets, which can reach 20% among surgeons who are early in their learning curve (10).

Mascagni et al. have previously proposed a framework for video-based assessment of the "critical view of safety" technique in laparoscopic cholecystectomy based on the concept proposed by Strasberg et al in 1995 (25), to minimize bile duct injury risks (19). Recently, deep learning tools have been introduced to assess the quality of laparoscopic cholecystectomy by evaluating the achievement of these critical views of safety, offering a promising approach to enhancing surgical precision and outcomes (20,23).

Existing consensus lack clarity in defining when an anatomical structure can be considered fully visualized. The adoption of identified spaces as criteria for critical view of safety instead of the presence of single anatomical structures has reduced the potential for misidentification of these structures defined by *lateral pararectal* and *paravesical* space as demonstrated by the lower inter rather agreement of the initial study steps. Additionally, the development of a rigorous annotation protocol with at least two

spatial anatomical coordinates defining the space (pararectal/paravesical) might have reduced the risk of bias among annotators. For the third critical view of safety, the *internal iliac artery*, its deep position in the pelvic retroperitoneum and partial visualization during the procedure, did not allow it to be clearly assigned to a specific space. This might have contributed, albeit minimally, to its lower achievement rate by the surgeons. To further minimize the risk of discrepancies between the surgeon's achievement rate and the video-based assessment by the annotators, each criterion for achieving the critical view of safety was considered met if agreed upon by at least two out of three annotators.

This study represents the first step towards utilizing surgical videos for development of critical view of safety criteria and thereby facilitating deep learning tools in gynecologic oncology, promoting a culture of "safety," as has been demonstrated in laparoscopic cholecystectomy. In laparoscopy, such critical safety criteria defined by identifying key anatomical landmarks and structures across various scenarios enhanced surgical outcomes (23).

The defined critical view of safety could be established clinically with the help of prospective and multi-institutional studies. The current study paves the path to scale the research on how such critical view of safety criteria could impact the sentinel lymph node technique in uterine malignancies. The study shows objective analysis of safety criteria by video assessment and supports the development of automated video-based artificial intelligence tools. Such tools enables assessing the achievement of recommended surgical steps and standardizing safety checklists across institutions. Quantifying and analyzing intraoperative events, such as the achievement rate of recommended surgical steps or the rate of intraoperative adverse events (i.e. minor bleedings, extreme tractions, hesitancies, etc.), is crucial for optimizing guideline adherence and implementation identifying new strategies to reduce operative risks.

CONCLUSION:

Surgical videos provide are valuable data to objectively analyze events and gather relevant intraoperative information. By analyzing laparoscopic and robotic videos, this study defines three critical views of safety clinically translating expert consensus on sentinel node dissection in endometrial and cervical cancer. Future multicenter studies with a larger video sample size may aid in the clinical validation of these

expert guidelines. Additionally, this study represents a first step toward developing artificial intelligence algorithms that enable the automatic assessment and documentation of the critical views of safety through surgical videos. Such tools could support guideline adherence improving the safety and the accuracy of minimally invasive lymph node dissection.

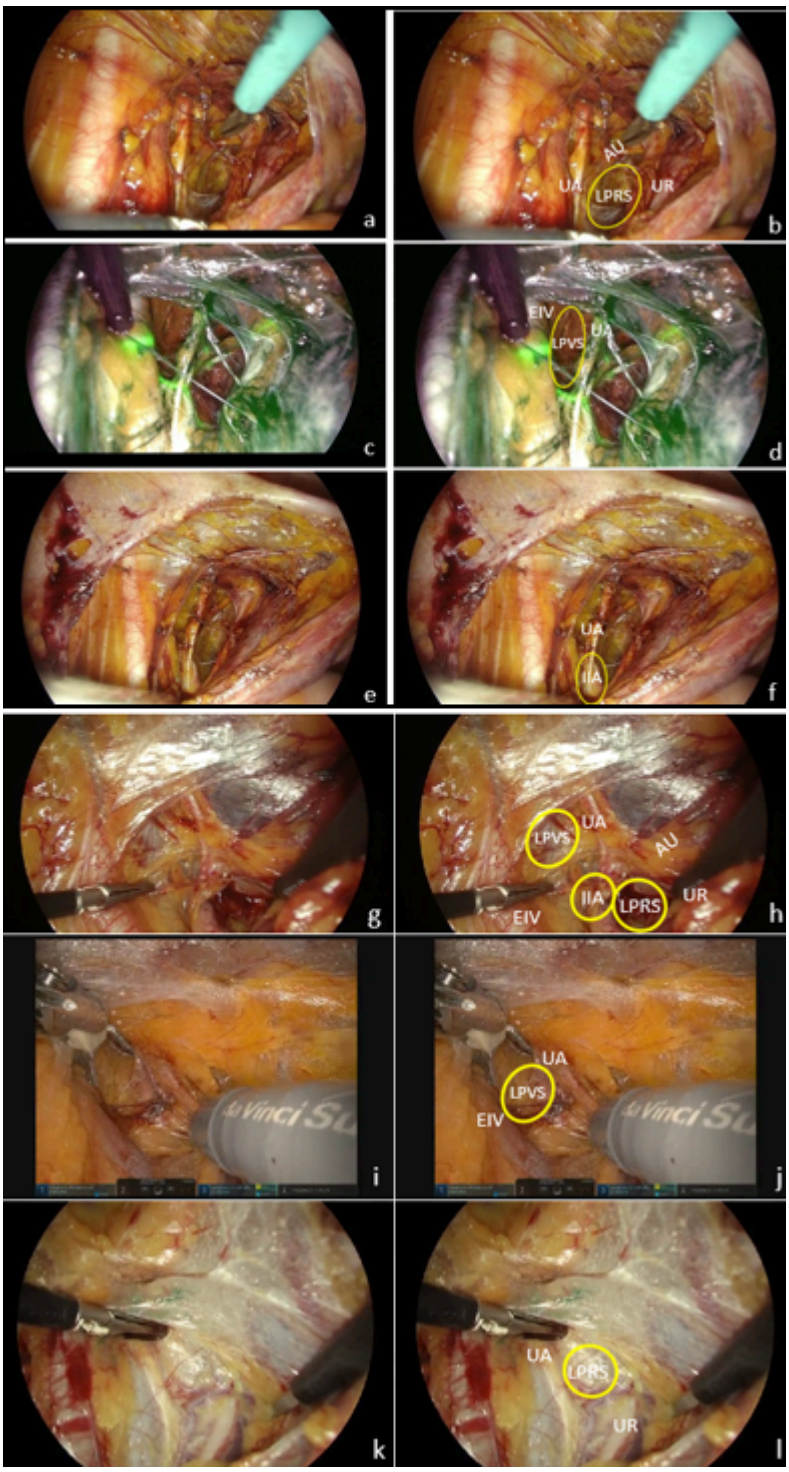


Figure 1. Anatomical definition of the critical views of safety criteria (CVS). a-b): Lateral pararectal space (LPRS), a space below the uterine artery (AU) bounded laterally by the umbilical artery (UA) and medially by the ureter (UR); **c-d)**: Lateral paravesical space (LPVS), a space bounded laterally by the external iliac vessels (EIV) and medially by the umbilical artery UA; **e-f):** Internal iliac artery (IIA), identification of at least one margin of the vessel or identification of a white tubular shaped vessel structure medial to the ureter and below the umbilical artery (UA) or identification of the emergence of the umbilical artery (UA). **g-h):** Lateral pararectal space (LPRS), lateral paravesical (LPVS) space and internal iliac artery (IIA); **i-j):** Lateral paravesical space (LPVS) dissected by robotic-assisted approach; **k-l):** Lateral pararectal space (LPRS)

	ENDOMETRIAL CANCER	CERVICAL CANCER
ANATOMICAL LANDMARKS TO IDENTIFY		
External iliac vessels	Mandatory	Mandatory
Internal iliac artery	Mandatory	Mandatory
Umbilical artery	Mandatory	Mandatory
Ureter	Mandatory	Mandatory
Paravesical space	Mandatory	-
Uterine artery	Optional	-
DISSECTION DIRECTION		
Start the lymph node mapping at the level of the uterine artery and continue dissection LATERALLY away from the uterus	Mandatory	Mandatory
Start sentinel lymph node mapping at the level of the uterine artery and continue MEDIALLY towards the uterus	Optional	-
Start sentinel lymph node mapping at the level of the uterine artery and continue towards the pre-sacral area	Optional	-
Start sentinel lymph node mapping at the most highlighted node and dissect proximally (TOWARDS cervix)	Optional	-

Table 1. Mandatory and optional surgical steps of sentinel lymph node dissection by minimally invasive surgery in endometrial and cervical cancer according to expert consensus (15,16) .

Critical View of Safety criteria	Anatomical Structure
Lateral Paravesical Space	External iliac vessels and umbilical artery
Lateral Pararectal Space	Ureter and umbilical artery
Internal iliac artery	Internal iliac artery

Table 2. Adaptation of expert consensus: Critical views of Safety criteria and correlation with the anatomical structures.

	Total	**Endometrial cancer**	**Cervical cancer**
Patients enrolled	71 (100%)	64 (90.1%)	7 (9.9%)
Surgical approach			
Laparoscopy	64 (90.1%)	57 (89%)	7 (100%)
Robotic	7 (9.9%)	7 (11%)	0 (0%)
Age (median, IQR)	52 (34-71)	63 (56-71)	41 (34–51)
Body mass index (kg/m2) (median, IQR)	28.8 (IQR 23.7-32.17)	28.9 (IQR = 25.4 - 32.42)	23.7 (IQR = 23.25 - 26.18)
Previous abdominopelvic surgery (median, IQR)	1 (IQR 0-1)		
Operative time	134 (IQR 107.5-161)		
Intraoperative complications	0 (0%)		
Estimated blood loss	50 (IQR 0-100)		
Number of left retrived nodes (median, IQR)	1 (IQR 1-2)		
Left metastatic sentinel lymph nodes, n of patients, (%)	7 (9.9%)	6 (9.3%)	1 (14%)
Left macrometastasis, n of patients, (%)	3 (4.2%)	2 (3.1 %)	1 (14%)
Left micrometastasis, n of patients, (%)	2 (2.8%)	2 (3.1%)	0 (0%)
Left Isolated Tumor Cells, n of patients, (%)	2 (2.8%)	2 (3.1%)	0 (0%)
Left sentinel lymph node location	External iliac: 48 (67.6%); Obturator: 14 (19.7%); Internal iliac: 3 (4.2 %); Pre-sacral: 3 (4.2 %)	External iliac: 41 (64%); Obturator: 14 (21.8%); Internal iliac: 3 (4.6 %); Pre-sacral: 3 (4.6 %)	External iliac: 7 (100%)
Postoperative final stage (%)		IA: 34 (53%); IB 11 (17.18); II: 6 (9.3%); IIIA: 4 (6.2%); IIIC1: 9 (14%)	IA: 3 (42.8%); IBI: 1 (14%); IIA: 1 (14%); IIIC1: 1 (14%); IVB: 1 (14%)

Table 3. Patients charateristics.

NUMBER OF VIDEOS WHERE EACH INDIVIDUAL FEATURE WAS AGREED UPON BY AT LEAST 2 ANNOTATORS			
CVS 1. Lateral pararectal space		44/71 (61.9%)	
CVS 2. Lateral paravesical space		67/71 (94.3%)	
CVS 3. Internal iliac artery		23/71 (32.3%)	
NUMBER OF VIDEOS WITH SPECIFIC PAIR COMBINATIONS OF FEATURES AGREED UPON BY AT LEAST 2 ANNOTATORS			
Lateral pararectal space + Lateral paravesical space		44/71 (61.9%)	
Lateral pararectal space + Internal iliac artery		21/71 (29.5%)	
Lateral paravesical space + Internal iliac artery		23/71 (32.3%)	
NUMBER OF VIDEOS WITH ALL THREE FEATURES AGREED UPON BY AT LEAST 2 ANNOTATORS			
Lateral pararectal space + Lateral paravesical space+ Internal iliac artery		21/71 (29.5%)	
INTER-RATER RELIABILITY SCORES FOR CVS			
	CVS 1. Lateral pararectal space	CVS 2. Lateral paravesical space	CVS 3. Internal iliac artery
	Cohen's Kappa		
A1 vs A2	0.91	0.85	0.65
A1 vs A3	0.88	1	0.85
A2 vs A3	0.91	0.85	0.68
	Fleiss Kappa		
A1 vs A2 vs A3	0.90	0.90	0.73

Table 4. Rate achievement and Inter-Rater reliability scores for critical view of safety criteria (CVS). A1: annotator one; A2: Annotator two; A3 Annotator three.

BIBLIOGRAPHIES

1. Concin N, Matias-Guiu X, Vergote I, Cibula D, Mirza MR, Marnitz S, et al. ESGO/ESTRO/ESP guidelines for the management of patients with endometrial carcinoma. Int J Gynecol Cancer. 2021 Jan;31(1):12–39.

2. David Cibula, Maria Rosaria Raspollini, François Planchamp, Carlos Centeno, Cyrus Chargari, Ana Felix, et al. ESGO/ESTRO/ESP Guidelines for the management of patients with cervical cancer – Update 2023*. Int J Gynecol Cancer. 2023 May 1;33(5):649.

3. Cusimano MC, Vicus D, Pulman K, Maganti M, Bernardini MQ, Bouchard-Fortier G, et al. Assessment of Sentinel Lymph Node Biopsy vs Lymphadenectomy for Intermediate- and High-Grade Endometrial Cancer Staging. JAMA Surg. 2021 Feb 1;156(2):157.

4. Abu-Rustum NR. Update on sentinel node mapping in uterine cancer: 10-year experience at Memorial Sloan-Kettering Cancer Center: SLN mapping in uterine cancer. J Obstet Gynaecol Res. 2014 Feb;40(2):327–34.

5. Rossi EC, Kowalski LD, Scalici J, Cantrell L, Schuler K, Hanna RK, et al. A comparison of sentinel lymph node biopsy to lymphadenectomy for endometrial cancer staging (FIRES trial): a multicentre, prospective, cohort study. The Lancet Oncology. 2017 Mar;18(3):384–92.

6. Raffone A, Fanfani F, Raimondo D, Rovero G, Renzulli F, Travaglino A, et al. Predictive factors of sentinel lymph node failed mapping in endometrial carcinoma patients: a systematic review and meta-analysis. Int J Gynecol Cancer. 2023 Jun;33(6):853–9.

7. Capozzi VA, Riemma G, Rosati A, Vargiu V, Granese R, Ercoli A, et al. Surgical complications occurring during minimally invasive sentinel lymph node detection in endometrial cancer patients. A systematic review of the literature and metanalysis. Eur J Surg Oncol. 2021 Aug;47(8):2142–9.

8. Restaino S, Buda A, Puppo A, Capozzi VA, Sozzi G, Casarin J, et al. Anatomical distribution of sentinel lymph nodes in patients with endometrial cancer: a multicenter study. International Journal of Gynecologic Cancer [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2024 May 15];32(4). Available from: https://ijgc.bmj.com/content/32/4/517

9. Vargiu V, Rosati A, Capozzi VA, Sozzi G, Gioè A, Berretta R, et al. Impact of Obesity on Sentinel Lymph Node Mapping in Patients with apparent Early-Stage Endometrial Cancer: The ObeLyX study. Gynecol Oncol. 2022 May;165(2):215–22.

10. Thomaier L, Jager L, Stone R, Wethington S, Fader A, Tanner EJ. Risk of empty lymph node packets in sentinel lymph node mapping for endometrial cancer using indocyanine green. Int J Gynecol Cancer. 2019 Mar;29(3):513–7.

11. Agusti N, Viveros-Carreño D, Grillo-Ardila C, Izquierdo N, Paredes P, Vidal-Sicart S, et al. Sentinel lymph node detection in early-stage ovarian cancer: a systematic review and meta-analysis. International Journal of Gynecologic Cancer [Internet]. 2023 Oct 1 [cited 2023 Nov 3];33(10). Available from: https://ijgc.bmj.com/content/33/10/1493

12. Agustí N, Viveros-Carreño D, Mora-Soto N, Ramírez PT, Rauh-Hain A, Wu CF, et al. Diagnostic accuracy of sentinel lymph node frozen section analysis in patients with early-stage cervical cancer: A systematic review and meta-analysis. Gynecologic Oncology. 2023 Oct 1;177:157–64.

13. Chiu WK, Kwok ST, Wang Y, Luk HM, Chan AHY, Tse KY. Applications and Safety of Sentinel Lymph Node Biopsy in Endometrial Cancer. Journal of Clinical Medicine. 2022 Jan;11(21):6462.

14. Chambers LM, Vargas R, Michener CM. Sentinel lymph node mapping in endometrial and cervical cancer: a survey of practices and attitudes in gynecologic oncologists. J Gynecol Oncol. 2019 May;30(3):e35.

15. Bizzarri N, Obermair A, Hsu HC, Chacon E, Collins A, Tsibulak I, et al. Consensus on surgical technique for sentinel lymph node dissection in cervical cancer. Int J Gynecol Cancer. 2024 Feb 20;ijgc–2023–005151.

16. MOLONEY K, JANDA MM, FRUMOVITZ M, LEITAO M, ABU-RUSTUM N, ROSSI E, et al. Development of a Surgical Competency Assessment Tool for Sentinel Lymph Node Dissection by Minimally Invasive Surgery for Endometrial Cancer. Int J Gynecol Cancer. 2021 May;31(5):647–55.

17. Brunt LM, Deziel DJ, Telem DA, Strasberg SM, Aggarwal R, Asbun H, et al. Safe cholecystectomy multi-society practice guideline and state-of-the-art consensus conference on prevention of bile duct injury during cholecystectomy. Surg Endosc. 2020 Jul 1;34(7):2827–55.

18. Mascagni P, Rodríguez-Luna MR, Urade T, Felli E, Pessaux P, Mutter D, et al. Intraoperative Time-Out to Promote the Implementation of the Critical View of Safety in Laparoscopic Cholecystectomy: A Video-Based Assessment of 343 Procedures. Journal of the American College of Surgeons. 2021 Oct 1;233(4):497–505.

19. Mascagni P, Fiorillo C, Urade T, Emre T, Yu T, Wakabayashi T, et al. Formalizing video documentation of the Critical View of Safety in laparoscopic cholecystectomy: a step towards artificial intelligence assistance to improve surgical safety. Surg Endosc. 2020 Jun;34(6):2709–14.

20. Mascagni P, Vardazaryan A, Alapatt D, Urade T, Emre T, Fiorillo C, et al. Artificial Intelligence for Surgical Safety: Automatic Assessment of the Critical View of Safety in Laparoscopic Cholecystectomy Using Deep Learning. Ann Surg. 2022 May 1;275(5):955–61.

21. Mascagni P, Alapatt D, Lapergola A, Vardazaryan A, Mazellier JP, Dallemagne B, et al. Early-stage clinical evaluation of real-time artificial intelligence assistance for laparoscopic cholecystectomy. Br J Surg. 2024 Jan 3;111(1):znad353.

22. Mascagni P, Alapatt D, Laracca GG, Guerriero L, Spota A, Fiorillo C, et al. Multicentric validation of EndoDigest: a computer vision platform for video documentation of the critical view of safety in laparoscopic cholecystectomy. Surg Endosc. 2022 Nov 1;36(11):8379–86.

23. Mascagni P, Alapatt D, Urade T, Vardazaryan A, Mutter D, Marescaux J, et al. A Computer Vision Platform to Automatically Locate Critical Events in Surgical Videos: Documenting Safety in Laparoscopic Cholecystectomy. Ann Surg. 2021 Jul 1;274(1):e93–5.

24. Geppert B, Lönnerfors C, Bollino M, Arechvo A, Persson J. A study on uterine lymphatic anatomy for standardization of pelvic sentinel lymph node detection in endometrial cancer. Gynecol Oncol. 2017 May;145(2):256–61.

25. Strasberg SM, Hertl M, Soper NJ. An analysis of the problem of biliary injury during laparoscopic cholecystectomy. J Am Coll Surg. 1995 Jan;180(1):101–25.

26. Registering the critical view of safety: photo or video? - PubMed [Internet]. [cited 2024 Jan 16]. Available from: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20376491/

27. CAMMA-public/cvs_annotator [Internet]. Research Group CAMMA; 2023 [cited 2024 Jan 16]. Available from: https://github.com/CAMMA-public/cvs_annotator

28. GitHub - labelmeai/labelme: Image Polygonal Annotation with Python (polygon, rectangle, circle, line, point and image-level flag annotation). [Internet]. [cited 2024 Jan 16]. Available from: https://github.com/labelmeai/labelme

29. Rey I, Lago V, Arnaez M, Bizzarri N, Agusti N, Nero C, Domingo S, et al. Key issues in diagnostic accuracy of sentinel lymph node biopsy in early-stage ovarian cancer: systematic review and meta-analysis, Gynecol Cancer, 2024;34(11):1787-1794

30. Madad Zadeh S, Francois T, Calvet L, Chauvet P, Canis M, Bartoli A, et al. SurgAI: deep learning for computerized laparoscopic image understanding in gynaecology. Surg Endosc. déc 2020;34(12):5377‑83.

31. Van N.-T, Nguyen-Xuan H.-T, Koual M, Bentivegna E, Bats A.-S., Azaïs H. Sentinel lymph node biopsy in the management of early-stage ovarian cancer: A systematic review of the literature. GO Fertilité et sénologie ; 2022

DÉCLARATION SUR L'HONNEUR

Faculté de **médecine** **maïeutique** et **sciences** de la **santé**
Université de Strasbourg

Document avec signature originale devant être joint :

- à votre mémoire de D.E.S.
- à votre dossier de demande de soutenance de thèse

Nom : CARLES Prénom : Emma

Ayant été informé(e) qu'en m'appropriant tout ou partie d'une œuvre pour l'intégrer dans mon propre mémoire de spécialité ou dans mon mémoire de thèse de docteur en médecine, je me rendrais coupable d'un délit de contrefaçon au sens de l'article L335-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle et que ce délit était constitutif d'une fraude pouvant donner lieu à des poursuites pénales conformément à la loi du 23 décembre 1901 dite de répression des fraudes dans les examens et concours publics,

Ayant été avisé(e) que le président de l'université sera informé de cette tentative de fraude ou de plagiat, afin qu'il saisisse la juridiction disciplinaire compétente,

Ayant été informé(e) qu'en cas de plagiat, la soutenance du mémoire de spécialité et/ou de la thèse de médecine sera alors automatiquement annulée, dans l'attente de la décision que prendra la juridiction disciplinaire de l'université

J'atteste sur l'honneur

Ne pas avoir reproduit dans mes documents tout ou partie d'œuvre(s) déjà existante(s), à l'exception de quelques brèves citations dans le texte, mises entre guillemets et référencées dans la bibliographie de mon mémoire.

A écrire à la main : « J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète ».

J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète.

Signature originale :

À Strasbourg, le 01/04/2025

Photocopie de cette déclaration devant être annexée en dernière page de votre mémoire de D.E.S. ou de Thèse.