



**HAL**  
open science

# Le taux d'irradiation peropératoire des ostéosynthèses thoraco-lombaires postérieures percutanées peut-il être réduit à l'aide d'un viseur pédiculaire à impédancemétrie ? Une étude prospective, randomisée

Cyril Bryand

## ► To cite this version:

Cyril Bryand. Le taux d'irradiation peropératoire des ostéosynthèses thoraco-lombaires postérieures percutanées peut-il être réduit à l'aide d'un viseur pédiculaire à impédancemétrie ? Une étude prospective, randomisée. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-02145947

**HAL Id: dumas-02145947**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02145947>**

Submitted on 3 Jun 2019

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

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

N° d'ordre :

ANNÉE 2018



**THÈSE D'EXERCICE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1**  
*sous le sceau de l'Université Bretagne Loire*

Thèse en vue du

**DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE**

présentée par

**Cyril BRYAND**

Né le 11/04/1988 à NANTES

---

**Le taux d'irradiation  
peropératoire des  
ostéosynthèses  
thoraco-lombaires  
postérieures  
percutanées peut-il  
être réduit à l'aide d'un  
viseur pédiculaire à  
impédancemétrie ?  
Une étude prospective,  
randomisée.**

**Thèse soutenue à Rennes  
le Vendredi 12 Octobre 2018**

devant le jury composé de :

**Pr Hervé THOMAZEAU**

PU-PH de Chirurgie Orthopédique- CHU Rennes /  
Président

**Pr Denis HUTEN**

PU-PH de Chirurgie Orthopédique- CHU Rennes /  
Rapporteur

**Pr Mickaël ROPARS**

PU-PH de Chirurgie Orthopédique- CHU Rennes /  
Examineur

**Pr Philippe VIOLAS**

PU-PH de Chirurgie Pédiatrique- CHU Rennes /  
Examineur

**Dr Patrick CHATELLIER**

PH de Chirurgie Orthopédique- CHU Rennes /  
Examineur

**Dr Jonathan LEBHAR**

PHC de Chirurgie Orthopédique- CHU Rennes /  
Directeur de thèse

## Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers

| Nom Prénom   | Sous-section CNU   |
|--|--|
| ANNE-GALIBERT Marie-Dominique                                | Biochimie et biologie moléculaire                                      |
| BARDOU-JACQUET Edouard                                       | Gastroentérologie; hépatologie; addictologie                           |
| BELAUD-ROTUREAU Marc-Antoine                                 | Histologie; embryologie et cytogénétique                               |
| BELLISSANT Eric  | Pharmacologie fondamentale; pharmacologie clinique; addictologie       |
| BELOEIL Hélène   | Anesthésiologie-réanimation; médecine d'urgence                        |
| BENDAVID Claude  | Biochimie et biologie moléculaire                                      |
| BENSALAH Karim   | Urologie   |
| BEUCHEE Alain  | Pédiatrie  |
| BONAN Isabelle   | Médecine physique et de réadaptation                                   |
| BONNET Fabrice   | Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques; gynécologie médicale |
| BOUDJEMA Karim   | Chirurgie générale   |
| BOUGET Jacques<br>Professeur des Universités en surnombre    | Thérapeutique; médecine d'urgence; addictologie                        |
| BOUGUEN Guillaume  | Gastroentérologie; hépatologie; addictologie                           |
| BOURGUET Patrick<br>Professeur des Universités Emérite       | Biophysique et médecine nucléaire                                      |
| BRASSIER Gilles  | Neurochirurgie   |
| BRETAGNE Jean-François Professeur des<br>Universités Emérite | Gastroentérologie; hépatologie; addictologie                           |
| BRISOT Pierre<br>Professeur des Universités Emérite          | Gastroentérologie; hépatologie; addictologie                           |
| CARRE François   | Physiologie  |
| CATROS Véronique   | Biologie cellulaire  |
| CATTOIR Vincent  | Bactériologie-virologie; hygiène hospitalière                          |
| CHALES Gérard<br>Professeur des Universités Emérite          | Rhumatologie   |
| CORBINEAU Hervé  | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire                               |

|   |   |
|---|---|
| CUGGIA Marc   | Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication |
| DARNAULT Pierre   | Anatomie  |
| DAUBERT Jean-Claude<br>Professeur des Universités Emérite             | Cardiologie   |
| DAVID Véronique   | Biochimie et biologie moléculaire                                       |
| DAYAN Jacques   | Pédopsychiatrie; addictologie   |
| DE CREVOISIER Renaud  | Cancérologie; radiothérapie   |
| DECAUX Olivier  | Médecine interne; gériatrie et biologie du vieillissement; addictologie |
| DESRUES Benoît  | Pneumologie; addictologie   |
| DEUGNIER Yves<br>Professeur des Universités en surnombre + Consultant | Gastroentérologie; hépatologie; addictologie                            |
| DONAL Erwan   | Cardiologie   |
| DRAPIER Dominique   | Psychiatrie d'adultes; addictologie                                     |
| DUPUY Alain   | Dermato-vénérologie   |
| ECOFFEY Claude  | Anesthésiologie-réanimation; médecine d'urgence                         |
| EDAN Gilles   | Neurologie  |
| FERRE Jean Christophe   | Radiologie et imagerie Médecine   |
| FEST Thierry  | Hématologie; transfusion  |
| FLECHER Erwan   | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire                                |
| FREMOND Benjamin  | Chirurgie infantile   |
| GANDEMER Virginie   | Pédiatrie   |
| GANDON Yves   | Radiologie et imagerie Médecine   |
| GANGNEUX Jean-Pierre  | Parasitologie et mycologie  |
| GARIN Etienne   | Biophysique et médecine nucléaire                                       |

|  |  |
|--|--|
| GAUVRIT Jean-Yves  | Radiologie et imagerie Médecine  |
| GODEY Benoit   | Oto-rhino-laryngologie   |
| GUGGENBUHL Pascal  | Rhumatologie   |
| GUIGUEN Claude<br>Professeur des Universités Emérite                         | Parasitologie et mycologie   |
| GUILLÉ François  | Urologie   |
| GUYADER Dominique  | Gastroentérologie; hépatologie; addictologie                               |
| HAEGELEN Claire  | Anatomie   |
| HOUOT Roch   | Hématologie; transfusion   |
| HUSSON Jean-Louis<br>Professeur des Universités Emérite                      | Chirurgie orthopédique et traumatologique                                  |
| HUTEN Denis<br>Professeur des Universités Emérite                            | Chirurgie orthopédique et traumatologique                                  |
| JEGO Patrick   | Médecine interne; gériatrie et biologie du vieillissement;<br>addictologie |
| JEGOUX Franck  | Oto-rhino-laryngologie   |
| JOUNEAU Stéphane   | Pneumologie; addictologie  |
| KAYAL Samer  | Bactériologie-virologie; hygiène hospitalière                              |
| KERBRAT Pierre, RETRAITE   | Cancérologie; radiothérapie  |
| LAMY DE LA CHAPELLE Thierry  | Hématologie; transfusion   |
| LAVIOLLE Bruno   | Pharmacologie fondamentale; pharmacologie clinique;<br>addictologie        |
| LAVOUE Vincent   | Gynécologie-obstétrique; gynécologie médicale                              |
| LE BRETON Hervé  | Cardiologie  |
| LE GUEUT Mariannick<br>Professeur des Universités en surnombre + consultanat | Médecine légale et droit de la santé                                       |
| LE TULZO Yves  | Réanimation; médecine d'urgence  |
| LECLERCQ Christophe  | Cardiologie  |
| LEDERLIN Mathieu   | Radiologie et imagerie Médecine  |

|   |   |
|---|---|
| LEGUERRIER Alain<br>Professeur des Universités Emérite        | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire                            |
| LEJEUNE Florence  | Biophysique et médecine nucléaire                                   |
| LEVEQUE Jean  | Gynécologie-obstétrique; gynécologie médicale                       |
| LIEVRE Astrid   | Gastroentérologie; hépatologie; addictologie                        |
| MABO Philippe   | Cardiologie   |
| MAHE Guillaume  | Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire                          |
| MALLEDANT Yannick<br>Professeur des Universités Emérite       | Anesthésiologie-réanimation; médecine d'urgence                     |
| MENER Eric (Professeur<br>associé)                            | Médecine générale   |
| MEUNIER Bernard   | Chirurgie digestive   |
| MICHELET Christian<br>Professeur des Universités en surnombre | Maladies infectieuses; maladies tropicales                          |
| MOIRAND Romain  | Gastroentérologie; hépatologie; addictologie                        |
| MORANDI Xavier  | Anatomie  |
| MOREL Vincent   | Epistémologie clinique  |
| MOSSER Jean   | Biochimie et biologie moléculaire                                   |
| MOURIAUX Frédéric   | Ophthalmologie  |
| MYHIE Didier<br>(Professeur associé)                          | Médecine générale   |
| ODENT Sylvie  | Génétique   |
| OGER Emmanuel   | Pharmacologie fondamentale; pharmacologie clinique;<br>addictologie |
| PARIS Christophe  | Médecine et santé au travail  |
| PERDRIGER Aleth   | Rhumatologie  |
| PLADYS Patrick  | Pédiatrie   |
| RAVEL Célia   | Histologie; embryologie et cytogénétique                            |
| REVEST Matthieu   | Maladies infectieuses; maladies tropicales                          |

|  |   |
|--|---|
| RICHARD de LATOUR Bertrand                     | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire                                |
| RIFFAUD Laurent                                | Neurochirurgie  |
| RIOUX-LECLERCQ Nathalie                        | Anatomie et cytologie pathologiques                                     |
| ROBERT-GANGNEUX Florence                       | Parasitologie et mycologie  |
| ROPARS Mickaël                                 | Chirurgie orthopédique et traumatologique                               |
| SAINT-JALMES Hervé                             | Biophysique et médecine nucléaire                                       |
| SAULEAU Paul                                   | Physiologie   |
| SEGUIN Philippe                                | Anesthésiologie-réanimation; médecine d'urgence                         |
| SEMANA Gilbert                                 | Immunologie   |
| SIPROUDHIS Laurent                             | Gastroentérologie; hépatologie; addictologie                            |
| SOMME Dominique                                | Médecine interne; gériatrie et biologie du vieillissement; addictologie |
| SOULAT Louis                                   | Thérapeutique; médecine d'urgence; addictologie                         |
| SULPICE Laurent                                | Chirurgie générale  |
| TADIÉ Jean Marc                                | Réanimation; médecine d'urgence   |
| TARTE Karin                                    | Immunologie   |
| TATTEVIN Pierre                                | Maladies infectieuses; maladies tropicales                              |
| TATTEVIN-FABLET Françoise (Professeur associé) | Médecine générale   |
| THIBAUT Ronan                                  | Nutrition   |
| THIBAUT Vincent                                | Bactériologie-virologie; hygiène hospitalière                           |
| THOMAZEAU Hervé                                | Chirurgie orthopédique et traumatologique                               |
| TORDJMAN Sylvie                                | Pédopsychiatrie; addictologie   |
| VERHOYE Jean-Philippe                          | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire                                |
| VERIN Marc                                     | Neurologie  |
| VIEL Jean-François                             | Epidémiologie, économie de la santé et prévention                       |

VIGNEAU Cécile

Néphrologie

VIOLAS Philippe

Chirurgie infantile

WATIER Eric

Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique; brûlologie

WODEY Eric

Anesthésiologie-réanimation; médecine d'urgence

## Maîtres de Conférences des Universités - Praticiens Hospitaliers

| Nom Prénom   | Sous-section CNU  |
|--|---|
| ALLORY Emmanuel<br>(Maître de conférence associé des universités de MG)        | Médecine générale   |
| AME-THOMAS Patricia  | Immunologie   |
| AMIOT Laurence (Baruch)  | Hématologie; transfusion  |
| ANSELMi Amédéo   | Chirurgie thoracique et cardiovasculaire                        |
| BEGUE Jean-Marc  | Physiologie   |
| BERTHEUIL Nicolas  | Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie |
| BOUSSEMART Lise  | Dermato-vénéréologie  |
| CABILLIC Florian   | Biologie cellulaire   |
| CAUBET Alain   | Médecine et santé au travail                                    |
| CHHOR-QUENIART Sidonie<br>(Maître de conférence associé des universités de MG) | Médecine générale   |
| DAMERON Olivier  | Informatique  |
| DE TAYRAC Marie  | Biochimie et biologie moléculaire                               |
| DEGEILH Brigitte   | Parasitologie et mycologie                                      |
| DROITCOURT Catherine   | Dermato-vénéréologie  |
| DUBOURG Christèle  | Biochimie et biologie moléculaire                               |
| DUGAY Frédéric   | Histologie; embryologie et cytogénétique                        |
| EDELINe Julien   | Cancérologie; radiothérapie                                     |
| FIQUET Laure<br>(Maître de conférence associé des universités de MG)           | Médecine générale   |

|  |  |
|--|--|
| GARLANTEZEC Ronan  | Epidémiologie, économie de la santé et prévention                |
| GOUIN Isabelle épouse THIBAUT  | Hématologie; transfusion   |
| GUILLET Benoit   | Hématologie; transfusion   |
| JALLARD Sylvie   | Histologie; embryologie et cytogénétique                         |
| KALADJI Adrien   | Chirurgie vasculaire; médecine vasculaire                        |
| LAVENU Audrey  | Sciences physico-chimiques et technologies pharmaceutiques       |
| LE GALL François   | Anatomie et cytologie pathologiques                              |
| LEMAITRE Florian   | Pharmacologie fondamentale; pharmacologie clinique; addictologie |
| MARTINS Pédro Raphaël  | Cardiologie  |
| MATHIEU-SANQUER Romain   | Urologie   |
| MENARD Cédric  | Immunologie  |
| MOREAU Caroline  | Biochimie et biologie moléculaire                                |
| MOUSSOUNI Fouzia   | Informatique   |
| NAUDET Florian   | Thérapeutique ; médecine d'urgence ; addictologie                |
| PANGAULT Céline  | Hématologie; transfusion   |
| RENAUT Pierric<br>(maître de conférence associé des universités de MG) | Médecine générale  |
| ROBERT Gabriel   | Psychiatrie d'adultes; addictologie                              |
| SCHNELL Frédéric   | Physiologie  |

THEAUDIN Marie épouse SALIOU

Neurologie

TURLIN Bruno

Anatomie et cytologie pathologiques

VERDIER Marie-Clémence (Lorne)

Pharmacologie fondamentale; pharmacologie clinique;  
addictologie

ZIELINSKI Agata

## **SERMENT D'HIPPOCRATE**

*En présence des Maîtres de cette École, de mes chers condisciples, je promets et je jure, au nom de l'Être suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité, dans l'exercice de la Médecine.*

*Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.*

*Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.*

*Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.*

*Que les hommes m'accordent leur estime si je suis resté fidèle à mes promesses !*

*Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !*

## **REMERCIEMENTS**

### **À Monsieur le Professeur Hervé THOMAZEAU**

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury, trouvez ici l'expression de mes sincères remerciements. Je vous suis très reconnaissant pour votre implication dans mes projets et pour vos précieux conseils sur mon parcours professionnel. Votre précision chirurgicale et votre rigueur sont pour moi des exemples.

### **À Monsieur le Professeur Denis HUTEN**

Un grand merci pour votre disponibilité et votre expérience. Vous voir opérer a été source d'inspirations et n'a fait que renforcer mon attrait pour la chirurgie prothétique.

### **À Monsieur le Professeur Mickaël ROPARS**

Merci d'avoir accepté de juger mon travail. Vos connaissances en orthopédie m'ont permis de m'améliorer jour après jour et de prendre en charge au mieux les patients.

### **À Monsieur le Professeur Philippe VIOLAS**

Merci de m'avoir fait confiance dès mon premier semestre d'interne. Votre disponibilité a été un atout de choix dans ce compagnonnage que nécessite la chirurgie. Merci pour votre bienveillance et votre soutien dans la publication scientifique.

### **À Monsieur le Docteur Patrick CHATELLIER**

Merci pour tous ces moments partagés au bloc opératoire. Votre bienveillance, votre disponibilité et votre compagnonnage sont des exemples à mes yeux.

### **À mon directeur de thèse, le Docteur Jonathan LEBHAR**

Merci pour ton partage, ton compagnonnage, tes multiples encouragements, ton encadrement scientifique et ta patience ! Ton entrain perpétuel à me faire progresser et tes conseils au quotidien m'ont fait grandir chaque jour. Malgré mon changement d'orientation professionnelle, tu as toujours été à mes côtés. Sans toi cette thèse n'aurait pas été possible !  
Merci !

Je tiens à remercier le Dr LOPES et le Dr GEFROY qui m'ont donné envie de faire ce métier. Leur rencontre a été une véritable révélation au CHU de Nantes. Leur passion pour leur métier a été une grande inspiration pour moi.

Je remercie également toute l'équipe de Chirurgie Pédiatrique du CHU de Rennes notamment le Pr FREMOND, le Dr ARNAUD, le Dr HABONIMANA, le Dr AZZIS, le Dr AILLET et le Dr GATIBELZA. Leur accueil et leur bienveillance à mes débuts d'interne ont été d'une grande aide et m'ont permis de grandir rapidement. Je tiens particulièrement à remercier le Dr FRAISSE, le Dr LUCAS et le Dr MARLEIX pour leur confiance, leur compagnonnage et leur bonne humeur ! Merci pour ces moments !

Je ne peux pas oublier toute l'équipe de Chirurgie Digestive et Hépatobiliaire du Pr BOUDJEMA. Ce stage m'a beaucoup appris et m'a permis d'apprendre les bases de la chirurgie, la rigueur et la prise en charge globale du patient. Merci pour ces enseignements précieux qui me serviront toute ma carrière !

Merci également à toute l'équipe de Chirurgie Orthopédique du CH de Vannes, le Dr MISSOURY, le Dr TOURAIN, le Dr LAHOGUE, le Dr BOULVARD et le Dr MAMELLE! Ce premier semestre en chirurgie orthopédique adulte m'a permis de développer rapidement mes bases de traumatologie et de chirurgie orthopédique. Merci pour leur confiance et leur bienveillance.

Merci à mes co-internes Vannetais Philippe, Alexandre et Jean. Ces six mois ont été formidables grâce à vous !

Merci à toutes les équipes du CHU de RENNES qui m'ont appris l'Orthopédie dans toute sa diversité, ses subtilités et son exigence ! Merci Pr GUNEPIN, Dr POLARD, Dr LAMBOTTE, Dr NAJIHI, Dr DREANO et Dr BOUAKA. Merci à mes chefs Dr BENOIT, Dr RAOUL, Dr ZADEM, Dr BOUILLIS, Dr LOPEZ, Dr MANZI, Dr EBALARD, Dr BASSELOT, Dr GICQUEL, Dr FOURNIER, Dr LE REUN, Dr COMMON, Dr BERTHO, Dr LOIRAT, Dr TIERNY, Dr KRIEGEL et Dr KIM.

Merci à tous mes co-internes du CHU de RENNES. Travailler avec vous m'a beaucoup appris.

Merci à Aymeric et Antoine pour ce stage fantastique en Chirurgie infantile. Travailler à vos côtés sera toujours un grand plaisir et je n'oublierai jamais tous ces bons moments partagés ! Votre amitié m'est précieuse ! Merci !

Merci également à toute l'équipe du Centre Hospitalier de Versailles, le Dr PUJOL, le Dr BEAUFILS, le Dr BOISRENOULT, le Dr DESMOINEAUX, le Dr OGER, le Dr WAKIM, le Dr SANCHEZ, le Dr DELCOURT, le Dr HAILLOTTE et le Dr BILLIERES. Cet inter CHU a été une véritable métamorphose ! Votre confiance, votre bienveillance m'ont rendu meilleur chaque jour et m'ont permis de progresser à pas de géant. Merci infiniment !

Un grand merci à mon maître le Dr SANCHEZ qui m'a pris sous son aile pour transformer le petit poussin en condor ! Le compagnonnage a pris tout son sens avec toi ! Je t'en serai éternellement reconnaissant ! Tes enseignements resteront gravés à jamais ! Merci !

Merci à ma super team de co-internes d'ortho Parisiens ! Merci Lucas, Eric, Nadir, Alexandre et Clément ! Merci pour toutes ces discussions infinissables sur l'orthopédie ! Travailler avec vous cinq a été un véritable plaisir ! Je vous souhaite à tous une grande et belle carrière !  
Merci !

Un grand merci également à toute l'équipe de l'Hôpital Privé des Côtes d'Armor- Plérin pour leur accueil, leur bienveillance et leur pédagogie. Merci Dr COLMAR, Dr RENAUD, Dr ARTIERES, Dr MARTIN, Dr GANGLOFF, Dr LANNOU et Dr CUEFF ; merci de m'avoir tant appris et de m'avoir fait confiance. Vos enseignements me suivront toute ma carrière !  
Merci !

Merci à toutes les équipes d'infirmier(e)s, d'IBODE, d'anesthésistes, d'IAD, de kinésithérapeutes, de secrétaires et d'aide-soignant(e)s. La Médecine est avant tout un travail d'équipe et sans vous rien ne serait possible. Une pensée particulière à l'équipe du service d'Ambroise Paré, votre accueil, votre aide, votre bonne humeur et votre bienveillance ont été d'un grand réconfort et un souvenir inoubliable !

Merci à Mme LE PABIC et à Mme ROUSSEAU pour leur aide précieuse dans la réalisation des statistiques ! Merci pour votre disponibilité, vos explications et votre réactivité !

Merci à Mme MISON qui m'a beaucoup aidé pour l'écriture initiale du protocole et le lancement du projet !

Merci à Mme BELLEC pour tous ses précieux conseils sur la radioprotection !

Merci à Morgan, ami de longue date, ami fidèle. Nous avons grandi côte à côte et je n'oublierai jamais tous ces magnifiques moments partagés ! Vivement les prochains ! Merci !

Merci à Nicolas ! Toujours présent dans les bons et les mauvais moments ! Tu m'as vu grandir ! Tu m'as fait grandir ! Ton sens du mot et ta culture m'ont éveillé et parfois même émerveillé !!! Ta présence sans faille à mes côtés n'a pas de prix ! Merci !

Merci à toute l'équipe de la Jonelière notamment Laurence, Micka, Jérémy, Aurélie, Fred, Fanny, Marianne, Francis, Hélène et Raynald ! Que de bons moments et de belles aventures partagés ! Vivement la suite ! Merci !

Merci à toute ma famille ! Notamment Nadia et Henri mes grands-parents, Paul et Mado mes grands-parents de cœur, mes oncles et tantes, mes cousins et cousines !

Merci à Emma, la femme de ma vie. Merci pour ton amour ! Merci d'être toujours là ! Merci pour tous ces beaux moments passés, présents et à venir ! Merci d'être toi ! Tu es ma force et ma tranquillité ! Sans toi, la vie n'a plus de sens ! Je t'aime.

Enfin comment ne pas remercier mes formidables parents. Merci pour votre amour inconditionnel, pour vos attentions, pour votre présence permanente, pour vos encouragements, pour votre réconfort, pour vos conseils toujours précieux, pour votre éducation et vos principes de vie. Merci Maman de toujours être là, toujours à l'écoute, ta douceur, ton dévouement, ta disponibilité, ta gentillesse ont rendu ces années apaisantes et épanouissantes. Merci Papa de m'avoir transmis tes valeurs. Ton dévouement, ton engagement, ta passion sont des exemples à mes yeux. Merci pour tout ! Je vous aime !

Last but not least : ma sœur, mon âme sœur, Angélique ! De notre plus tendre enfance, en passant par notre adolescence jusqu'aux bancs de la Faculté de Médecine de Nantes, tu as toujours été ma partenaire, mon exemple, ma confidente ! Je ne compte plus les heures de

partage, de rires, de bons moments. Loin des yeux, près du cœur ! Ces mots n'ont jamais été aussi vrais depuis le début de ton aventure Alsacienne ! Te retrouver est toujours une grande bouffée d'air frais ! Je t'admire et je t'aime. Je te dédie cette thèse. Merci !

**TABLE DES MATIERES**

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| Résumé.....               | Page 18 |
| Abstract.....             | Page 20 |
| Introduction.....         | Page 22 |
| Matériel et Méthodes..... | Page 23 |
| Résultats.....            | Page 25 |
| Discussion.....           | Page 27 |
| Conclusion.....           | Page 28 |
| Bibliographie.....        | Page 31 |
| Figures.....              | Page 35 |
| Tableaux.....             | Page 39 |

## **RESUME**

### **INTRODUCTION**

La chirurgie percutanée du rachis connaît un grand essor; son principal inconvénient est l'irradiation répétée du personnel soignant en salle. Pour diminuer ce taux d'irradiation nous avons voulu utiliser un viseur pédiculaire à impédancemétrie (PediGuard ; SpineGuard®). Le but de cette étude était d'évaluer le taux d'irradiation peropératoire des ostéosynthèses thoraco-lombaires postérieures percutanées (OTLPP) réalisées avec le PediGuard par rapport au gold standard (visée à main levée).

### **MATERIEL ET METHODES**

Nous avons réalisé une étude prospective, randomisée, monocentrique, mono-opérateur, menée entre septembre 2017 et avril 2018 au sein des Hôpitaux Universitaires de Rennes. Le produit dose surface (PDS) en cGy.cm<sup>2</sup> était relevé à la fin de la visée pédiculaire et en fin d'intervention. Un scanner post-opératoire a été réalisé pour étudier le positionnement des vis pédiculaires.

### **RESULTATS**

Au total, 16 patients par groupe ont été inclus. Les groupes étaient comparables. Les PDS moyens à la fin des visées pédiculaires et en fin d'intervention étaient respectivement de 147,4 cGy.cm<sup>2</sup> et 230,9 cGy.cm<sup>2</sup> dans le groupe contrôle et de 171,1 cGy.cm<sup>2</sup> et 280,7 cGy.cm<sup>2</sup> dans le groupe PediGuard ( $p > 0,05$ ). Le placement des vis était comparable dans les 2 groupes.

### **CONCLUSION**

Cette étude n'a pas permis de montrer une diminution du taux d'irradiation peropératoire avec l'utilisation du PediGuard. Elle confirme la corrélation du taux d'irradiation avec l'augmentation de l'indice de masse corporelle (IMC).

**NIVEAU DE PREUVE**

II, étude prospective randomisée

**MOTS-CLES**

Irradiation, produit dose surface, PDS, viseur pédiculaire à impédancemétrie, ostéosynthèse percutanée, chirurgie du rachis, radioprotection.

**ABSTRACT****STUDY DESIGN**

Prospective, randomized study.

**OBJECTIVE**

To report the results of using the PediGuard (SpineGuard<sup>®</sup>), a local electrical conductivity measurement device, to reduce intraoperative radiation exposure during percutaneous posterior spinal fusion.

**SUMMARY OF BACKGROUND DATA**

Routine use of fluoroscopy is thought to reduce the risk of perforations but is associated with increased radiation. A new percutaneous pedicle-drilling device (PediGuard) which uses electrical conductivity differentiation at the tip for assessing bone versus soft tissue, has been developed to improve the safe positioning of pedicle screws. This device not only warns of an impending medial breach but also is the only device available to, in real time, nonradiographically detect a lateral breach.

**METHODS**

Thirty-two patients with a diagnosis of thoracolumbar degenerative spine or traumatic spine who needed a posterior spinal fusion on one or two levels were enrolled. In a randomized fashion, the surgeon placed the pedicle screws either with a standard technique (manual probe) or the PediGuard, and used fluoroscopy for each drilling as a guidance assist as necessary.

**RESULTS**

A total of 16 patients per group were included. The groups were comparable. The mean PDS at the end of the pedicular drilling and at the end of intervention were respectively 147.4 cGy.cm<sup>2</sup> and 230.9 cGy.cm<sup>2</sup> in the control group and 171.1 cGy.cm<sup>2</sup> and 280.7 cGy.cm<sup>2</sup> in the Pediguard group ( $p > 0.05$ ). The placement of the screws was comparable in both groups.

**CONCLUSION**

This study did not show a decrease in intraoperative irradiation rate with the use of PediGuard. It confirms the correlation of the rate of irradiation with the increase of the body mass index.

**KEYWORDS**

Pedicle screw fixation, radiation exposure, fluoroscopy, electronic conductivity device, PediGuard, percutaneous, Dose Area Product, DAP, percutaneous spine surgery, percutaneous posterior spinal fusion

## INTRODUCTION

La chirurgie percutanée est en plein essor grâce au développement du matériel chirurgical et à l'amélioration de l'imagerie peropératoire. L'ostéosynthèse rachidienne postérieure a suivi cette évolution [1][2][3][4][5][6][7]. Dans ce cadre, le positionnement correct des vis pédiculaires requiert l'utilisation répétée de l'amplificateur de brillance (C-arm) [8][9][10]. En peropératoire, ces techniques exposent le chirurgien, le personnel soignant et le patient aux rayonnements ionisants [1][2][11][12][13][14]. Bronsard et al [8] montrent que l'exposition est plus importante pour les ostéosyntheses percutanées que pour celles à ciel ouvert. Pour ces dernières, le viseur pédiculaire à impédancemétrie (PediGuard, SpineGuard®, Vincennes, France) a permis de diminuer à la fois le taux d'irradiation peropératoire et le taux d'effraction extra-pédiculaire des vis [15][16][17][18][19]. L'industrie a donc récemment développé un PediGuard canulé compatible avec la chirurgie percutanée. Cet outil ne modifie pas la technique de visée pédiculaire standard avec C-arm, mais permettrait de diminuer le taux d'irradiation en s'affranchissant des contrôles scopiques de profil et en réduisant ceux de face.

Les rayonnements ionisants, par leur effet stochastique, peuvent engendrer un risque de cancer cinq fois plus élevé pour les chirurgiens exposés [20][21]. Les chirurgiens du rachis sont exposés à un niveau de rayonnement dix fois plus élevé que les chirurgiens orthopédiques, en particulier lors des procédures percutanées [22]. La limite de dose annuelle d'exposition du chirurgien recommandée par le guide de la Commission Internationale de Radiologie (CIPR) est de 500mSv pour les extrémités et de 150mSv pour le cristallin. Les récentes directives européennes (2013/59/EURATOM) ont réduit la dose d'exposition oculaire annuelle maximale de 150 à 20mSv.

L'hypothèse de cette étude était que le PediGuard canulé permet de diminuer le taux d'irradiation lors des ostéosyntheses thoraco-lombaires postérieures (OTLPP) sur un ou deux niveaux vertébraux. L'objectif principal était d'évaluer le taux d'irradiation per opératoire par la comparaison du Produit Dose Surface (PDS) lors des OTLPP réalisées avec le PediGuard canulé par rapport à un groupe contrôle utilisant la visée à main levée. Les objectifs secondaires étaient l'analyse de l'évolution du PDS durant l'étude et ses corrélations avec l'IMC et l'âge, l'analyse de l'exposition du chirurgien et de la qualité de la visée pédiculaire.

## MATERIEL ET METHODES

Une étude prospective, randomisée, mono-opérateur a été menée entre septembre 2017 et avril 2018 sur une série continue de patients. Toutes les procédures ont été réalisées par le même opérateur (JL), chirurgien senior du rachis. Un seul et même C-arm était utilisé (Siemens, modèle Compact L, n° de série du générateur 33201). La randomisation a été réalisée par tirage au sort après inclusion et avant chaque intervention. Les patients ont été randomisés en 2 groupes égaux: groupe A = groupe contrôle (visée à main levée), groupe B = PediGuard. L'accord du CPP a été obtenu en Août 2017 (N° ID-RCB : 2017-A00727-46). Le calcul du nombre de patients à inclure a été basé sur l'hypothèse d'une réduction de 30% du PDS soient 175 cGy.cm<sup>2</sup> si l'on part des valeurs habituellement retrouvées dans la littérature de 250 à 1500cGy.cm<sup>2</sup> [8][11]. Pour un risque  $\alpha$  de 5% et  $\beta$  de 20%, le nombre nécessaire de patients était de 32 (2 groupes de 16 patients statistiquement comparables), calculé avec la formule suivante:

$$n_A = \kappa n_B \text{ and } n_B = \left(1 + \frac{1}{\kappa}\right) \left(\sigma \frac{z_{1-\alpha} + z_{1-\beta}}{\mu_A - \mu_B - \delta}\right)^2$$

$$1 - \beta = \Phi(z - z_{1-\alpha}) + \Phi(-z - z_{1-\alpha}) \quad , \quad z = \frac{\mu_A - \mu_B - \delta}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B}}}$$

Les critères d'inclusion étaient l'indication d'une ostéosynthèse percutanée par voie postérieure sur 2 ou 3 vertèbres pour cause traumatique (fracture vertébrale thoraco-lombaire) ou dégénérative, chez un patient majeur et consentant, sans antécédent chirurgical local par voie postérieure et avec un indice de masse corporelle (IMC) <35 kg/m<sup>2</sup>.

Les OTLPP étaient réalisées par de courtes incisions paravertébrales sur un patient en décubitus ventral. On insérait soit un trocart de Jamshidi (groupe A), soit le PediGuard canulé (groupe B). Dans le groupe A, des contrôles de face et de profil étaient nécessaires pour surveiller la progression du Jamshidi tandis que dans le groupe B le chirurgien était guidé par le PediGuard (guidage sonore en fonction de l'impédance du milieu traversé par la pointe du viseur pédiculaire) et n'utilisait le C-arm que si nécessaire (fig 1). Le viseur pédiculaire était ensuite remplacé par des broches guides sur lesquelles les vis canulées étaient insérées. Puis les vis étaient reliées entre elles par des tiges, solidarissant le montage. Un contrôle scopique final de face et de profil était réalisé. Le chirurgien portait un tablier de plomb et une

protection thyroïdienne mais n'utilisait pas de lunettes plombées ou d'équipement de protection collective (écran mobile).

.....

Figure 1

.....

Le produit dose surface (PDS) a été utilisé pour comparer le taux d'irradiation. Le PDS permet de déterminer la dose de rayons ionisants délivrée au patient. Il s'exprime en  $\text{cGy}\cdot\text{cm}^2$ .

L'analyse s'effectuait sur le PDS à la fin de la visée pédiculaire = PDS broche, le PDS à la fin de l'intervention = PDS total. Ont également été étudiés la durée de la visée pédiculaire et la durée totale d'intervention, le temps de fluoroscopie (TF) à la fin de la visée pédiculaire puis en fin d'intervention, le taux d'irradiation aux yeux (cristallin) du chirurgien avec un dosimètre thermoluminescent passif (TLD) et un dosimètre personnel électronique, le taux d'irradiation aux extrémités (mains) du chirurgien avec un TLD (bague sur la face palmaire de l'annulaire de la main dominante), le taux d'irradiation au buste du chirurgien, sous le tablier de plomb, avec un TLD et un dosimètre personnel électronique (EPD), dosimètre à lecture directe. L'EPD nous donnait la dose équivalente à une profondeur de tissu de 10mm ( $H_p 0,10$ ) (fig 2).

.....

Figure 2

.....

Un scanner du montage a été réalisé au 2<sup>ème</sup> jour post-opératoire en coupe millimétrique. Le positionnement des vis pédiculaires a été étudié indépendamment par 2 examinateurs, chirurgiens orthopédiques séniors. Les classifications de Gertzbein (quantitative) et de Heary (qualitative) ont été utilisées (fig 3) [23][24]. En cas de désaccord, le grade le plus péjoratif était conservé en considérant que seules les vis cotées Gertzbein 0 et 1 avaient un positionnement correct [25][26][27][28]. De même, seules les vis cotées Heary A ou B ont été considérées comme correctement positionnées [29][30]. Nous avons donc combiné les 2 classifications, en considérant qu'une vis correctement positionnée doit être cotée Gertzbein 0 ou 1 et Heary A ou B (classification combinée simplifiée). La concordance de l'analyse du positionnement des vis entre les deux opérateurs a été évaluée à l'aide du coefficient de Kappa.

.....  
Figure 3  
.....

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant le logiciel SAS, v.9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA). Ont été utilisés les tests Chi2 ou Fisher pour les résultats qualitatifs, le test de Student ou le test de Mann-Whitney pour les résultats quantitatifs et le coefficient de corrélation de Pearson pour la recherche de corrélation linéaire.

## RESULTATS

32 patients sur 34 étaient éligibles aux critères d'inclusion (fig 4). Ces 32 patients ont été randomisés en 2 groupes comparables (tableau 1).

.....  
Figure 4  
.....  
.....

Tableau 1  
.....

Les PDS moyens à la fin des visées pédiculaires et en fin d'intervention étaient respectivement de 147,4 cGy.cm<sup>2</sup> et 230,9 cGy.cm<sup>2</sup> dans le groupe A et de 171,1 cGy.cm<sup>2</sup> et 280,7 cGy.cm<sup>2</sup> dans le groupe B. Il n'y avait pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) (tableau 2).

.....  
Tableau 2  
.....

Une régression linéaire, ajustée au nombre de niveaux synthésés, a été réalisée pour évaluer l'évolution du PDS. Pour le groupe B, on retrouvait une diminution du PDS au cours de notre étude ( $p=0,0473$ ), contrairement au groupe A ( $p=0,3332$ ). Il existait une corrélation entre l'IMC et le PDS total ( $p<0,05$ ) (relation croissante). En revanche, aucune corrélation n'était retrouvée entre l'âge et le PDS total ( $p>0,05$ ) (fig 5).

.....

#### Figure 5

.....

La dose moyenne de rayonnement corporel du chirurgien (Hp10) par intervention était de 0,2mSv (0,1-0,6) dans le groupe A et de 0,2mSv (0,1-0,4) dans le groupe B, sans différence significative ( $p>0,05$ ). Les doses cumulées relevées par les TLD sur le buste du chirurgien, au niveau des mains et du cristallin n'ont pas pu être interprétées en raison de doses d'irradiation trop faibles ( $<50\mu\text{Sv}/\text{TLD}$ ). L'EPD aux yeux du chirurgien n'a pu être analysé que pour 12 interventions dans le groupe A et 11 dans le groupe B en raison de valeurs aberrantes et de valeurs manquantes. La moyenne du taux d'irradiation aux yeux était de 12,6  $\mu\text{Sv}$  (3,2-36) dans le groupe A et de 17,9  $\mu\text{Sv}$  (5,5-34,5) dans le groupe B ( $p=0,0337$ ).

L'analyse du positionnement des vis a été autorisée par une bonne reproductibilité inter-observateur des classifications de Gertzbein et Heary (coefficient de Kappa IC95%= 0.64 [0.52 ; 0.75]). Cent cinquante-six vis, chez 32 patients, ont pu être étudiées (figure 6).

.....

#### Figure 6

.....

Selon la classification de Gertzbein, 74 des 78 vis du groupe A (95%) avaient un positionnement correct et 66 des 78 vis du groupe B (85%) ( $p=0,0348$ ). Selon la classification de Heary, 68 des 78 vis du groupe A (87%) avaient un positionnement correct et 65 des 78 vis du groupe B (83%) ( $p=0,4981$ ). En prenant la classification combinée simplifiée (fig 7), on retrouve pour le groupe A 68 vis correctes (87%) et 59 (76%) pour le groupe B ( $p=0,0640$ ) (tableau 3).

.....

#### Tableau 3

.....

.....

Figure 7

.....

Dans un cas, 2 vis, chez un même patient du groupe A, ont nécessité une reprise chirurgicale en raison d'un mauvais positionnement symptomatique (fig 8).

.....

Figure 8

.....

## DISCUSSION

A notre connaissance, cette étude est la première étude prospective, randomisée analysant le taux d'irradiation lors des OTLPP avec le PediGuard canulé. De plus, peu d'études ont analysé l'exposition aux rayonnements ionisants lors des OTLPP [8][11]. Cette étude permet d'apporter des données nouvelles concernant le taux d'irradiation du patient et du chirurgien lors des OTLPP.

Concernant l'objectif de l'étude, il n'a pas été mis en évidence de différence significative du PDS avec l'utilisation du PediGuard canulé. L'hypothèse était que le nombre de contrôles scopiques peropératoires serait diminué d'environ 30% avec le PediGuard. Cette absence de différence peut s'expliquer par des taux d'irradiation faibles dans les deux groupes de notre série et à des OTLPP courtes (1 à 2 niveaux). Cette série retrouve un PDS moyen en fin d'intervention pour nos 32 patients de 255,8 cGy.cm<sup>2</sup>, moyenne faible comparée à l'étude de Bronsard et al [8] qui retrouve un PDS moyen de 267,7 cGy.cm<sup>2</sup> pour les chirurgies à ciel ouvert et de 868,15 cGy.cm<sup>2</sup> pour les OTLPP. Par comparaison, un patient reçoit un PDS d'environ 275 cGy.cm<sup>2</sup> lors d'une radiographie thoracique de profil et un PDS de 700 cGy.cm<sup>2</sup> pour un bassin de face [31]. Le PDS moyen par vis de la présente étude est de 53,1 cGy.cm<sup>2</sup> (18,2 -134), nettement supérieur aux 19,9 cGy.cm<sup>2</sup> (7,4-33,5) retrouvés par Kouyoumdjian et al [11]. Les résultats de la littérature sont très hétérogènes et ne sont comparables que pour des interventions similaires (même nombre de niveaux), rendant la division du PDS par le nombre de vis peu représentative de l'irradiation totale d'une intervention. De plus, l'existence d'une courbe d'apprentissage est probable comme semble le démontrer la diminution progressive du PDS total avec le temps dans le groupe avec

l'utilisation du PediGuard et cela même si, préalablement à la présente étude, dix interventions avec le PediGuard canulé avaient été réalisées. Enfin, il est confirmé une corrélation entre l'IMC et le PDS, en accord avec la littérature [32][33][34][35][36][37].

Concernant la position des vis, les taux de cette étude sont comparables à ceux de la littérature. Molliqaj et al [27] retrouvait 392/441 (89%) vis correctement positionnées selon Gertzbein. Selon Heary, dans notre série, 68 /78 (87%) vis dans le groupe A avaient un positionnement correct et il y en avait 65/78 (83%) vis dans le groupe B. En comparaison, Noriega et al retrouvait 292/320 (91%) vis positionnées correctement selon Heary. Ce faible taux dans notre série peut s'expliquer par l'utilisation de vis longues et de gros diamètre, afin d'assurer un ancrage pédiculaire solide lors de ces procédures percutanées, avec pour conséquences plus d'effractions pédiculaires. Aujourd'hui peu d'études combinent les classifications de Heary et de Gertzbein [30][38]. L'interprétation et la comparaison du positionnement des vis doivent être prudentes car on constate que le taux de positionnement considéré comme « correct » varie d'une classification à l'autre (dans le groupe A, selon Gertzbein 95% et selon Heary 87%). Actuellement, la fluoroscopie 2D conventionnelle (C-arm) reste la méthode de guidage percutané la plus utilisée. La navigation semble diminuer le taux d'irradiation et permettrait une augmentation de la précision de la visée pédiculaire [27][33][39][40][41][42]. Cependant ce matériel, très onéreux et difficile d'accès, est pour le moment réservé à quelques centres hospitaliers. L'avantage du PediGuard canulé est son faible coût, son accessibilité et sa disponibilité.

## CONCLUSION

Cette étude n'a pas permis de montrer une diminution du taux d'irradiation peropératoire lors des OTLPP avec l'utilisation du PediGuard canulé. Elle confirme la corrélation du taux d'irradiation avec l'augmentation de l'IMC. Cette étude retrouve un taux moyen de PDS total faible lors des OTLPP. Cependant la dangerosité des rayons ionisants est liée à la répétition des interventions par le chirurgien et le personnel soignant en salle. Il est donc primordial de continuer à appliquer les règles de bonnes pratiques de radioprotection et de poursuivre la formation et la sensibilisation du personnel soignant. D'autres moyens semblent prometteurs pour diminuer le taux d'irradiation peropératoire mais leurs coûts restent élevés. Le PediGuard canulé nécessite d'autres études pour confirmer son intérêt dans les OTLPP, notamment avec plus de sujets, sur plus de niveaux ( $\geq 2$ ) et en calculant le nombre de « shots » de scopie.

**DECLARATION DE CONFLIT D'INTERET**

La société SpineGuard® était le promoteur de cette étude.



**BIBLIOGRAPHIE**

1. Funao H, Ishii K, Momoshima S, et al (2014) Surgeons' exposure to radiation in single- and multi-level minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion; a prospective study. *PloS One* 9:e95233. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0095233>
2. Srinivasan D, Than KD, Wang AC, et al (2014) Radiation safety and spine surgery: systematic review of exposure limits and methods to minimize radiation exposure. *World Neurosurg* 82:1337–1343. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2014.07.041>
3. Wiesner L, Kothe R, Schulitz KP, Rütther W (2000) Clinical evaluation and computed tomography scan analysis of screw tracts after percutaneous insertion of pedicle screws in the lumbar spine. *Spine* 25:615–621
4. Giorgi H, Prébet R, Delhaye M, et al (2015) Minimally invasive posterior transforaminal lumbar interbody fusion: One-year postoperative morbidity, clinical and radiological results of a prospective multicenter study of 182 cases. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR* 101:S241-245. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2015.07.001>
5. Grass R, Biewener A, Dickopf A, et al (2006) [Percutaneous dorsal versus open instrumentation for fractures of the thoracolumbar border. A comparative, prospective study]. *Unfallchirurg* 109:297–305. <https://doi.org/10.1007/s00113-005-1037-6>
6. Fuentes S, Blondel B, Metellus P, et al (2010) Percutaneous kyphoplasty and pedicle screw fixation for the management of thoraco-lumbar burst fractures. *Eur Spine J* 19:1281–1287. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1444-4>
7. McAnany SJ, Overley SC, Kim JS, et al (2016) Open Versus Minimally Invasive Fixation Techniques for Thoracolumbar Trauma: A Meta-Analysis. *Glob Spine J* 6:186–194. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1554777>
8. Bronsard N, Boli T, Challali M, et al (2013) Comparison between percutaneous and traditional fixation of lumbar spine fracture: Intraoperative radiation exposure levels and outcomes. *Orthop Traumatol Surg Res* 99:162–168. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2012.12.012>
9. Ntoukas V, Müller A (2010) Minimally invasive approach versus traditional open approach for one level posterior lumbar interbody fusion. *Minim Invasive Neurosurg MIN* 53:21–24. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1247560>
10. Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, et al (2010) Comparison of one-level minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion in degenerative and isthmic spondylolisthesis grades 1 and 2. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc*

Eur Sect Cerv Spine Res Soc 19:1780–1784. <https://doi.org/10.1007/s00586-010-1404-z>

11. Kouyoumdjian P, Gras-Combe G, Grelat M, et al (2018) Surgeon's and patient's radiation exposure during percutaneous thoraco-lumbar pedicle screw fixation: A prospective multicenter study of 100 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 104:597–602. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2018.05.009>
12. Bindal RK, Glaze S, Ognoskie M, et al (2008) Surgeon and patient radiation exposure in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine* 9:570–573. <https://doi.org/10.3171/SPI.2008.4.08182>
13. Yamashita K, Higashino K, Wada K, et al (2016) Radiation Exposure to the Surgeon and Patient During a Fluoroscopic Procedure: How High Is the Exposure Dose? A Cadaveric Study. *Spine* 41:1254–1260. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000001542>
14. Harrison Farber S, Nayar G, Desai R, et al (2018) Radiation exposure to the surgeon during minimally invasive spine procedures is directly estimated by patient dose. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc* 27:1911–1917. <https://doi.org/10.1007/s00586-018-5653-6>
15. Chaput CD, George K, Samdani AF, et al (2012) Reduction in radiation (fluoroscopy) while maintaining safe placement of pedicle screws during lumbar spine fusion. *Spine* 37:E1305-1309. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3182666adc>
16. Bai Y-S, Niu Y-F, Chen Z-Q, et al (2013) Comparison of the pedicle screws placement between electronic conductivity device and normal pedicle finder in posterior surgery of scoliosis. *J Spinal Disord Tech* 26:316–320. <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e318247f21d>
17. Bolger C, Kelleher MO, McEvoy L, et al (2007) Electrical conductivity measurement: a new technique to detect iatrogenic initial pedicle perforation. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc* 16:1919–1924. <https://doi.org/10.1007/s00586-007-0409-8>
18. Ovadia D, Korn A, Fishkin M, et al (2011) The contribution of an electronic conductivity device to the safety of pedicle screw insertion in scoliosis surgery. *Spine* 36:E1314-1321. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e31822a82ec>
19. Guillen PT, Knopper RG, Kroger J, et al (2014) Independent assessment of a new pedicle probe and its ability to detect pedicle breach: a cadaveric study: Laboratory investigation. *J Neurosurg Spine* 21:821–825. <https://doi.org/10.3171/2014.6.SPINE131028>
20. Mroz TE, Abdullah KG, Steinmetz MP, et al (2011) Radiation exposure to the surgeon during percutaneous pedicle screw placement. *J Spinal Disord Tech* 24:264–267.

<https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3181eed618>

21. Mastrangelo G, Fedeli U, Fadda E, et al (2005) Increased cancer risk among surgeons in an orthopaedic hospital. *Occup Med Oxf Engl* 55:498–500. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqi048>
22. Rampersaud YR, Foley KT, Shen AC, et al (2000) Radiation exposure to the spine surgeon during fluoroscopically assisted pedicle screw insertion. *Spine* 25:2637–2645
23. Gertzbein SD, Robbins SE (1990) Accuracy of pedicular screw placement in vivo. *Spine* 15:11–14
24. Heary RF, Bono CM, Black M (2004) Thoracic pedicle screws: postoperative computerized tomography scanning assessment. *J Neurosurg* 100:325–331
25. Costa F, Dorelli G, Ortolina A, et al (2015) Computed tomography-based image-guided system in spinal surgery: state of the art through 10 years of experience. *Neurosurgery* 11 Suppl 2:59–67; discussion 67-68. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000000587>
26. Azimi P, Shahzadi S, Shahzadi A (2014) Accuracy and complications of pedicle screw insertion for lumbar and thoracolumbar fractures. *Int Clin Neurosci J* 1:55–60
27. Molliqaj G, Schatlo B, Alaid A, et al (2017) Accuracy of robot-guided versus freehand fluoroscopy-assisted pedicle screw insertion in thoracolumbar spinal surgery. *Neurosurg Focus* 42:E14. <https://doi.org/10.3171/2017.3.FOCUS179>
28. Solomiichuk V, Fleischhammer J, Molliqaj G, et al (2017) Robotic versus fluoroscopy-guided pedicle screw insertion for metastatic spinal disease: a matched-cohort comparison. *Neurosurg Focus* 42:E13. <https://doi.org/10.3171/2017.3.FOCUS1710>
29. Puvanesarajah V, Liauw JA, Lo S-F, et al (2014) Techniques and accuracy of thoracolumbar pedicle screw placement. *World J Orthop* 5:112–123. <https://doi.org/10.5312/wjo.v5.i2.112>
30. Cordemans V, Kaminski L, Banse X, et al (2017) Pedicle screw insertion accuracy in terms of breach and reposition using a new intraoperative cone beam computed tomography imaging technique and evaluation of the factors associated with these parameters of accuracy: a series of 695 screws. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc* 26:2917–2926. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5195-3>
31. Autorité de sûreté nucléaire (2016) Dispositions réglementaires de radioprotection médicale et dentaire
32. Refahiyat L, VanOosterhout S, Mulder A, et al (2018) Impact of patient obesity on radiation doses received by scrub technologists during coronary angiography. *Cardiovasc Revascularization Med Mol Interv*. <https://doi.org/10.1016/j.carrev.2018.07.026>

33. Kaminski L, Cordemans V, Cartiaux O, Van Cauter M (2017) Radiation exposure to the patients in thoracic and lumbar spine fusion using a new intraoperative cone-beam computed tomography imaging technique: a preliminary study. *Eur Spine J Off Publ Eur Spine Soc Eur Spinal Deform Soc Eur Sect Cerv Spine Res Soc* 26:2811–2817. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-4968-z>
34. Cozic C, Audran F, Blanchard C, et al (2017) Decreased patient exposure to ionizing radiation during interventional rheumatology procedures after optimization of protection. *Jt Bone Spine Rev Rhum* 84:335–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2016.09.021>
35. Dalglish S, Hince A, Finlayson DF (2015) Peri-operative radiation exposure: Are overweight patients at increased risks? *Injury* 46:2448–2451. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.08.022>
36. Cushman D, Mattie R, Curtis B, et al (2016) The effect of body mass index on fluoroscopic time and radiation dose during lumbar transforaminal epidural steroid injections. *Spine J Off J North Am Spine Soc* 16:876–883. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.03.041>
37. Kukreja S, Haydel J, Nanda A, Sin AH (2015) Impact of body habitus on fluoroscopic radiation emission during minimally invasive spine surgery. *J Neurosurg Spine* 22:211–218. <https://doi.org/10.3171/2014.10.SPINE14163>
38. Noriega DC, Hernández-Ramajo R, Rodríguez-Monsalve Milano F, et al (2017) Risk-benefit analysis of navigation techniques for vertebral transpedicular instrumentation: a prospective study. *Spine J Off J North Am Spine Soc* 17:70–75. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2016.08.004>
39. Assaker R, Reyns N, Vinchon M, et al (2001) Transpedicular screw placement: image-guided versus lateral-view fluoroscopy: in vitro simulation. *Spine* 26:2160–2164
40. Smith HE, Welsch MD, Sasso RC, Vaccaro AR (2008) Comparison of Radiation Exposure in Lumbar Pedicle Screw Placement With Fluoroscopy Vs Computer-Assisted Image Guidance With Intraoperative Three-Dimensional Imaging. *J Spinal Cord Med* 31:532–537
41. Villard J, Ryang Y-M, Demetriades AK, et al (2014) Radiation exposure to the surgeon and the patient during posterior lumbar spinal instrumentation: a prospective randomized comparison of navigated versus non-navigated freehand techniques. *Spine* 39:1004–1009. <https://doi.org/10.1097/BRS.0000000000000351>
42. Ruatti S, Dubois C, Chipon E, et al (2016) Interest of intra-operative 3D imaging in spine surgery: a prospective randomized study. *Eur Spine J* 25:1738–1744. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-4141-5>

## FIGURES

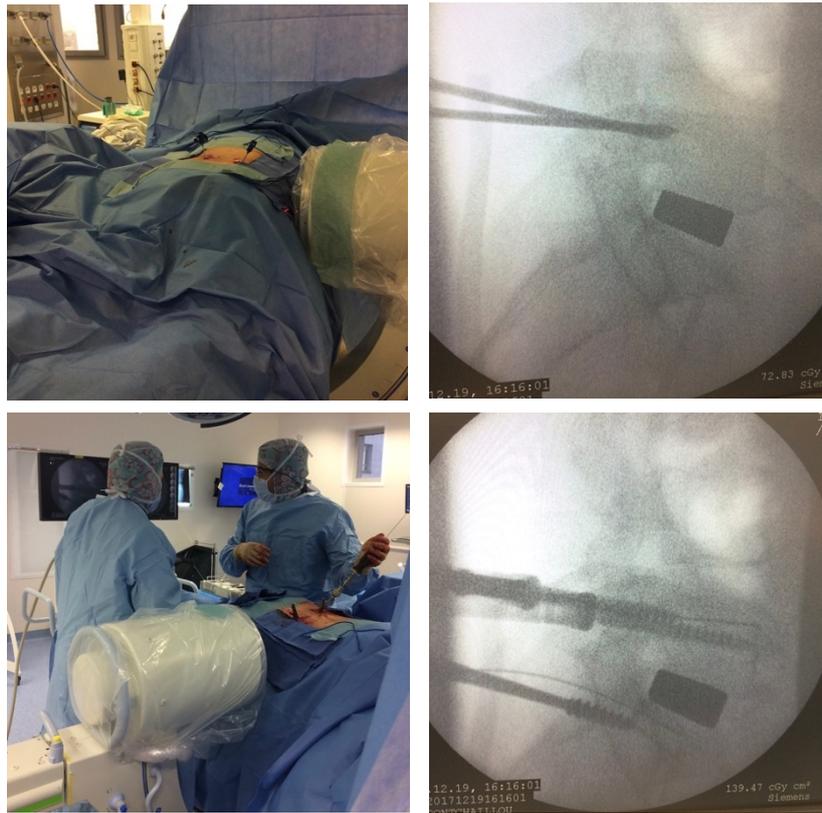


Figure 1 : Visée pédiculaire et mise en place des vis sous contrôles scopiques



Figure 2 : Positionnement des dosimètres passifs (TLD) et actifs (EPD)

**Classification de Gertzbein**

| Grade | Taille de l'effraction pédiculaire (en mm) |
|-------|--|
| 0     | 0 (absence d'effraction)                   |
| 1     | <2   |
| 2     | 2-4  |
| 3     | >4   |
| 4     | >6   |

**Classification de Heary**

| Grade | Effraction pédiculaire   |
|-------|--|
| 1=A   | Absence d'effraction   |
| 2=B   | Latérale mais sans effraction corticale antérieure de l'extrémité de la vis  |
| 3=C   | Antérieure ou latérale de l'extrémité de la vis  |
| 4=D   | Médiale ou inférieure  |
| 5=E   | Effraction nécessitant un changement de position de la vis en raison de la proximité de structure vasculo-nerveuse |

Figure 3 : Classifications du positionnement des vis

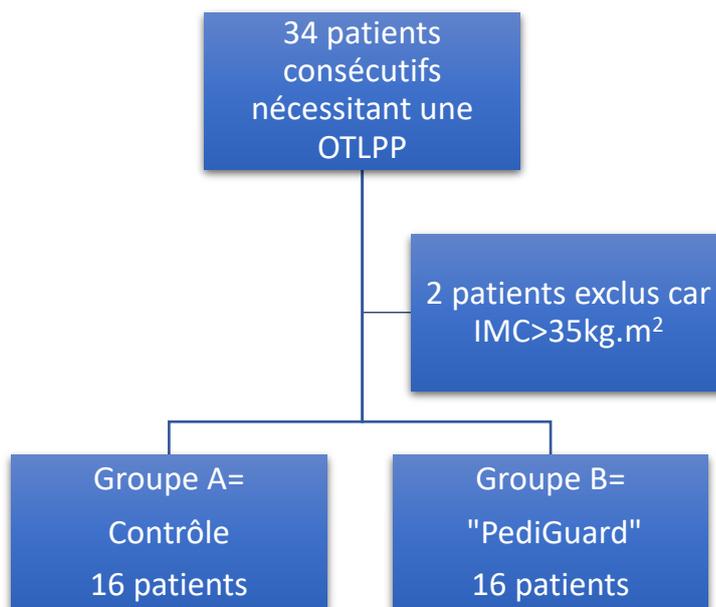


Figure 4 : diagramme de flux des patients inclus

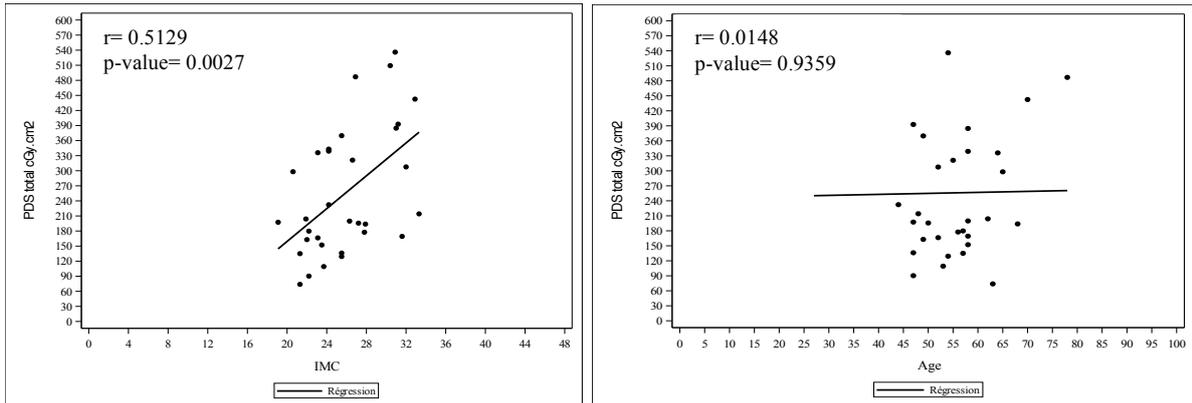


Figure 5 : Corrélation entre l'IMC et le PDS. Corrélation entre l'âge et le PDS

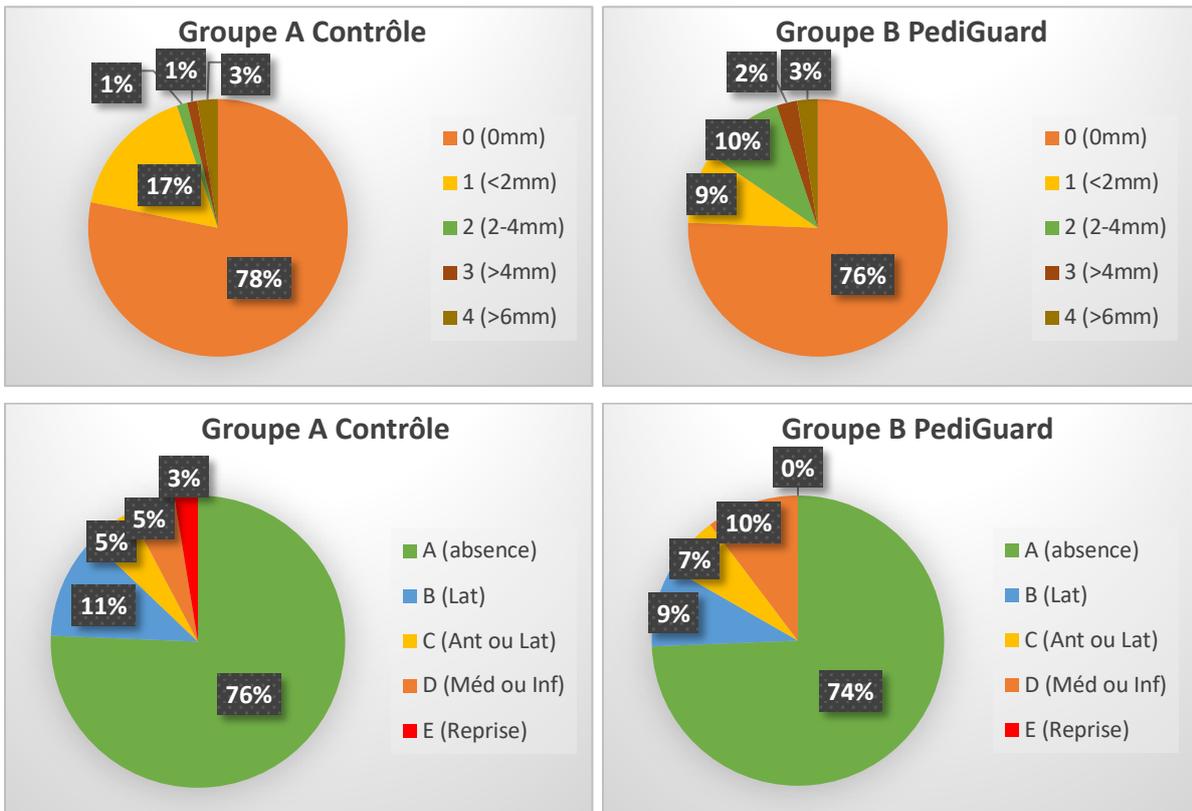


Figure 6 : Classification de Gertzbein et de Heary

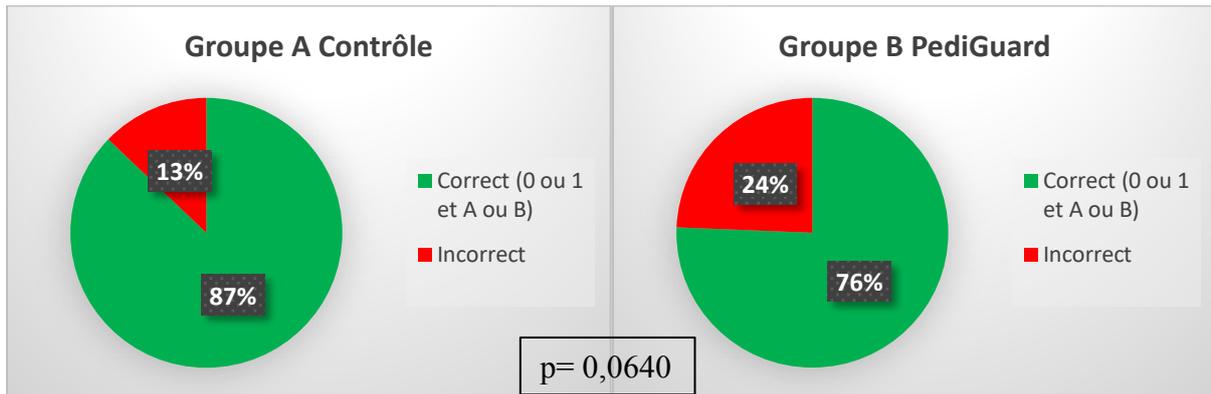


Figure 7 : Classification combinée simplifiée du positionnement des vis

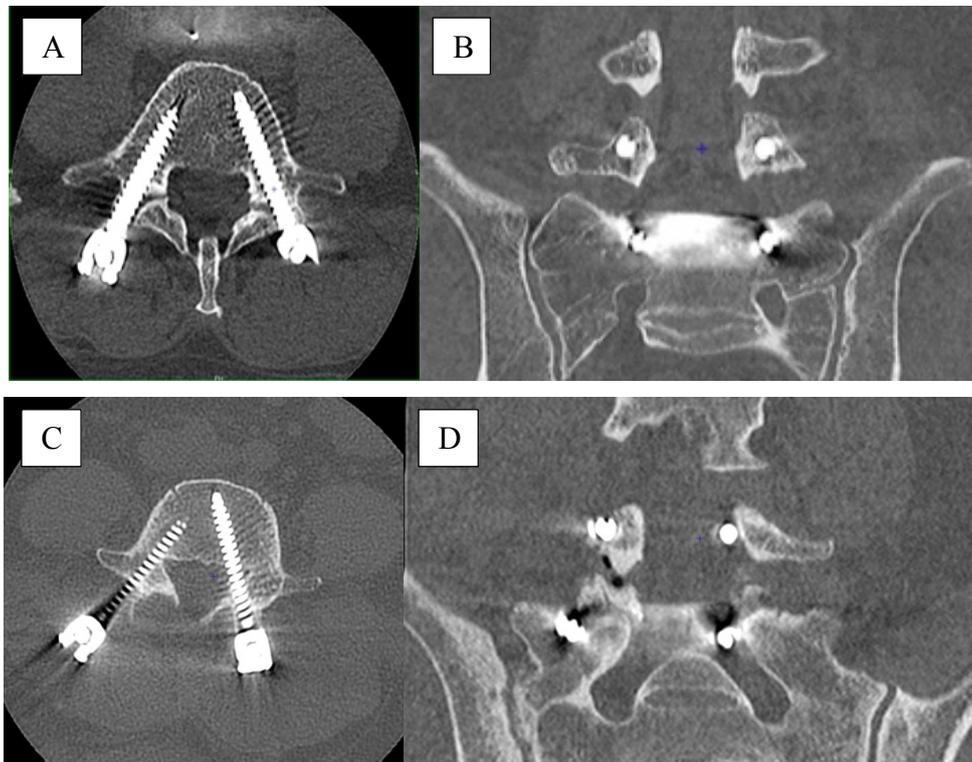


Figure 8 : Coupes TDM axiale et frontale des vis

A et B : vis cotées Heary A et Gertzbein 0

C et D : vis cotées Heary E et Gertzbein 4 nécessitant une reprise

## TABLEAUX

Tableau 1 : Comparaison des groupes

|          | Sexe<br>Homme/Femme | Âge<br>(années) | IMC<br>(kg.m <sup>2</sup> ) | Indication  |          | Nombre de<br>niveaux |              | Niveau opéré |   |    |
|----------|---------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|----------|----------------------|--------------|--------------|---|----|
|          |                     |                 |                             | Dégénératif | Fracture | 1<br>= 4 vis         | 2<br>= 6 vis | TL           | L | LS |
| Groupe A | 9/7                 | 52 (47-78)      | 25,3 (19,1-33,3)            | 15          | 1        | 9                    | 7            | 1            | 8 | 7  |
| Groupe B | 7/9                 | 56 (27-70)      | 26,5 (20,6-32,9)            | 12          | 4        | 9                    | 7            | 3            | 7 | 6  |
| p        | 0,4795              | 0,1928          | 0,3972                      | 0,3326      |          | 1,0000               |              | 0,7795       |   |    |

TL=thoraco-lombaire, L=lombaire, LS=lombo-sacré

Tableau 2 : Résultats. Moyenne, minimum-maximum

|          | PDS<br>broches | PDS total  | PDS broches/<br>vis | PDS<br>total/ vis | Dose<br>Hp 10 | Dose<br>Yeux** | Durée<br>broches | Durée<br>totale | TF<br>broches | TF<br>total |
|----------|----------------|------------|---------------------|-------------------|---------------|----------------|------------------|-----------------|---------------|-------------|
| Groupe A | 147,4          | 230,9      | 31,5                | 48,9              | 0,2           | 12,6           | 31,4             | 72,3            | 0,6           | 0,9         |
| n=16     | 42,5-357,7     | 73,8-536,1 | 10,6-89,3           | 18,2-134          | 0-0,6         | 3,2-36         | 12-58            | 39-118          | 0,2-1,2       | 0,3-1,9     |
| Groupe B | 171,1          | 280,7      | 34,6                | 57,2              | 0,2           | 17,9           | 28,5             | 73,7            | 0,6           | 1,1         |
| n=16     | 60,7-374,3     | 90,3-509,2 | 15,2-62,4           | 22,6-92,5         | 0-0,4         | 5,5-34,5       | 14-41            | 48-97           | 0,3-1,2       | 0,4-1,8     |
| p        | 0,4616         | 0,2206     | 0,2503              | 0,1178            | 0,6624        | 0,0337*        | 0,4808           | 0,8397          | 0,3788        | 0,1720      |

PDS et PDS/vis en cGy.cm<sup>2</sup>, dose Hp10 en mSv, dose yeux en µSv, durée en minutes, temps de fluoroscopie (TF) en minutes

n= nombre de patients

\* différence significative

\*\* n=12 pour le groupe A et n=11 pour le groupe B

Tableau 3: Évaluation du positionnement des vis

|                  | Classification de<br>Gertzbein simplifiée |            | Classification de Heary<br>simplifiée |            | Classification combinée<br>simplifiée |            |
|------------------|---|------------|---------------------------------------|------------|---------------------------------------|------------|
|                  | Correcte                                  | Incorrecte | Correcte                              | Incorrecte | Correcte                              | Incorrecte |
| Groupe A<br>n=78 | 74 (95%)                                  | 4 (5%)     | 68 (87%)                              | 10 (13%)   | 68 (87%)                              | 10 (13%)   |
| Groupe B<br>n=78 | 66 (85%)                                  | 12 (15%)   | 65 (83%)                              | 13 (17%)   | 59 (76%)                              | 19 (24%)   |
| p                | 0,0348                                    |            | 0,4981                                |            | 0,0640                                |            |

n= nombre de vis

**LISTE DES ABREVIATIONS**

|          |   |
|----------|---|
| cGy      | Centigray   |
| CPP      | Comité de Protection des Personnes                        |
| IMC      | Indice de Masse Corporelle                                |
| $\mu$ Sv | Microsievert  |
| mSv      | Millisievert  |
| OTLPP    | Ostéosynthèses Thoraco-Lombaires Postérieures Percutanées |
| PDS      | Produit Dose Surface                                      |

---

**BRYAND, Cyril** . Le taux d'irradiation peropératoire des ostéosynthèses thoraco-lombaires postérieures percutanées peut-il être réduit à l'aide d'un viseur pédiculaire à impédancemétrie ? Une étude prospective, randomisée.

---

40 feuilles, 8 figures , 3 tableaux. 30cm. Thèse : Médecine ; Rennes 1; 2018 ; N° .

---

### Résumé français

**INTRODUCTION** La chirurgie percutanée du rachis connaît un grand essor; son principal inconvénient est l'irradiation répétée du personnel soignant en salle. Pour diminuer ce taux d'irradiation nous avons voulu utiliser un viseur pédiculaire à impédancemétrie (PediGuard ; SpineGuard®). Le but de cette étude était d'évaluer le taux d'irradiation per-opératoire des ostéosynthèses thoraco-lombaires postérieures percutanées (OTLPP) réalisées avec le PediGuard par rapport au gold standard (visée à main levée). **MATERIEL ET METHODES** Nous avons réalisé une étude prospective, randomisée, monocentrique, mono opérateur, menée entre septembre 2017 et avril 2018 au sein des Hôpitaux Universitaires de Rennes. Le produit dose surface (PDS) en cGy.cm<sup>2</sup> était relevé à la fin de la visée pédiculaire et en fin d'intervention. Un scanner post-opératoire a été réalisé pour étudier le positionnement des vis pédiculaires. **RESULTATS** Au total, 16 patients par groupe ont été inclus. Les groupes étaient comparables. Les PDS moyens à la fin des visées pédiculaires et en fin d'intervention étaient respectivement de 147,4 cGy.cm<sup>2</sup> et 230,9 cGy.cm<sup>2</sup> dans le groupe contrôle et de 171,1 cGy.cm<sup>2</sup> et 280,7 cGy.cm<sup>2</sup> dans le groupe PediGuard (p> 0,05). Le placement des vis était comparable dans les 2 groupes. **CONCLUSION** Cette étude n'a pas permis de montrer une diminution du taux d'irradiation peropératoire avec l'utilisation du PediGuard. Elle confirme la corrélation du taux d'irradiation avec l'augmentation de l'indice de masse corporelle (IMC).

---

Rubrique de classement : ORTHOPEDIE

---

Mots-clés : Irradiation, produit dose surface, PDS, viseur pédiculaire à impédancemétrie, ostéosynthèse percutanée, chirurgie du rachis, radioprotection.

---

Mots-clés anglais MeSH : pedicle screw fixation, radiation exposure, fluoroscopy, electronic conductivity device, PediGuard, percutaneous, Dose Area Product, DAP, percutaneous spine surgery, percutaneous posterior spinal fusion

---

JURY :

Président : Pr THOMAZEAU Hervé, PU-PH de Chirurgie Orthopédique, CHU RENNES

Assesseurs : Pr HUTEN Denis, PU-PH de Chirurgie Orthopédique, CHU RENNES

Pr ROPARS Mickaël, PU-PH de Chirurgie Orthopédique, CHU RENNES

Pr VIOLAS Philippe, PU-PH de Chirurgie Pédiatrique, CHU RENNES

Dr CHATELLIER Patrick, PH de Chirurgie Orthopédique, CHU RENNES

Directeur de thèse :Dr LEBHAR Jonathan, PHC de Chirurgie Orthopédique, CH RENNES

---