

## Faculté de Médecine

Année 2023

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

le 27 octobre 2023

Par Ernest Siret

**Étude préliminaire de l'impact du type de verrouillage distal  
(statique ou dynamique) sur la survenue de déplacement  
secondaire des fractures de l'extrémité supérieure du fémur traitées  
pas clou centromédullaire court dans une population de plus de 65  
ans**

Thèse dirigée par le Dr Jeremy Hardy

Examineurs :

M. le Professeur Christian Mabit  
M. le Professeur-Pierre Sylvain Marcheix  
M. le Professeur Aymeric Rouchaud  
M. le Docteur Jeremy Hardy  
M. le Professeur Xavier Flecher

président et juge  
juge  
juge  
directeur et juge  
membre invité





## Faculté de Médecine

Année 2023

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Médecine

Présentée et soutenue publiquement

Le 27 octobre 2023

Par Ernest Siret

**Étude préliminaire de l'impact du type de verrouillage distal (statique ou dynamique) sur la survenue de déplacement secondaire des fractures de l'extrémité supérieure du fémur traitées pas clou centromédullaire court dans une population de plus de 65 ans**

Thèse dirigée par le Dr Jeremy Hardy

Examineurs :

M. le Professeur Christian Mabit  
M. le Professeur-Pierre Sylvain Marcheix  
M. le Professeur Aymeric Rouchaud  
M. le Docteur Jeremy Hardy  
M. le Professeur Xavier Flecher

président et juge  
juge  
juge  
directeur et juge  
membre invité



**Doyen de la Faculté**

Monsieur le Professeur **Pierre-Yves ROBERT**

**Assesseurs**

Madame le Professeur **Marie-Cécile PLOY**

Monsieur le Professeur **Jacques MONTEIL**

Madame le Professeur **Marie-Pierre TEISSIER-CLEMENT**

Monsieur le Professeur **Laurent FOURCADE**

**Professeurs des Universités - Praticiens Hospitaliers**

<b>ABOYANS</b> Victor	CARDIOLOGIE
<b>ACHARD</b> Jean-Michel	PHYSIOLOGIE
<b>AJZENBERG</b> Daniel	PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE
<b>ALAIN</b> Sophie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
<b>AUBARD</b> Yves	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
<b>AUBRY</b> Karine	O.R.L.
<b>BALLOUHEY</b> Quentin	CHIRURGIE INFANTILE
<b>BERTIN</b> Philippe	THERAPEUTIQUE
<b>CAIRE</b> François	NEUROCHIRURGIE
<b>CHARISSOUX</b> Jean-Louis	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
<b>CLAVERE</b> Pierre	RADIOTHERAPIE
<b>CLEMENT</b> Jean-Pierre	PSYCHIATRIE D'ADULTES
<b>CORNU</b> Elisabeth	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE
<b>COURATIER</b> Philippe	NEUROLOGIE
<b>DAVIET</b> Jean-Christophe	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
<b>DESCAZEAUD</b> Aurélien	UROLOGIE

<b>DES GUETZ</b> Gaëtan	CANCEROLOGIE
<b>DRUET-CABANAC</b> Michel	MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL
<b>DURAND-FONTANIER</b> Sylvaine	ANATOMIE (CHIRURGIE DIGESTIVE)
<b>FAUCHAIS</b> Anne-Laure	MEDECINE INTERNE
<b>FAUCHER</b> Jean-François	MALADIES INFECTIEUSES
<b>FAVREAU</b> Frédéric	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
<b>FEUILLARD</b> Jean	HEMATOLOGIE
<b>FOURCADE</b> Laurent	CHIRURGIE INFANTILE
<b>GAUTHIER</b> Tristan	GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE
<b>GUIGONIS</b> Vincent	PEDIATRIE
<b>HANTZ</b> Sébastien	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
<b>HOUETO</b> Jean-Luc	NEUROLOGIE
<b>JACCARD</b> Arnaud	HEMATOLOGIE
<b>JACQUES</b> Jérémie	GASTRO-ENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE
<b>JAUBERTEAU-MARCHAN</b> M. Odile	IMMUNOLOGIE
<b>JESUS</b> Pierre	NUTRITION
<b>JOUAN</b> Jérôme	CHIRURGIE THORACIQUE ET VASCULAIRE
<b>LABROUSSE</b> François	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
<b>LACROIX</b> Philippe	MEDECINE VASCULAIRE
<b>LAROCHE</b> Marie-Laure	PHARMACOLOGIE CLINIQUE
<b>LIENHARDT-ROUSSIE</b> Anne	PEDIATRIE
<b>LOUSTAUD-RATTI</b> Véronique	HEPATOLOGIE
<b>LY</b> Kim	MEDECINE INTERNE
<b>MABIT</b> Christian	ANATOMIE
<b>MAGNE</b> Julien	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
<b>MAGY</b> Laurent	NEUROLOGIE

<b>MARCHEIX</b> Pierre-Sylvain	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
<b>MARIN</b> Benoît	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
<b>MARQUET</b> Pierre	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE
<b>MATHONNET</b> Muriel	CHIRURGIE DIGESTIVE
<b>MELLONI</b> Boris	PNEUMOLOGIE
<b>MOHTY</b> Dania	CARDIOLOGIE
<b>MONTEIL</b> Jacques	BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE
<b>MOUNAYER</b> Charbel	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
<b>NATHAN-DENIZOT</b> Nathalie	ANESTHESIOLOGIE-REANIMATION
<b>NUBUKPO</b> Philippe	ADDICTOLOGIE
<b>OLLIAC</b> Bertrand	PEDOPSYCHIATRIE
<b>PARAF</b> François	MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE
<b>PLOY</b> Marie-Cécile	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
<b>PREUX</b> Pierre-Marie	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
<b>ROBERT</b> Pierre-Yves	OPHTALMOLOGIE
<b>ROUCHAUD</b> Aymeric	RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE
<b>SALLE</b> Jean-Yves	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
<b>STURTZ</b> Franck	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
<b>TCHALLA</b> Achille	GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT
<b>TEISSIER-CLEMENT</b> Marie-Pierre	ENDOCRINOLOGIE, DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES
<b>TOURE</b> Fatouma	NEPHROLOGIE
<b>VALLEIX</b> Denis	ANATOMIE
<b>VERGNENEGRE</b> Alain	EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION
<b>VERGNE-SALLE</b> Pascale	THERAPEUTIQUE

<b>VIGNON</b> Philippe	REANIMATION
<b>VINCENT</b> François	PHYSIOLOGIE
<b>YARDIN</b> Catherine	CYTOLOGIE ET HISTOLOGIE

**Professeurs Associés des Universités à mi-temps des disciplines médicales**

<b>BRIE</b> Joël	CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE
<b>KARAM</b> Henri-Hani	MEDECINE D'URGENCE
<b>MOREAU</b> Stéphane	EPIDEMIOLOGIE CLINIQUE

**Maitres de Conférences des Universités – Praticiens Hospitaliers**

<b>BOURTHOUMIEU</b> Sylvie	CYTOLOGIE ET HISTOLOGIE
<b>COUVE-DEACON</b> Elodie	BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE
<b>DELUCHE</b> Elise	CANCEROLOGIE
<b>DUCHESNE</b> Mathilde	ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES
<b>DURAND</b> Karine	BIOLOGIE CELLULAIRE
<b>ESCLAIRE</b> Françoise	BIOLOGIE CELLULAIRE
<b>FAYE</b> Pierre-Antoine	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
<b>FREDON</b> Fabien	ANATOMIE/CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
<b>LALOZE</b> Jérôme	CHIRURGIE PLASTIQUE
<b>LE GUYADER</b> Alexandre	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE
<b>LIA</b> Anne-Sophie	BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE
<b>RIZZO</b> David	HEMATOLOGIE
<b>TERRO</b> Faraj	BIOLOGIE CELLULAIRE
<b>WOILLARD</b> Jean-Baptiste	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE

**P.R.A.G.**

<b>GAUTIER</b> Sylvie	ANGLAIS
-----------------------	---------





**Assistants Hospitaliers Universitaires**

<b>APPOURCHAUX</b> Evan	ANATOMIE CHIRURGIE DIGESTIVE
<b>BUSQUET</b> Clémence	HEMATOLOGIE
<b>HAZELAS</b> Pauline	BIOCHIMIE
<b>DUPONT</b> Marine	HEMATOLOGIE BIOLOGIQUE
<b>DURIEUX</b> Marie-Fleur	PARASITOLOGIE
<b>LABRIFFE</b> Marc	PHARMACOLOGIE
<b>LADES</b> Guillaume	BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE
<b>LOPEZ</b> Stéphanie	MEDECINE NUCLEAIRE
<b>MARTIN ép. DE VAULX</b> Laury	ANESTHESIE REANIMATION
<b>MEYER</b> Sylvain	BACTERIOLOGIE VIROLOGIE HYGIENE
<b>MONTMAGNON</b> Noëlie	ANESTHESIE REANIMATION
<b>PASCAL</b> Virginie	IMMUNOLOGIE CLINIQUE
<b>PLATEKER</b> Olivier	ANESTHESIE REANIMATION
<b>ROUX-DAVID</b> Alexia	ANATOMIE CHIRURGIE DIGESTIVE

**Chefs de Clinique – Assistants des Hôpitaux**

<b>ALBOUYS</b> Jérémie	HEPATO GASTRO ENTEROLOGIE
<b>ARGOULON</b> Nicolas	PNEUMOLOGIE
<b>ASLANBEKOVA</b> Natella	MEDECINE INTERNE
<b>AVRAM</b> Ioan	NEUROLOGIE VASCULAIRE
<b>BEAUJOUAN</b> Florent	CHIRURGIE UROLOGIQUE
<b>BERRAHAL</b> Insaf	NEPHROLOGIE
<b>BLANQUART</b> Anne-Laure	PEDIATRIE (REA)
<b>BOGEY</b> Clément	RADIOLOGIE
<b>BONILLA</b> Anthony	PSYCHIATRIE

<b>BOSCHER</b> Julien	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
<b>CAUDRON</b> Sébastien	RADIOLOGIE
<b>CAYLAR</b> Etienne	PSYCHIATRIE ADULTE
<b>CENRAUD</b> Marie	NEUROLOGIE
<b>CHAUBARD</b> Sammara	HEMATOLOGIE
<b>CHAUVET</b> Romain	CHIRURGIE VASCULAIRE
<b>CHROSCIANY</b> Sacha	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
<b>CURUMTHAULEE</b> Faiz	OPHTALMOLOGIE
<b>DARBAS</b> Tiffany	ONCOLOGIE MEDICALE
<b>DESCHAMPS</b> Nathalie	NEUROLOGIE
<b>DESCLEE de MAREDSOUS</b> Romain	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE
<b>DOUSSET</b> Benjamin	CARDIOLOGIE
<b>DUPIRE</b> Nicolas	CARDIOLOGIE
<b>FESTOU</b> Benjamin	MALADIES INFECTIEUSES ET TROPICALES
<b>FIKANI</b> Amine	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE
<b>FORESTIER</b> Géraud	RADIOLOGIE
<b>GEYL</b> Sophie	GASTROENTEROLOGIE
<b>GIOVARA</b> Robin	CHIRURGIE INFANTILE
<b>GUILLAIN</b> Lucie	RHUMATOLOGIE
<b>LAGOUEYTE</b> Benoit	ORL
<b>LAUVRAY</b> Thomas	PEDIATRIE
<b>LEMNOS</b> Leslie	NEUROCHIRURGIE
<b>MAURIANGE TURPIN</b> Gladys	RADIOTHERAPIE
<b>MOHAND O'AMAR ép. DARI</b> Nadia	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
<b>PARREAU</b> Simon	MEDECINE INTERNE

<b>PIRAS</b> Rafaela	MEDECINE D'URGENCE
<b>RATTI</b> Nina	MEDECINE INTERNE
<b>ROCHER</b> Maxime	OPHTALMOLOGIE
<b>SALLEE</b> Camille	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
<b>SANCHEZ</b> Florence	CARDIOLOGIE
<b>SEGUY ép. REBIERE</b> Marion	MEDECINE GERIATRIQUE
<b>SERY</b> Arnaud	ORL
<b>TARDIEU</b> Antoine	GYNECOLOGIE OBSTETRIQUE
<b>THEVENOT</b> Bertrand	PEDOPSYCHIATRIE
<b>TORDJMAN</b> Alix	GYNECOLOGIE MEDICALE
<b>TRICARD</b> Jérémy	CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE MEDECINE VASCULAIRE
<b>VAIDIE</b> Julien	HEMATOLOGIE CLINIQUE
<b>VERNAT-TABARLY</b> Odile	OPHTALMOLOGIE

### **Chefs de Clinique – Médecine Générale**

<b>BOURGAIN</b> Clément
<b>HERAULT</b> Kévin
<b>RUDELLE</b> Karen

### **Praticiens Hospitaliers Universitaires**

<b>CHRISTOU</b> Niki	CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE
<b>COMPAGNAT</b> Maxence	MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION
<b>HARDY</b> Jérémie	CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE
<b>LAFON</b> Thomas	MEDECINE D'URGENCE
<b>SALLE</b> Henri	NEUROCHIRURGIE

## Remerciements

---

À notre Maître, et Président du jury,

Monsieur le Professeur Mabit.

Professeur des Universités de Limoges en Anatomie.

*Nous sommes sensibles à l'honneur que vous nous avez fait en président ce jury. Vos connaissances anatomiques forcent l'admiration.*

À notre Maître et juge

Monsieur le Professeur Pierre-Sylvain MARCHEIX,

Professeur des Universités

Chirurgie Orthopédique et Traumatologique Chef de Service CHU de Limoges

*Merci d'avoir accepté de faire partie du jury, ta rigueur et ton exigence dans la prise en charge des patients est un exemple pour nous tous.*

À notre Maître et juge, le Professeur Aymeric Rouchaud,

Professeur des Universités de Limoges

Radiologue et neuroradiologue interventionnel

*Merci d'avoir accepté de faire partie de mon jury, je me rappellerai toujours votre accueil chaleureux, lors de ma première année d'internat.*

À notre Directeur de thèse et juge, le Docteur Jeremy Hardy

Chirurgien orthopédiste et traumatologique au CHU de Limoges

*Merci d'avoir dirigé cette thèse de m'avoir soutenu et encouragé à faire cet imposant recueil alors que je pensais que ce n'était pas possible. Tes connaissances chirurgicales, et ta polyvalence m'impressionnent énormément.*

À notre Maître et juge le Pr Xavier Flecher,

Professeur des universités d'Aix-Marseille

Chef du Service de chirurgie orthopédique et traumatologique de l'hôpital Nord de Marseille

*Votre pragmatisme et votre pédagogie dès les premiers jours ont été la promesse d'un véritable compagnonnage chirurgical. Merci pour vos enseignements chirurgicaux.*

A mes amis :

Celui du tout début Clément, qui aurait pu croire que d'une bataille d'eau en CM2 nous irions jusqu'à la faculté de médecine.

Aux Dijonnais Geoffrey, Pablo, Pierre, Hugues, Antoine, que d'aventures passées ensemble, ces choses que l'on peut à peine raconter, les voyages en van à 70km/h, les voyages dans des destinations parfois très originales.

Camille, Paul, Vianney, Etienne, Valentin à votre bonne humeur inébranlable, votre humour que je redécouvre à chaque fois que l'on se croise, en espérant vous croiser plus souvent.

A Antoine que je remercie deux fois, une fois pour son amitié, une deuxième fois pour son aide précieuse dans l'accomplissement de ce travail.

A mes amis de Limoges Adrien et Marwan (ordre alphabétique ne vous battez pas), pour tous nos moments à Limoges et ailleurs. Pour cette colocation qui est un souvenir d'une douceur impérissable. Pour les pantacourts et les pulls rayés, des grands prix de formule 1 aux mers les plus poissonneuses, beaucoup d'aventure à vivre encore. « Vieille amitié ne craint pas la rouille »

A Guillaume, merci de m'avoir réveillé en première année, la vision de ta tête coiffée d'un drôle de chapeau reste dans ma mémoire comme la première image de toi. J'ai le sentiment que nos plus grandes aventures sont à venir.

A Sacha merci pour la finesse de ton trait et tes illustrations qui ornent ma thèse, elles sont connues de Marseille à l'Italie mais ton nom reste inconnu pour l'instant. A nos parties de pêches et de chasse sous-marine, 2024 sera je l'espère la saison de pêche à la mouche que nous souhaitons avoir depuis 4 ans.

A Julien merci de faire en sorte que tous les internes se sentent chez eux et en famille dans le service, ta générosité est sans limite et n'a d'égal que ton pragmatisme traumatologique. Merci pour tous les blocs passés ou tu m'as accompagné et pour tous ceux à venir.

A Jean Philippe travailler avec toi est un plaisir de chaque instant, j'ai appris avec toi que le bloc opératoire s'apparente au cockpit d'un avion qui va s'écraser la communication est la clef. Vivement les prochains multiligs.

A Romain l'homme de culture amateur de disco/funk, de montre, de bon vin, la première classe du TER Paris Limoges s'en rappelle encore.

A Adrien tu m'as sans aucune hésitation transmis tes données de thèse, preuve de ta générosité.

A Timothé merci d'avoir été là pour nous durant le stage en chirurgie pédiatrique, de nous avoir chapoté et de nous avoir aidé à devenir meilleur.

A Pierre tu es un exemple de travail et de rigueur, aucun chirurgien n'a la tête plus dure que la tienne ! Quel est le prochain DU ? J'attends autant du DU que des trajets en train.

A Thibaut, chemise impeccable, café, casquette de la CGT et c'est parti pour une belle journée !

A Raphael ton amour pour les bonnes choses, et ta générosité m'avaient enchanté dès la semaine de pré-rentree, et nous partageons toujours les mêmes choses 4 ans plus tard, avec encore plus d'enthousiasme.

A Cyril et Caroline indissociable dans mon esprit et dans la vie. Vivement l'Aïoli 2023.

A Mika toujours présent toujours partant, pour aller au Mumbai Gym club ou boire verre. Il va falloir reprendre les concours de traction.

A Léa maintenant en exile à Nantes, tu m'as fait découvrir Limoges, et tu as grandement facilité mon intégration. On finira peut-être par aller à Lyon ou au Portugal un jour si aucune épidémie ne se met en travers de notre route.

A Eddy la machine fort comme un bœuf endurant comme un lévrier, on va attaquer notre troisième semestre ensemble, pour une saison hivernale de préparation à la compétition je l'espère !

A Valentin ma petite beauté, merci de m'avoir rappelé que la daptomycine était inactivée par le surfactant pulmonaire, tolérance zéro sur les anticoagulants ! Il nous restera toujours l'humour.

A Mathieu tu peux être fier de ce travail, ton sacrifice pour les visites a porté ses fruits, tu as été un co-interne exemplaire, alliant travail générosité et bonne humeur.

A Maxime je suis ravi d'avoir fait ta connaissance lors de mon passage en vasculaire, nous serons bientôt voisins pour le meilleur et pour le pire.

A Pierre Felix, râleur mais juste, passionné et lève tôt, aussi passionné au travail qu'en cuisine.

A Thibaut le Marseillais dit la vis, passe le bonjour à Safia. J'ai hâte de partager à nouveau un bureau avec toi !

A Cynthia ta gentillesse dans cet univers un peu brutal est réconfortante.

A Théo et Victor, les maitres de la consultation bientôt 100 par jour. Hâte de revenir et de pouvoir travailler avec vous dans la bonne humeur et l'humour qui vous sont propres.

A Nicolas merci pour tout, de l'hébergement aux soins que tu as apportés à mes plantes, j'espère vivre encore de nombreuses aventures avec toi. Je t'ai mis en dernier car tu sais que je suis rancunier mais tu fais partie des vrais et de ceux qui je l'espère seront toujours là.

Merci à l'ensemble des équipes des blocs opératoire et des services :

Martine, Aline, Séverine, Cathy, Cécile, Sylvie, Claire, Émilie, Marie, Yohann, Nico, Julien, Gaëtan merci de votre aide précieuse et de vos partages d'expériences vous nous apprenez beaucoup. Merci également d'être avec nous le jour et la nuit dans la bonne humeur 99% du temps.

Remerciement spécial à Martine on a sans doute brisé la glace sur une histoire de perroquet en salle 17 une fois la lumière rallumée. Merci de ta bienveillance et de ton écoute.

Merci à Charlotte Clarisse et Pauline de faire preuve de patience avec les internes que vous voyez défiler tous les 6 mois à la Timone. Merci d'avoir été là à mon arrivée et de m'avoir aidé autant.

Aux chirurgiens et médecins de limoges et d'ailleurs :

Au Dr Bedin, Dr Kheder, Dr Vaysse-Vic, Dr Collin, Dr Ntibatumakamwe et à l'ensemble de l'équipe de Brive la Gaillarde à Manu spécialement. Vous m'avez accueilli et accompagné dans une ambiance conviviale sans pareil. Vous m'avez également fait confiance et permis d'apprendre énormément à vos côtés je serais toujours reconnaissant envers vous.

Au Pr Ballouhey merci d'avoir été un soutien infaillible durant notre stage, d'avoir été pédagogue et patient. Ton calme et ton rationnelle en toute circonstance sont un exemple. On ne fait pas tous les jours de sortie natation/vélo/voir volley avec un professeur, merci pour tous ces moments.

Au Dr Mihluedo, heureusement que les questions s'adressent aux externes. Merci de m'avoir fait confiance et de m'avoir beaucoup appris.

Au Dr Pesteil dont la connaissance des dossiers médicaux des patients est sans égal, « tire relâche tire relâche c'est toujours la même chose »

Aux chirurgiens et médecins marseillais :

Au Pr Argenson qui m'a accueilli à Marseille.

Au Pr Ollivier qui rentrera un jour au bloc avec « cowboy from hell » en fond musical.

Au Pr Flecher qui m'a convaincu en une fraction de seconde que les palmes en carbone étaient nécessaires à ma sécurité. Et qui a accepté sans aucune hésitation de juger ce travail.

Au Dr Pinelli à cette soirée au cercle des nageurs à la fois pleine de philosophie et d'enseignement.

Au Dr Jacquet qui m'a fait faire ma première PTH et la route des crêtes.

Au Dr Fabre-Aubrespy pour l'ablation de matériel d'ostéosynthèse à la fois la plus drôle et la plus difficile. Pour cette chasse aux sars extrêmement prolifique aux îles du Frioul.

Au Dr Ambrosino qui m'a impressionné par sa facilité chirurgicale sur les fractures les plus complexes. Merci pour toutes ces gardes et tous ces rires, tu égayeras à toi seul les gardes de la Timone.



Au Dr Guy pour sa pédagogie et la qualité de ses schémas sur Paint.

À Glauco Loddo le petit rital, tu n'es pas nul à la chasse il faut du temps simplement. A cette amitié transalpine forte, on ira en Sardaigne je le promets !

À ma famille :

À ma grand-mère et à mon oncle qui auraient été très fiers de moi aujourd'hui.

À ma mère qui me soutient depuis le tout premier jour.

À mes frères Nicolas et Gregory avec qui j'ai grandi, que je retrouve toujours avec un plaisir immense, mais pas assez fréquemment à mon goût. On ira un jour pêcher en Argentine

À Capucine et Manon quel courage de supporter mes frères.

À mes neveux Antonin Léandre et Auguste qui grandissent bien trop vite.

À Jade qui m'a soutenu durant la rédaction de cette thèse, qui m'a rendu visite à Marseille et dire que tu pensais que je voulais que tu me ramène du champagne ...

## Droits d'auteurs

---

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



## Liste des abréviations

---

ASA : American Society of anesthesiologists

CLIN : Comité de Lutte des Infections Nosocomiales

IMC : Indice de masse corporel

TLH : Tip length of Head fixation device

TAD : Tip Apex Distance

## Table des matières

---

I. Introduction.....	25
I.1. Généralités .....	25
I.2. Histoire de l'ostéosynthèse intramédullaire .....	26
I.3. L'ère moderne.....	28
I.4. Consolidation osseuse et environnement mécanique .....	30
I.5. Conséquences et causes des protrusions de matériel .....	32
I.6. Problématiques et objectifs de ce travail .....	35
II. Matériel et méthode.....	37
II.1. Comité d'éthique.....	37
II.2. Recherche bibliographique .....	37
II.3. Design de l'étude .....	37
II.4. Critères d'inclusions.....	37
II.5. Extraction des données .....	38
II.6. Radiographies exploitées au cours de l'étude et mesures effectuées .....	39
II.6.1. Verrouillage Distal :.....	39
II.6.2. Mesure du TAD :.....	40
II.6.3. Mesure du glissement de la vis :.....	41
II.6.4. Évaluation de la qualité de la réduction .....	42
II.6.5. Statut ostéoporotique :.....	43
II.6.6. Classification AO.....	44
II.7. Ostéosynthèse des fractures de l'extrémité supérieure du fémur .....	44
II.8. Exploitation des données.....	45
II.8.1. Critère de jugement principal .....	45
II.8.2. Analyse statistique du critère de jugement principal.....	45
II.8.2.1. Calcul du nombre de sujet nécessaire .....	46
II.8.3. Critères de jugement secondaire .....	46
II.8.3.1. Analyses statiques portant sur les caractéristiques des deux groupes.....	47
III. Résultats .....	50
III.1. Inclusion des patients .....	50
III.2. Analyse statistique descriptive.....	51
III.2.1. Description générale .....	51
III.2.2. Description radiologique .....	55
III.3. Déplacement secondaire .....	58
III.3.1. Comparaison de la population ayant présenté l'évènement protrusion à la population indemne de l'évènement .....	58
III.4. Analyse statistique sur les critères secondaires :.....	61
III.4.1. Modification du TAD en fonction du type de verrouillage.....	61
III.4.2. Influence du type de verrouillage sur la survie.....	63
III.4.3. Analyse du glissement de la vis et du risque de protrusion .....	64
IV. Discussion.....	67
IV.1.1. Protrusion et verrouillage dynamique distal.....	67
IV.1.2. Modification du TAD selon le type de verrouillage .....	67
IV.1.3. Type de verrouillage et survie des patients .....	68
IV.1.4. Glissement de la vis céphalique et protrusion .....	68

IV.1.5. Déplacement secondaire et type de fracture .....	69
IV.2. Limites de notre étude.....	69
Conclusion.....	71
References bibliographiques.....	72
Serment d'Hippocrate.....	76

## Table des illustrations

---

Figure 1 : illustration de la vascularisation de la tête fémorale.....	25
Figure 2 : traitement d'une fracture cervicale par héli-arthroplastie, et d'une fracture massif trochantérien par enclouage.....	26
Figure 3 : enclouage fasciculé selon la technique de Ender.....	27
Figure 4 : illustration de la technique opératoire du clou en Y de Küntscher.....	28
Figure 5 : utilisation standard du clou de Grosse et Kempf à gauche, et son utilisation inversée.....	29
Figure 6 : prototype du clou gamma.....	30
Figure 7 : force s'appliquant sur les fractures : A force de compression ; B force de cisaillement ; C force de traction ; D force de rotation ; E force de compression ; F force de cisaillement ; G force de traction ; H force de rotation .....	31
Figure 8 : illustration des forces s'exerçant sur une fracture per trochantérienne.....	32
Figure 9 : radiographie montrant la protrusion de la vis au sein de l'articulation coxofémoral .....	33
Figure 10 : Tip Apex Distance (TAD) .....	34
Figure 11 : illustration du glissement de la vis céphalique .....	34
Figure 12 : chronologie de l'acquisition des données .....	38
Figure 13 : illustration du type de verrouillage distal en rouge le verrouillage dynamique en vert le statique.....	40
Figure 14 : mesure Tip Apex Distance (TAD) .....	40
Figure 15: mesure du glissement.....	41
Figure 16 : illustration du support cortical.....	42
Figure 17 : illustration du support cortical médial.....	43
Figure 18 : extrait de "A review of Conventional and Novel for Osteoporotic Hip Replacements" Bioengineering volume 10 (40) .....	43
Figure 19 : illustration de la classification AO(41) .....	44
Figure 20 : flowchart.....	50
Figure 21 : répartition du score ASA entre le groupe statique et dynamique.....	53
Figure 22 : description de la population selon la classification de Singh .....	54
Figure 23 : distribution des patients en fonction de leurs fractures.....	56
Figure 24 : distribution du TAD dans les groupes dynamique (A) et statique (B) .....	57

## Table des tableaux

---

Tableau 1 : Exploitation des variables.....	47
Tableau 2 : Description générale de la population .....	51
Tableau 3 : description radiologique de la population .....	55
Tableau 4 : survenue du critère de jugement principal .....	58
Tableau 5 : comparaison de la population n'ayant pas présenté l'évènement protrusion avec les patients ayant présenté l'évènement protrusion .....	59
Tableau 6 : analyses bivariées de la modification du TAD en fonction du type de verrouillage .....	61
Tableau 7 : analyses multivariées de la modification du TAD en fonction du type de verrouillage.....	62
Tableau 8 : analyses bivariées de la survie en fonction du type de verrouillage .....	63
Tableau 9 : analyses multivariées de la survie en fonction du type de verrouillage .....	64
Tableau 10 analyses bivariées du risque de protrusion en fonction du glissement de la vis.	64
Tableau 11 analyses multivariées du risque de protrusion en fonction du glissement de la vis .....	66



# I. Introduction

---

## I.1. Généralités

Les fractures de l'extrémité supérieure du fémur sont une conséquence grave des chutes des personnes âgées. Ces fractures surviennent au cours d'un traumatisme à basse énergie sur terrain ostéoporotique.

Le nombre de fracture de ESF augmente plus rapidement que le vieillissement de la population, cette augmentation concerne surtout les fractures extra-capsulaires(1). Le coût moyen d'une hospitalisation pour une fracture de l'extrémité supérieur du fémur s'élève à 9296 euros(2), avec une incidence attendue de 143 000 fractures de hanche par an en 2050(3). La prise en charge optimale de ces fractures est un enjeu médico-économique grandissant.

La première classification qui visait à orienter la thérapeutique au cours de fracture de l'extrémité proximale du fémur fut publiée en 1819 par A.Cooper(4), qui les divisa en fracture du fémur intra-capsulaire dont la consolidation était impossible et extra-capsulaire qui elles pouvaient consolider spontanément. L'explication de ce phénomène fut attribuée à Cruveilhier, entre 1829 et 1842 qui liait les déformations de la tête fémorale consécutives aux fractures du col fémoral à une atteinte vasculaire, hypothèse qui sera confirmée par Kragelund puis Konig en 1886 et 1888(5).



Figure 1 : illustration de la vascularisation de la tête fémorale

Basé sur ces études, nous savons maintenant que les fractures cervicales entraînent un risque important de nécrose de la tête fémorale raison pour laquelle le traitement privilégié est l'arthroplastie. Par contre, les fractures du massif trochantérien n'engendrent pas de risque d'ostéonécrose et peuvent être ostéosynthésées, un des moyens d'ostéosynthèse étant le clou centromédullaire sur lequel porte notre étude.

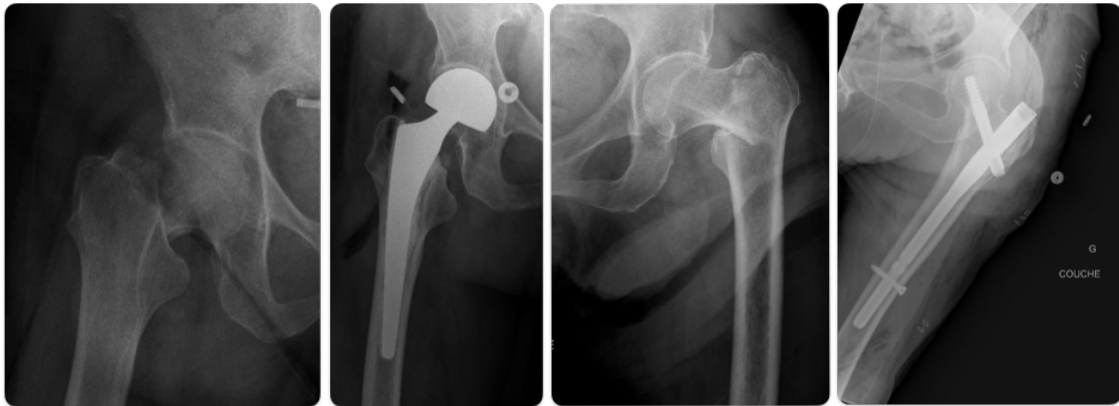


Figure 2 : traitement d'une fracture cervicale par hémi-arthroplastie, et d'une fracture massif trochantérien par enclouage

## I.2. Histoire de l'ostéosynthèse intramédullaire

Il est difficile d'attribuer à un chirurgien le premier enclouage centromédullaire. En effet les Aztèques réalisaient déjà des interventions consistant à placer à l'intérieur de l'os un morceau de bois(6). En 1833 à Paris Cloquet, Dupuytren, Cruveilhier, et Berard proposaient de placer au sein des fractures un morceau d'ivoire pour les stabiliser(7).

Le premier prototype de clou intramédullaire moderne est celui de E.Pohl qui sera utilisé par G. Küntscher en 1940(8) sur le front de la guerre en Allemagne.

Il fut délaissé au cours de la seconde moitié du XXème siècle au profit de moyen d'ostéosynthèse de type vis plaque à compression, en effet le caractère coulissant vers l'extérieur de la vis évite la pénétration de celle-ci dans l'articulation, elle permet une remise en charge précoce, et son verrouillage dans la diaphyse évite le raccourcissement du membre fracturé (7,9,10). Ce moyen d'ostéosynthèse reste perfectible, dans les fractures les plus instables le taux de faillite du matériel allait jusqu'à 50%(11).



Figure 3 : enclouage fasciculé selon la technique de Ender

L'ostéosynthèse centromédullaire revient en grâce avec les techniques de Ender et de Küntscher au milieu des années 70(12) avec cependant certains écueils non négligeables :

La technique de Ender (figure 2) consiste en l'insertion rétrograde intramédullaire de clou de Ender, par un point d'entrée à l'extrémité distale du fémur en face médiale et/ou latérale en fonction du type de fracture. Elle entraîne un taux de complication important, jusqu'à 20% de cal vicieux et 20% d'exposition du matériel d'ostéosynthèse à la face médiale du genou(13). Dans les fractures dites basi-cervicale le taux d'échec était de 100% pour certaines séries (14). De plus cette technique n'autorise pas toujours la reprise d'un appui immédiat sur le membre lésé.

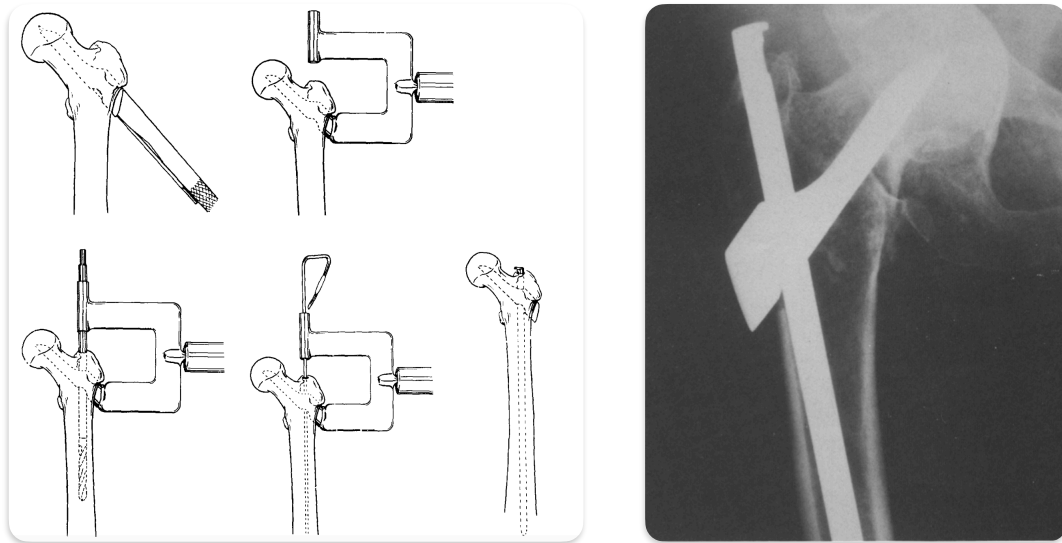


Figure 4 : illustration de la technique opératoire du clou en Y de Küntscher

Le clou en Y de Küntscher consiste en l'insertion d'un dispositif de stabilisation au sein du col fémoral et au passage antérograde par l'extrémité supérieure du fémur d'un clou. Ce système ne disposant pas de verrouillage distal, un raccourcissement du membre fracturé de plus de 2,5 cm était retrouvé chez 35% des patients(15), les cals vicieux en rotation étaient également une inquiétude de l'époque (16,17)

### I.3. L'ère moderne

L'école strasbourgeoise des années 1980 de I.Kempf et A.Groose porte un fort intérêt pour l'enclouage centro-médullaire, et bénéficie d'une expérience avec les clous de Ender(18,19) et en Y de Küntscher.

Non satisfait de ces résultats, ils décident d'utiliser à l'envers un clou de Grosse et Kempf (figure 4) qui montera ses limites : la fente postérieure représente une zone de faiblesse qui peut entraîner des fractures du matériel, la vis céphalique présente un filetage complet qui ne permet pas son recul, de plus il est droit ce qui peut entraîner une perte de la réduction de la fracture lors de son introduction.

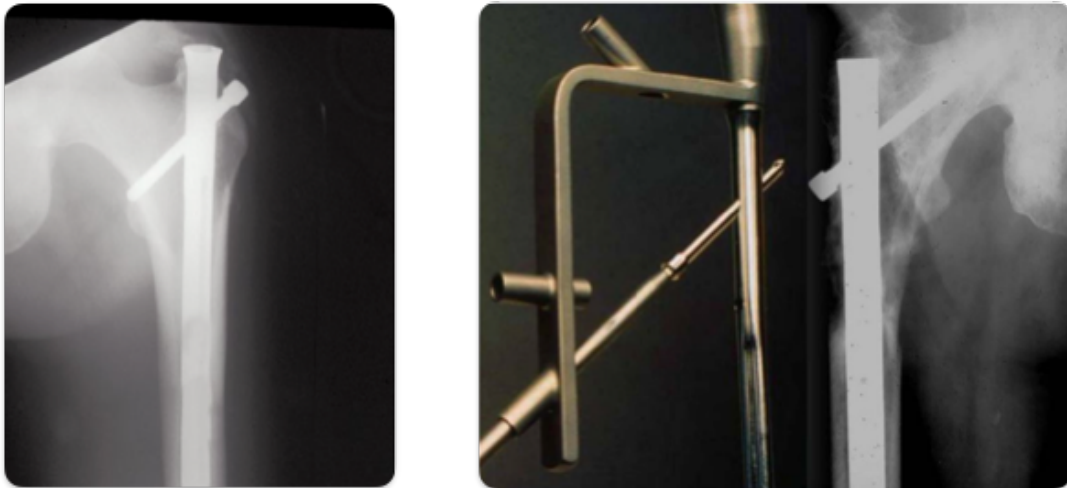


Figure 5 : utilisation standard du clou de Grosse et Kempf à gauche, et son utilisation inversée

Ils développent le clou gamma au milieu des années 80, qui tire son nom de sa forme évoquant la lettre grecque. Ils souhaitent perfectionner l'ostéosynthèse des fractures de l'extrémité supérieure du fémur à foyer fermé. Dans une optique d'amélioration du matériel, le cahier des charges était le suivant :

- Une courbure médio-latéral, permettant son introduction dans l'os sans déplacer la fracture
- La possibilité de glissement de la vis céphalique permettant d'éviter les effractions de matériel en intra-articulaire
- Une augmentation du diamètre de la vis céphalique afin d'améliorer la tenue osseuse
- Verrouillage distal du clou afin d'éviter les cals vicieux en rotation et le raccourcissement du membre
- Différents diamètres de clou pour s'adapter à la morphologie du patient

Leur première série de 121 patients publiée en 1993 apportait des résultats supérieurs aux systèmes de plaque et vis à compression : diminution de la durée opératoire, diminution des pertes sanguines, remise en charge plus précoce, et équivalence en terme de faillite mécanique (20).



Figure 6 : prototype du clou gamma

#### **I.4. Consolidation osseuse et environnement mécanique**

La consolidation osseuse est influencée par l'environnement cellulaire et les différentes contraintes qui s'appliquent au foyer de fracture. Elle requiert que les fragments osseux soient d'abord stabilisés par un cal fibreux(21) qui évoluera ensuite en cal osseux. Si les conditions ne sont pas réunies et qu'il persiste d'importantes forces de cisaillement l'évolution se fera vers une pseudarthrose fibreuse (22).

L'exploration chez l'animal et chez l'humain de la physiologie du remodelage osseux post fracturaire a permis de comprendre l'intérêt d'induire des forces de compressions intermittentes dans le plan axial, si la fixation est trop flexible ou trop rigide la consolidation peut échouer (23,24). La présence de mouvement au sein du foyer de fracture en compression dans l'axe permet la formation du cal fibreux nécessaire à la consolidation dans les premières phases (25,26). Si d'importants mouvements sont présents et entraînent des contraintes en cisaillement, ils peuvent retarder voir empêcher la formation du cal en raison de leur effet néfaste sur la néovascularisation (27).

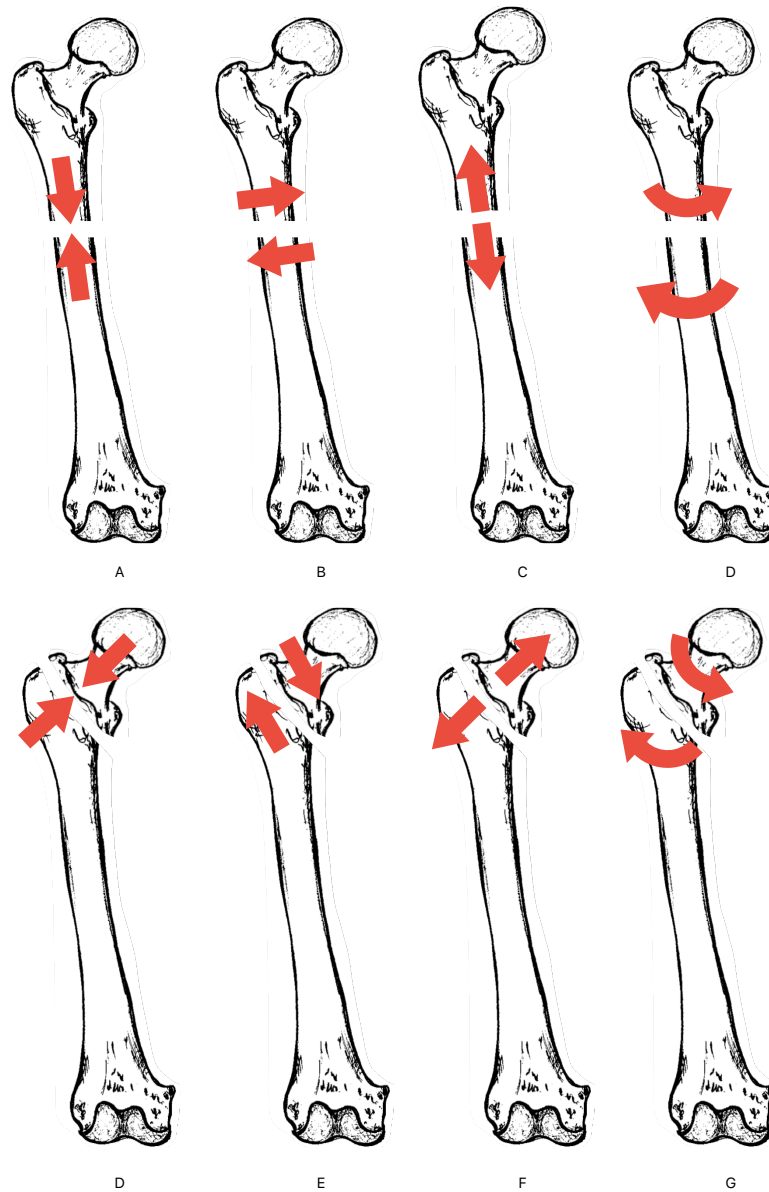


Figure 7 : force s'appliquant sur les fractures : A force de compression ; B force de cisaillement ; C force de traction ; D force de rotation ; E force de compression ; F force de cisaillement ; G force de traction ; H force de rotation

Les différents systèmes de verrouillage permettent de neutraliser sélectivement les forces en cisaillement s'appliquant sur la fracture :

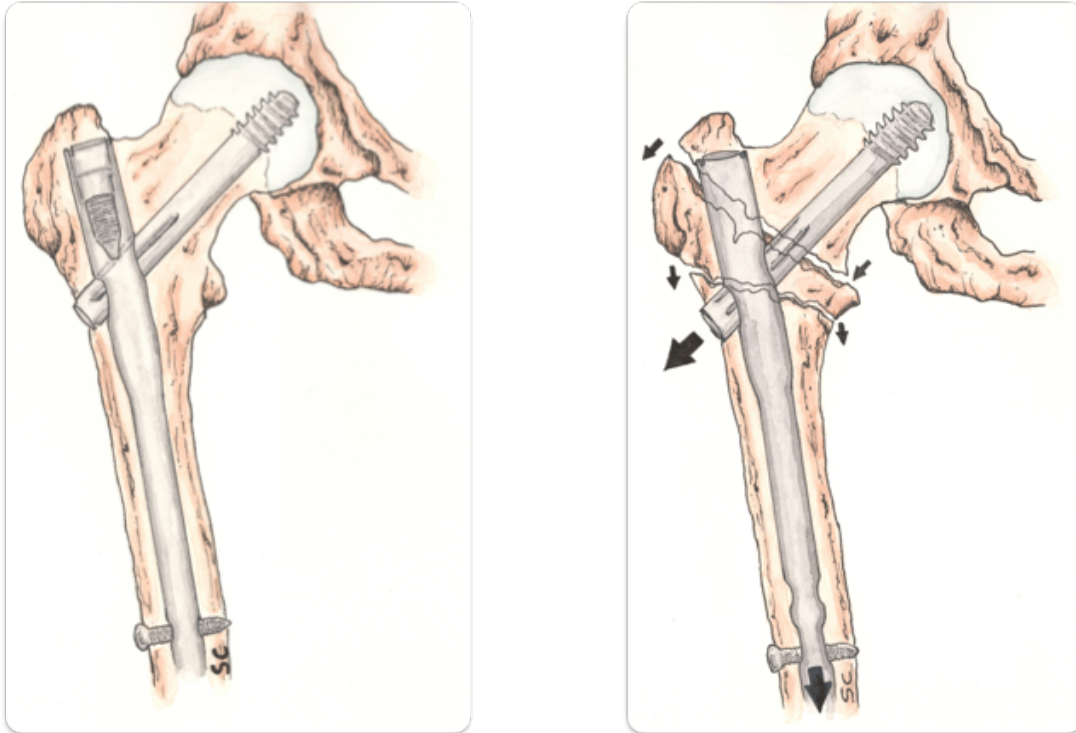


Figure 8 : illustration des forces s'exerçant sur une fracture per trochantérienne

### **I.5. Conséquences et causes des protrusions de matériel**

Malgré ces avancées majeures dans le traitement des fractures per-trochantériennes du fémur au cours du XX<sup>ème</sup> siècle il persiste des complications, l'une d'entre elle est la protrusion de la vis céphalique au travers de la tête fémoral, l'incidence de cet évènement varie dans la littérature selon les séries de 0 à 16,5%(15,28–30). Cette complication entraîne d'importantes douleurs et conduit à une chirurgie de révision consistant en l'ablation du matériel d'ostéosynthèse et à la mise en place d'une prothèse.

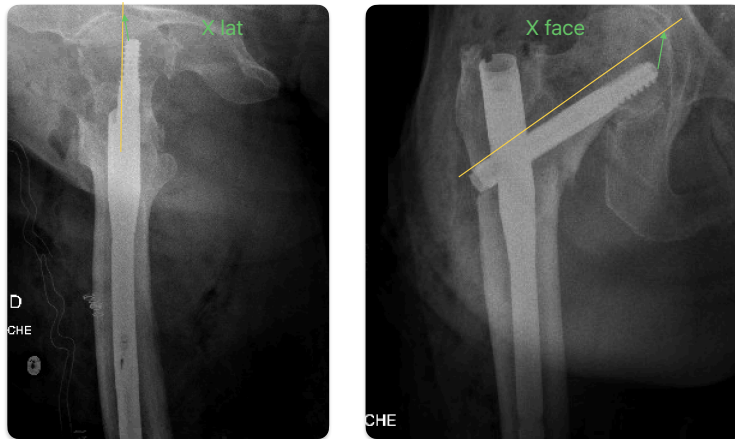
Avec une mortalité de 38,7% la première année post-chirurgie de révision contre 17,7% après la première chirurgie, et un cout d'hospitalisation doublé en comparaison à la chirurgie initiale(31), de nombreuses études se sont attachées à identifier les facteurs influençant sa survenue. Identifiant ainsi des caractéristiques propres au patient et à la technique chirurgicale comme responsable: ostéoporose, stabilité de la fracture, qualité de la réduction, positionnement de la vis au sein du col fémoral(32–35).





Figure 9 : radiographie montrant la protrusion de la vis au sein de l'articulation coxofémoral

Concernant le positionnement de la vis au sein du col fémoral un critère majeur est le tip apex distance (TAD). C'est la distance entre l'extrémité médiale de la vis et le cartilage de la tête fémorale. Cette mesure réalisée sur des radios de face et de profil est un facteur de risque de déplacement secondaire lorsqu'elle est supérieure à 25 millimètres(36) Baumgaertner et al rapportent dans leur série que le risque de déplacement est inférieur à 2% si le TAD est inférieur à 30 mm et est supérieur à 20% s'il dépasse 30mm.



$$\text{TAD} = \text{X lat} + \text{X face}$$

Figure 10 : Tip Apex Distance (TAD)

Grâce au système de verrouillage proximal la position de la vis par rapport au clou peut varier. Cette dynamisation proximale est évoquée comme protectrice du phénomène de protrusion(35,37) et était déjà mentionnée sur le cahier des charges du premier prototype de clou gamma.

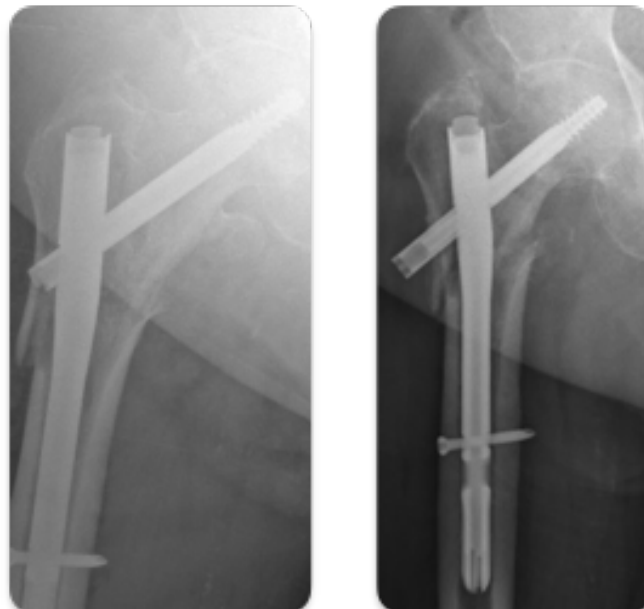


Figure 11 : illustration du glissement de la vis céphalique

## I.6. Problématiques et objectifs de ce travail

A ce jour, peu d'étude ont été réalisées afin de mettre en lumière un lien entre protrusion de la vis céphalique et type de verrouillage distal, bien que Lobo-Escolar et al suggèrent une diminution de la survenue de cette complication lors du verrouillage dynamique(33). En effet sur les 33 cas de protrusion étudiée dans leur étude, 26 cas étaient verrouillés selon un mode statique soit 78,8% des cas, contre 60% dans le groupe contrôle indemne de protrusion, cette différence significative en analyse bivariée avec un  $p$  à 0,04, était à la limite de la significativité en analyse multivariée avec  $p$  à 0,05.

Notre étude portera sur l'impact de la technique de pose des clous courts de fémur dans le cadre des fractures de l'extrémité supérieure du fémur sur la survenue de déplacement secondaire chez le patient de plus de 65 ans.

L'hypothèse principale de notre étude porte sur les déplacements secondaires des clous centromédullaires courts utilisés pour la prise en charge des fractures de l'extrémité supérieure du fémur chez les patients de plus de 65 ans : sont-ils moins fréquents si le verrouillage distal du clou est fait en « dynamique » ?

Les hypothèses secondaires porteront sur les mouvements induits par le verrouillage distal dynamique, peuvent il entrainer des modifications du TAD ? Nous nous intéresserons également à la survie des patients le type de verrouillage distal influence-t-il la survie des patients ? Nous chercherons également à identifier une cause de protrusion qui est attribuée au serrage excessif de la vis de verrouillage proximale, l'absence de glissement de la vis céphalique est-elle responsable de la protrusion ?

Notre critère de jugement principal était la protrusion de la vis céphalique au travers de la tête fémoral sur une radio de face ou de profil.

Afin de savoir si la survenue du critère de jugement principal (protrusion de la vis) était uniquement liée au type de verrouillage distal du clou, nous avons également vérifié qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les deux groupes (statiques et dynamiques) en ce qui concerne les facteurs de risque de déplacement secondaires décrits comme valides dans la littérature (ostéoporose, tip apex distance, qualité de la réduction).

L'ensemble de ces données fera également l'objet d'une analyse descriptive en réalisant deux groupes : patients n'ayant pas présenté de protrusion de la vis céphalique, contre les patients ayant présenté une protrusion.

Dans un but descriptif nous recueillerons également le type de fracture selon le sexe, l'âge, l'indice de masse corporel (IMC), et le score de l'American Society of Anesthesiologists (ASA).

## II. Matériel et méthode

---

### II.1. Comité d'éthique

Cette étude a reçu un avis favorable du comité d'éthique, enregistré sous le numéro 33-2023-05.

### II.2. Recherche bibliographique

Pour cette étude la recherche bibliographique a fait appel au moteur de recherche PubMed.

Le sujet étant centré sur le taux de complications post opératoire des fractures per trochantériennes, une recherche bibliographique des facteurs de risques reconnus et statistiquement significatifs dans la survenue de déplacements secondaires de ces fractures a été réalisée. Les méta-analyses, les analyses prospectives et rétrospectives ont été retenues, les cases report ne l'ont pas été, elles ont ensuite été sélectionnées en fonction de leurs titres et de leurs résumés, pour une lecture plus approfondie. Nous avons séparé ces facteurs de risques en deux parties : celles liées à la technique opératoire et celles liées au patient.

En utilisant les termes: « femur fracture, short femoral nail, femoral intra medullary nail, femoral, intramedullary device, static locking, dynamic locking, nail failure, cut-out rate, cut out complication, proximal femur fracture, inter trochanteric fracture »

L'identification des facteurs de risques de déplacement secondaires liés au patient et à la technique opératoire permettra de vérifier la comparabilité de nos deux populations, afin de ne pas attribuer à tort la supériorité d'une technique de verrouillage sur une autre.

### II.3. Design de l'étude

L'étude a été réalisée en suivant un design de cohorte rétrospectif monocentrique, avec une inclusion rétrospective systématique des patients opérés et suivi au CHU de Limoges, entre le 25 décembre 2021 et le 30 août 2011.

### II.4. Critères d'inclusions

Les critères d'inclusions étaient les suivants :

- Les patients inclus devaient avoir bénéficié d'une ostéosynthèse correspondant au codage NBCA010 au CHU de Limoges.
- Que la fracture soit classable selon la classification AO.
- Que le matériel utilisé pour l'ostéosynthèse soit un clou centromédullaire Zimmer Natural Nail court de la société Zimmer.

Les critères d'exclusions étaient les suivants :

- Les patients étaient exclus si leur âge était inférieure à 65 ans au moment de l'ostéosynthèse.
- S'ils décédaient dans les 3 mois post opératoire.
- S'il existait une erreur technique visualisée sur la radio de contrôle post opératoire immédiate (vis intra articulaire, mauvais positionnement du matériel).
- Si le compte rendu opératoire n'était pas disponible dans le dossier du patient
- Si le déplacement secondaire survenait dans les suites d'une chute avant la consolidation de la fracture
- Si les radios de suivis n'étaient pas disponibles.

Nous avons extrait du dossier médical du patient les données suivantes : Identité, Sexe, IMC, Age le jour de la chirurgie, Date d'entrée et de sortie d'hospitalisation, Score ASA, Vérification sur le registre national de décès du statut vital du patient à la fin de la première année post opératoire, taille de la vis céphalique utilisée.

L'extraction de l'ensemble de ces données permettait d'apprécier la comparabilité des deux populations, en identifiant les facteurs de confusion reconnus dans la littérature et les caractéristiques des patients.

## II.5. Extraction des données

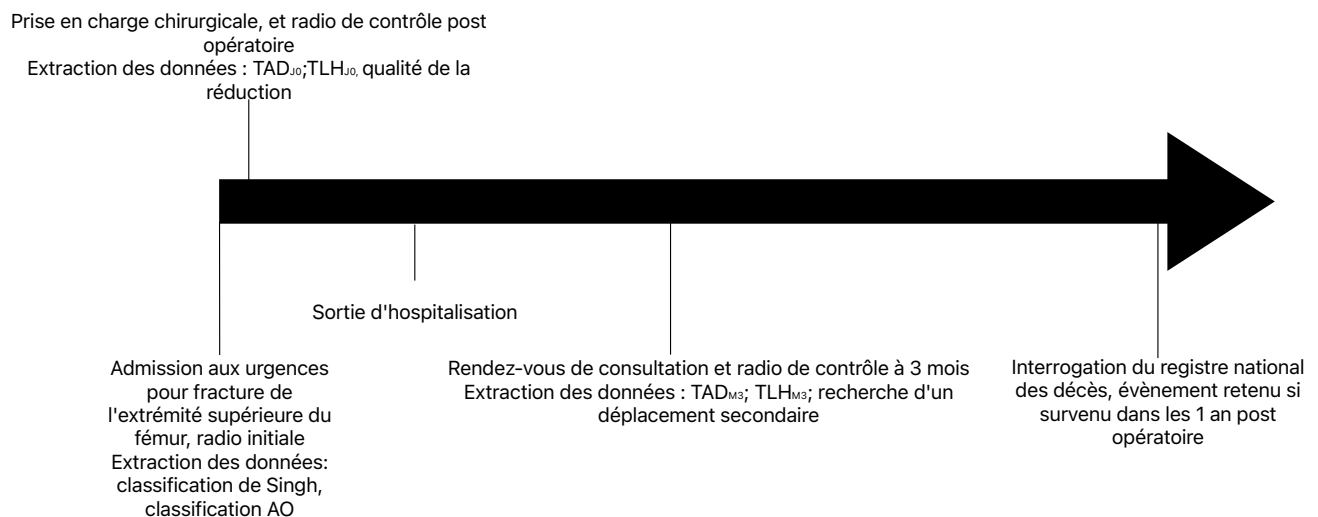


Figure 12 : chronologie de l'acquisition des données

L'acquisition des données a commencé en décembre 2022. Les patients enregistrés devaient avoir bénéficié de l'ostéosynthèse depuis un an au minimum, nous avons donc commencé à enregistrer les patients de décembre 2021 jusqu'en août 2022.

Les données étaient extraites et consignées dans un registre Excel, les patients exclus étaient mentionnés dans un autre registre, ainsi que leurs motifs d'exclusion. L'ensemble de ces données a été traité par un statisticien n'ayant pas connaissance des radios, ni de l'identité des patients.

## **II.6. Radiographies exploitées au cours de l'étude et mesures effectuées**

L'utilisation du logiciel Picture Archiving and Communication System (PACS) était utilisé pour accéder au radio. Les radiographies préopératoires comprenaient :

- Un cliché de face du bassin
- Un cliché de face et de profil centrés sur la hanche atteinte (dans les limites de la réalisation technique de ces examens)

En post opératoire immédiat les patients ont bénéficié de cliché de face et de profil afin de constater une anomalie de position du matériel ou un défaut de réduction.

Au cours du suivi, les patients inclus devaient bénéficier de clichés à 12 semaines afin de contrôler l'absence de déplacement secondaire et contrôler la bonne consolidation.

### **II.6.1. Verrouillage Distal :**

Grâce à la position de la vis dans le clou, nous pouvions déterminer le type de verrouillage qui avait été choisi par l'opérateur. Cette information a été recueillie sur les radios initiales.

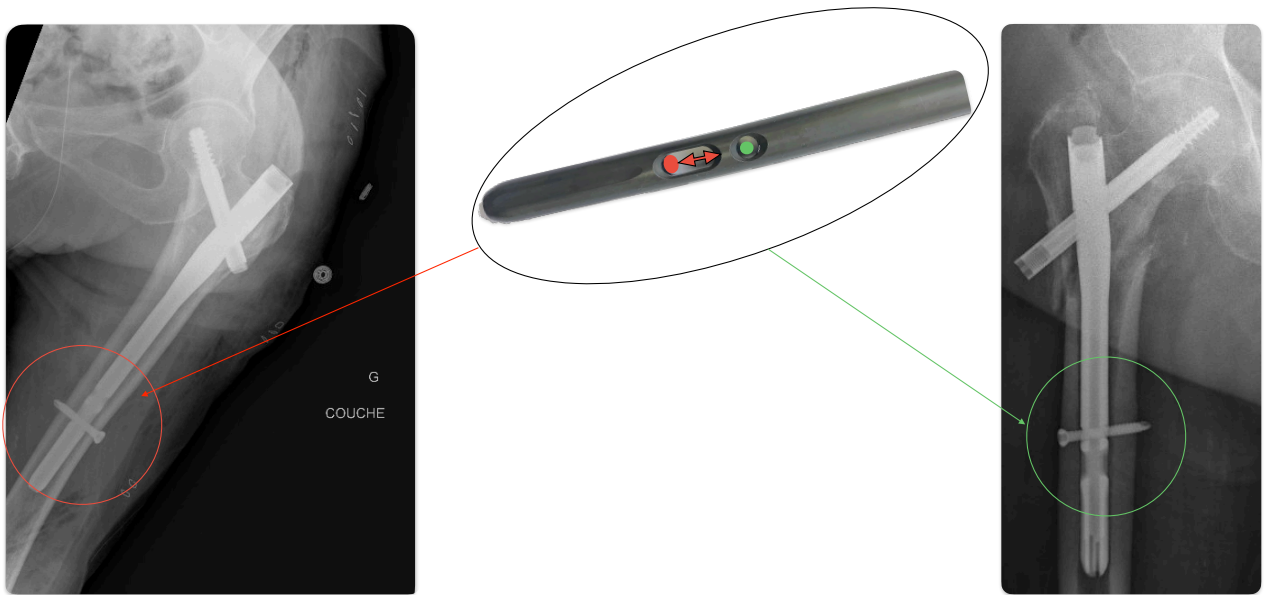
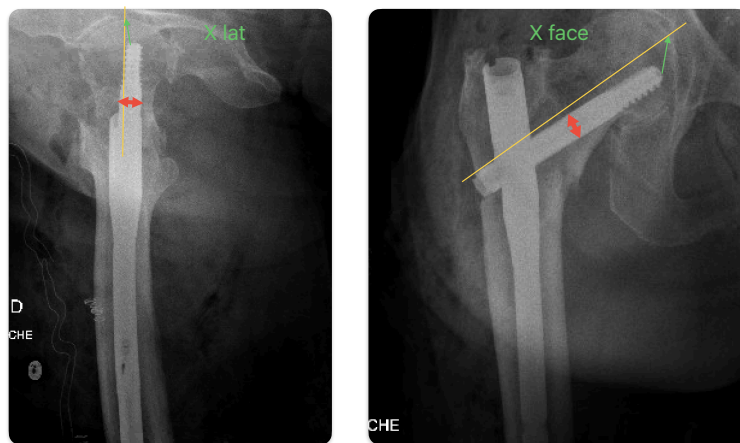


Figure 13 : illustration du type de verrouillage distal en rouge le verrouillage dynamique en vert le statique

## II.6.2. Mesure du TAD :



$$TAD = ((\text{diamètre connu de la vis} / \text{diamètre mesuré}) \times \text{X lat}) + ((\text{diamètre connu de la vis} / \text{diamètre mesuré}) \times \text{X face})$$

Figure 14 : mesure Tip Apex Distance (TAD)

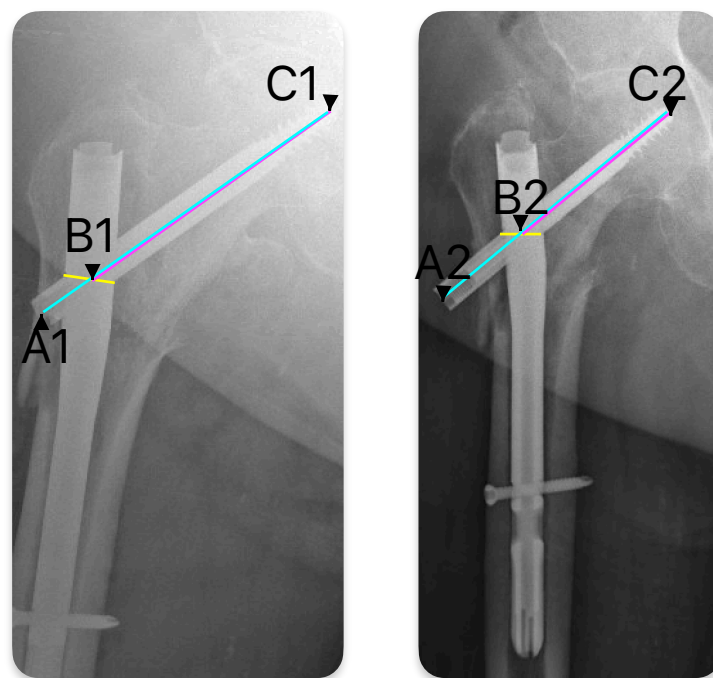


La mesure du TAD repose sur la somme des distances en millimètres entre l'extrémité médiale de la vis cervico-céphalique et le sommet de la tête fémorale, sur des radiographies de face et de profil, adaptée au coefficient d'agrandissement.

Cette mesure a été réalisée sur les radios post opératoire et sur les radios à 3 mois.

### II.6.3. Mesure du glissement de la vis :

Pour documenter cette variation de position, nous avons utilisé des radios de face et le système de mesure mis au point par Shinzei et al (38). La TLH (tip length of head fixation device) correspond à la distance entre le centre du clou, et l'extrémité de la vis cervico-céphalique. Ce calcul utilise la longueur connue de la vis en fonction de celle mesurée sur la radio afin de prendre en compte l'agrandissement et la rotation du membre.



$$\text{Glissement} = B_1C_1 - B_2C_2$$

Figure 15: mesure du glissement

La mesure TLH correspond à la longueur réelle de la distance BC, en réalisant la soustraction de cette longueur post opératoire à la longueur à 3 mois, nous pouvons déterminer le mouvement effectué par la vis.

La distance BC est déterminée par la formule suivante :

$$BC = (BC_{\text{mesurée}} / AC_{\text{mesurée}}) \times \text{longueur de la vis}$$

Cette mesure a été réalisée sur les radios post opératoire et sur les radios à 3 mois.

#### II.6.4. Évaluation de la qualité de la réduction

La réduction a été évaluée en utilisant la méthode de Chang et al (39) qui utilise comme référence la corticale inférieure du col.

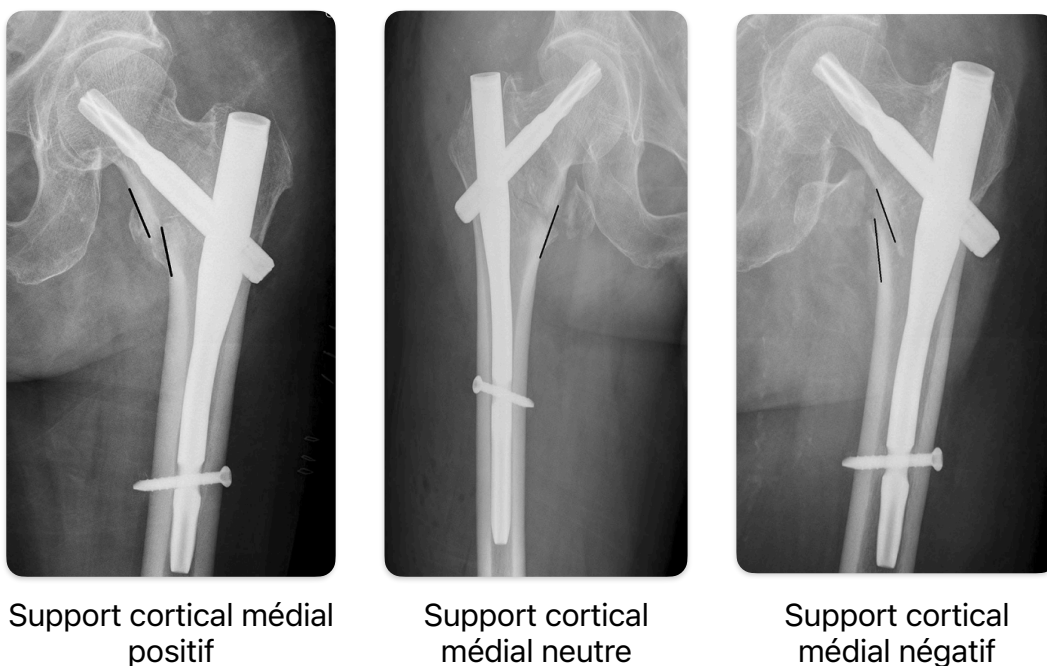


Figure 16 : illustration du support cortical

Le support cortical médial positif permettrait davantage de stabilité de la réduction. La corticale du col rentrant rapidement en contact avec la corticale du fémur de forte densité lors de l'impaction en varus au cours de la marche. Le support cortical médial négatif ne permet pas d'appui sur de l'os de forte densité en cas d'impaction en varus l'appui se fera sur le matériel d'ostéosynthèse. Cette mesure a été réalisée sur la radio post opératoire immédiate.

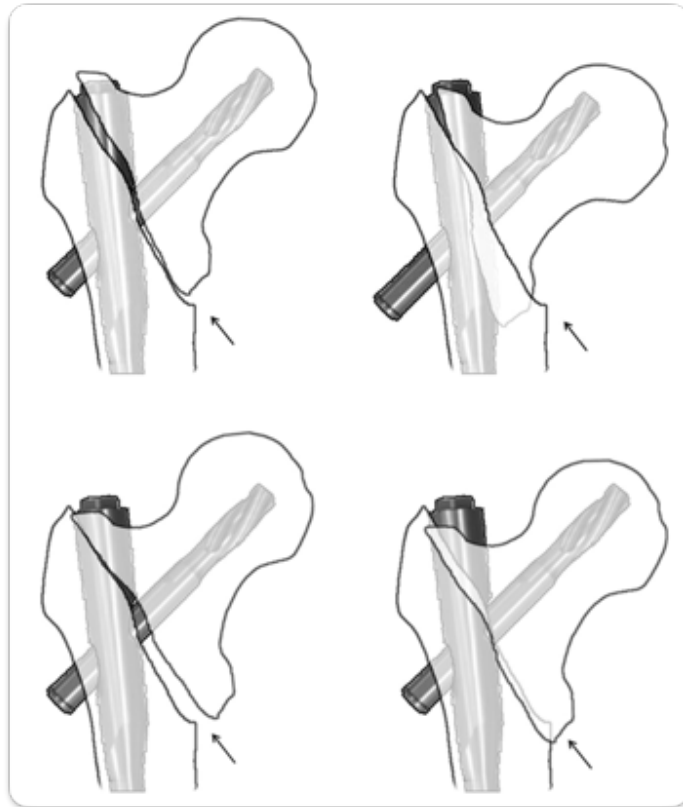


Figure 17 : illustration du support cortical médial

### II.6.5. Statut ostéoporotique :

Le statut ostéoporotique des patients a été évalué en utilisant la classification de Singh (figure 18), cette méthode repose sur la disparition des travées osseuses sur les radios. Le stade 1 correspondant au stade le plus sévère. Cette mesure a été réalisée sur la radio initiale.

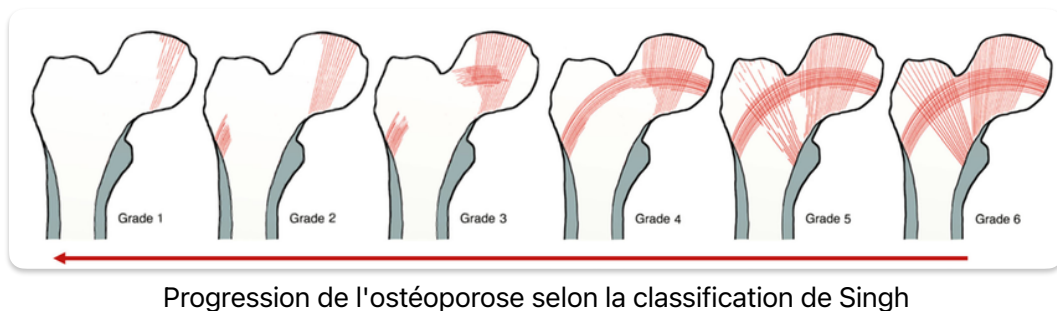


Figure 18 : extrait de “A review of Conventional and Novel for Osteoporotic Hip Replacements”  
Bioengineering volume 10 (40)

## II.6.6. Classification AO

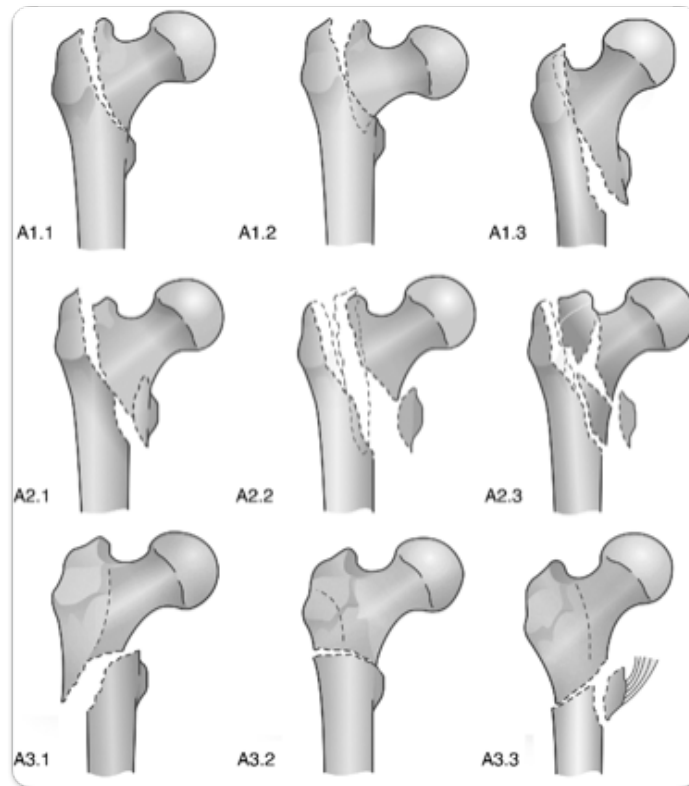


Figure 19 : illustration de la classification AO(41)

Bien que peu utilisé dans la pratique clinique, le choix d'utiliser cette classification se justifie par sa présence dans la littérature et sa capacité à distinguer les fractures dites stables et instables(A3 et A2)(42).

Cette mesure a été réalisée sur la radio initiale.

## II.7. Ostéosynthèse des fractures de l'extrémité supérieure du fémur

Le choix du type d'anesthésie était l'objet d'une discussion entre l'anesthésiste et le patient selon ses comorbidités et les possibilités de réalisation technique de la rachianesthésie.

Le patient était installé en décubitus dorsal sur une table de traction, le champage et l'antibioprophylaxie respectaient le protocole en vigueur dans l'établissement conformément aux directives du CLIN (Comité de Lutte des Infections Nosocomiales).

Après réduction de la fracture par manœuvre externe, la voie d'abord suivait une incision cutanée de 3cm plus proximale que le grand trochanter en direction de la crête iliaque, l'incision des plans sous cutanés s'effectuait en bloc afin de limiter les espaces morts au cours de la fermeture, les fibres du moyen fessier étaient incisées de manière à palper le bord antérieur et postérieure du massif trochantérien.

Le clou était mis en place après corticotomie du grand trochanter à son sommet, sous contrôle fluoroscopique, de sorte que le trajet de la vis cervicodiaphysaire se projetait au milieu du col.

Cette dernière était mise en place en utilisant la broche guide et le système de guidage extra médullaire monté sur le clou, une fois en place il était nécessaire de réaliser un contrôle fluoroscopique pour s'assurer de la bonne position de la broche guide au sein du col fémoral sur des radio de face et de profil, une fois le contrôle effectué la broche était enfoncée jusqu'à l'os sous chondral.

La mesure de la longueur de la vis était effectuée à l'aide d'une règle permettant d'estimer la longueur idéale de la vis définitive.

La vis cervicodiaphysaire était mise en place après avoir foré le col fémoral à l'aide d'une mèche canulée. Il était nécessaire en mettant en place celle-ci de s'assurer que la poignée était parallèle ou perpendiculaire à l'axe du clou afin que la vis de verrouillage proximale la verrouille, cette vis de verrouillage proximale pouvait faire l'objet d'un verrouillage statique ou dynamique autorisant une impaction le long de l'axe du col fémoral.

Le verrouillage distal s'effectuait en percutanée via le système de visée extra médullaire, il existait au choix un verrouillage statique ou dynamique autorisant une impaction du foyer de fracture dans l'axe du fémur.

## **II.8. Exploitation des données**

### **II.8.1. Critère de jugement principal**

Fréquence de la protrusion de la vis céphalique au sein de l'articulation coxofémoral au cours des 12 premières semaines de suivi d'une prise en charge par enclouage centromédullaire court.

### **II.8.2. Analyse statistique du critère de jugement principal**

Le protocole et l'analyse statistique ont été conçu et réalisé au centre d'investigation et de recherche clinique de Dijon (CIC1432) par le Dr Journée sous la direction du Pr Christine Binquet.

Un test selon Fleming et Harrington(43) constitue l'analyse principale. Cet outil permet d'explorer le bénéfice attribuable à un traitement sur la prise en charge d'une pathologie déjà prise en charge par un traitement de référence. Dans notre étude le verrouillage distal dynamique est considéré comme « traitement alternatif » et l'on cherche à savoir s'il réduit le risque de déplacement secondaire. Autrement dit on recherche le « bénéfice attribuable », comparé au verrouillage distal statique considéré comme « traitement de référence ».

Le bras verrouillage statique est ici utilisé comme témoin afin de savoir si le nombre de déplacement constaté est semblable à celui observé dans la littérature, il nous permet de réaliser des conclusions fiables sur le bras dynamique (expérimental). En revanche si le bras témoin ne se comporte pas comme décrit dans la littérature, les conclusions ne pourront pas être fiables.

### **II.8.2.1. Calcul du nombre de sujet nécessaire**

Dans la littérature, la survenue du critère principal de jugement pour les clous courts verrouillés en statique est estimé entre 0 et 16,5%(15,28–30). Nous avons retenu pour le calcul du nombre de sujets nécessaire un taux de 7%(44,45).

Nous avons voulu prouver que le verrouillage distal dynamique diminuait ce taux de 50%, en utilisant le test de Fleming et Harrington. Avec un risque alpha unilatéral à 0,05, une puissance cible de 80%, il était nécessaire d'inclure au minimum 257 patients bénéficiant d'un verrouillage dynamique pour pouvoir tester cette hypothèse.

Toujours selon le même test, si le nombre de patients avec un verrouillage dynamique ne présentant pas le critère de jugement principal à 3 mois était de 247, il était possible de conclure à un taux de déplacement réduit de 50%. Si ce chiffre était  $\leq 246$ , on devrait rejeter l'hypothèse d'un taux de déplacement réduit de 50%.

Calcul du NSN avec PASS version 16.0.4 (NCSS, LLC, Kaysville, Utah, USA)

Nous avons choisi de rechercher une diminution de 50% afin que le nombre de sujet nécessaire à inclure soit raisonnable, plus la différence à mettre en évidence est importante moins le nombre de sujet nécessaire à inclure est grand.

### **II.8.3. Critères de jugement secondaire**

Les critères de jugement secondaire comprenaient :

- TAD initiale et sa modification à 3 mois, pour mettre en évidence une différence sur cette mesure entre nos groupes, et analyser une éventuelle modification de cette mesure au cours du temps.

- Statut vital à un an, la recherche de l'évènement décès dans les un an post opératoire.
- Le glissement de la vis céphalique, afin d'identifier les mouvements de la vis céphalique au cours du suivi.

### II.8.3.1. Analyses statiques portant sur les caractéristiques des deux groupes

Le tableau 2 ci-dessous résume les analyses statistiques. Nous avons décrit les variables quantitatives en termes de moyennes et d'écart types, et les variables qualitatives en termes d'effectifs et de pourcentages. Nous avons comparé le groupe exposés (verrouillage dynamiques) et le groupe non exposés (verrouillage statiques) en utilisant un test t de Student ou un test de la somme des rangs de Wilcoxon pour les variables quantitatives, et un test du Chi2 ou un test exact de Fisher pour les variables qualitatives.

Pour rechercher une association entre le type de verrouillage et le risque de déplacement secondaire à 3 mois, nous avons utilisé un test de Fleming et Harrington.

Pour rechercher une association entre une modification du glissement de la vis et le risque de déplacement secondaire à M3 et entre le type de verrouillage et le statut vital à 12 mois, nous avons réalisé des régressions logistiques présentées sous forme d'Odds Ratio et avec des intervalles de confiance à 95% (IC95%). Pour rechercher une association entre le type de verrouillage et la modification du TAD à M3 et nous avons réalisé des régressions linéaires présentées sous forme de Beta avec des intervalles de confiance à 95%. Nous avons retenu un risque  $\alpha$  à 0,20 en analyse bivariés et à 0,05 en analyse multivariés.

Les analyses ont été réalisées avec le logiciel R version 4.3.1

Tableau 1 : Exploitation des variables

Variable	Type de variable	Description statistique
Déplacement secondaire à 3 mois	Qualitative, traitée comme une variable binaire.	Décrite par des effectifs et pourcentages. Test du Chi2 ou un test exact de Fisher.

TAD	Quantitative, traitée comme une variable quantitative, mesure à J0 post opératoire et à 3 mois, mesure de la différence entre les deux mesures	Décrite par des moyennes et écarts types. Test t de Student ou un test de la somme des rangs de Wilcoxon.
Statut vital à un an	Qualitative traitée comme une variable binaire.	Décrite par des effectifs et pourcentages. Test du Chi2 ou un test exact de Fisher.
Sexe	Qualitative traitée comme une variable binaire.	Décrite par des effectifs et pourcentages. Test du Chi2 ou un test exact de Fisher.
Age	Quantitative traitée comme une variable quantitative continue.	Décrite par des moyennes et écarts types. Test t de Student ou un test de la somme des rangs de Wilcoxon.
IMC	Quantitative traitée comme une variable quantitative continue	Décrite par des moyennes et écarts types. Test t de Student ou un test de la somme des rangs de Wilcoxon.
Classification de Singh	Qualitative traitée comme une variable qualitative catégorielle.	Décrite par des effectifs et pourcentages. Test du Chi2 ou un test exact de Fisher.
Qualité de la réduction	Qualitative traitée comme une variable qualitative catégorielle.	Décrite par des effectifs et pourcentages. Test du Chi2 ou un test exact de Fisher.



Classification AO	Qualitative traitée comme une variable qualitative catégorielle.	Décrite par des effectifs et pourcentages. Test du Chi2 ou un test exact de Fisher.
Score ASA	Qualitative traité comme une variable qualitative catégorielle.	Décrite par des effectifs et pourcentages. Test du Chi2 ou un test exact de Fisher.

### III. Résultats

#### III.1. Inclusion des patients

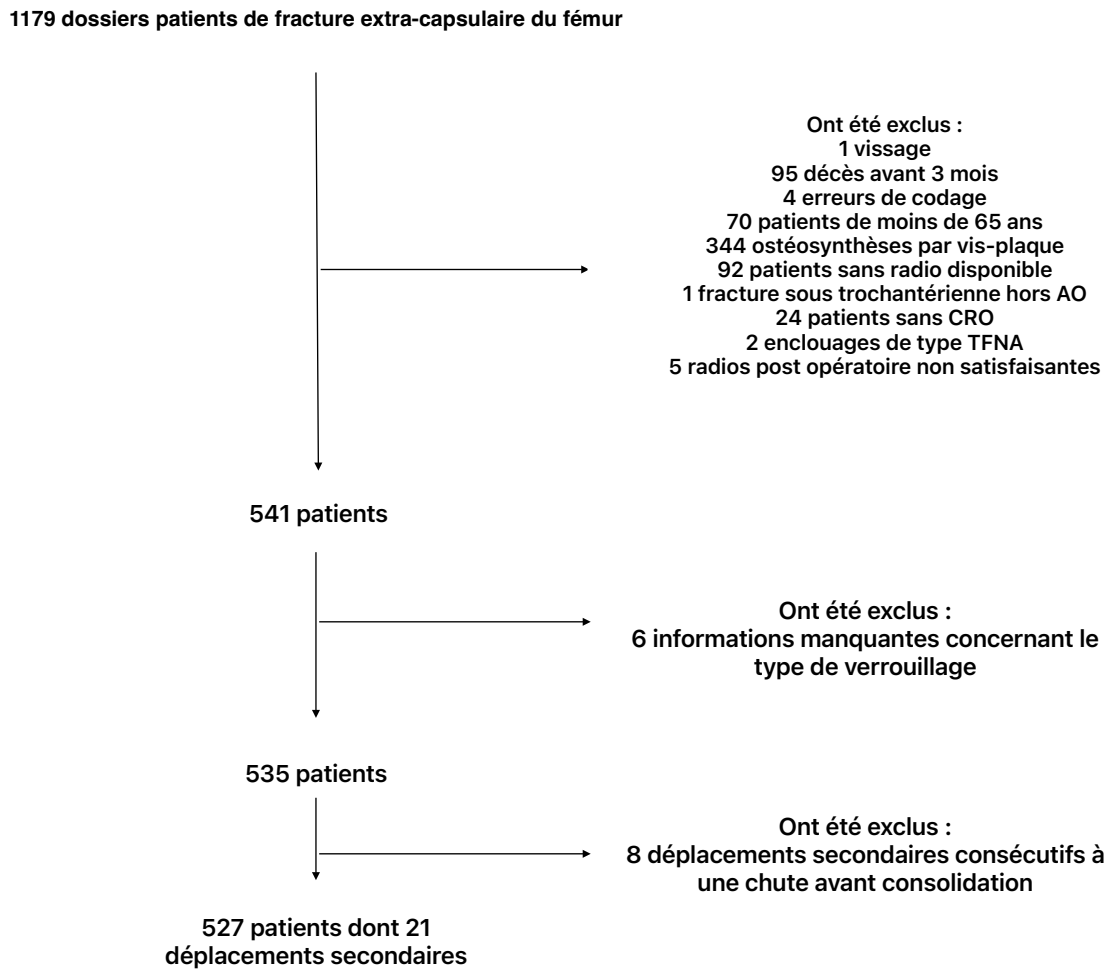


Figure 20 : flowchart

## III.2. Analyse statistique descriptive

### III.2.1. Description générale

Tableau 2 : Description générale de la population

Variable	Total, N = 527 <sup>1</sup>	Verrouillage statique, N = 268 <sup>1</sup>	Verrouillage dynamique, N = 259 <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>
Age (en années)	86 (8)	85 (9)	86 (7)	0,41
Sexe				0,37
Masculin	106 (20%)	58 (22%)	48 (19%)	
Féminin	421 (80%)	210 (78%)	211 (81%)	
Statut vital				0,75
Décédé	86 (17%)	45 (17%)	41 (16%)	
Vivant	432 (83%)	218 (83%)	214 (84%)	
Données manquantes	9	5	4	
IMC (en kg/m <sup>2</sup> )				0,17
(12-18]	30 (5,8%)	12 (4,5%)	18 (7,1%)	
(18-25]	307 (59%)	165 (62%)	142 (56%)	
(25-30]	126 (24%)	67 (25%)	59 (23%)	
(30-35]	34 (6,6%)	11 (4,2%)	23 (9,1%)	
(35-40]	14 (2,7%)	7 (2,7%)	7 (2,8%)	
(40-46]	5 (1,0%)	2 (0,8%)	3 (1,2%)	
Données manquantes	11	4	7	
Classification de Singh				<0,001
1	24 (4,7%)	3 (1,1%)	21 (8,5%)	
2	153 (30%)	69 (26%)	84 (34%)	
3	147 (29%)	61 (23%)	86 (35%)	
4	176 (34%)	130 (49%)	46 (19%)	
5	13 (2,5%)	3 (1,1%)	10 (4,0%)	
Données manquantes	14	2	12	
Score ASA				0,002
1	7 (1,4%)	0 (0%)	7 (2,8%)	

2	118 (23%)	52 (20%)	66 (26%)
3	280 (54%)	143 (55%)	137 (54%)
4	110 (21%)	67 (26%)	43 (17%)
Données manquantes	12	6	6

<sup>1</sup> Moyenne (ET); n (%)

<sup>2</sup> Test de la somme des rangs de Wilcoxon ; Test du Chi<sup>2</sup> de Pearson; Test exact de Fisher

Age : moyenne et écart type

Sexe : effectif et pourcentage

Indice de masse corporel (IMC) : effectif et pourcentage

Score America Society of anesthesiologists (ASA) : effectif et pourcentage

Le tableau 3 résumant l'analyse descriptive générale de la population : 527 patients ont été inclus dans notre étude entre 2011 et 2021. La population se composait de 421 femmes et 106 hommes d'un âge moyen de 86 ans écart type de 8 ans. L'IMC moyen était de 23,98. La durée moyenne d'hospitalisation était de 7,5 jours. 27 opérateurs différents sont intervenus au cours des 10 ans, il s'agissait de chirurgiens ayant complétés leurs formations (chef de clinique, assistant) ou d'internes supervisés par un chirurgien senior.

Ci-dessous nous exposons les différences significatives entre les deux groupes :

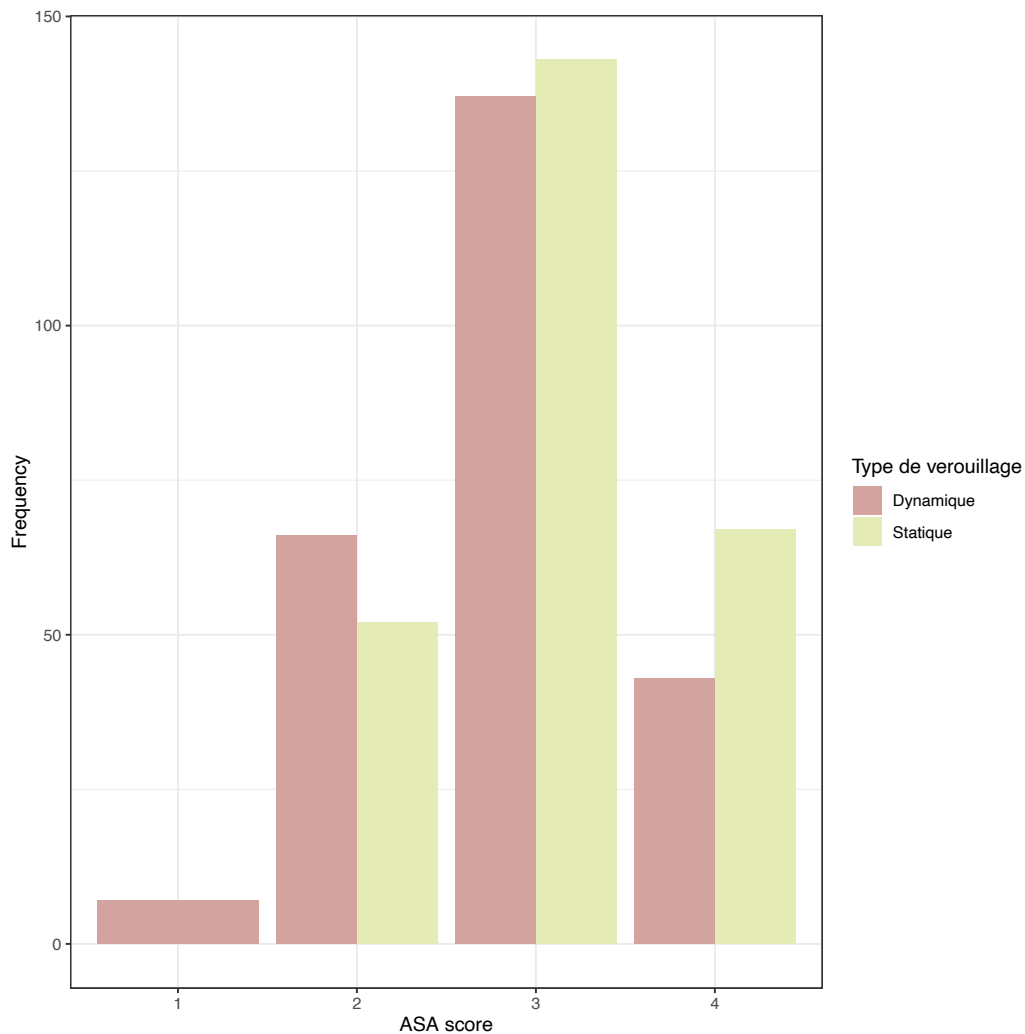


Figure 21 : répartition du score ASA entre le groupe statique et dynamique

L'analyse statistique a révélé une différence significative sur le score ASA, 1,4% des patients étaient classés ASA1 ; 23 % ASA2 ; 54% ASA3 ; 21% ASA4. La figure 20 illustre cette différence, les patients issus du groupe statique avaient un score ASA plus élevé de manière statistiquement significative.

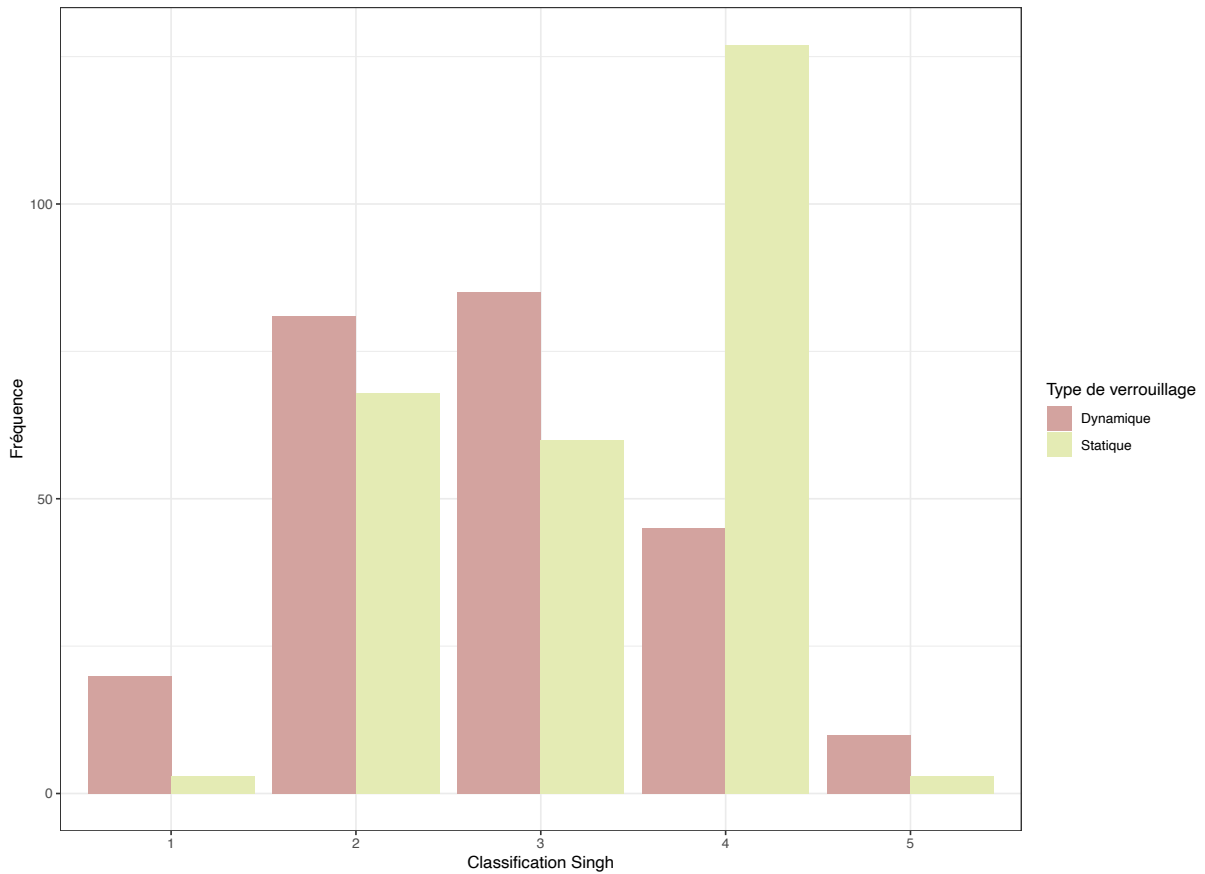


Figure 22 : description de la population selon la classification de Singh

Concernant l'ostéoporose, reconnue dans la littérature comme facteur indépendant de survenue de protrusion, nos deux groupes ne sont pas comparables et le groupe « verrouillage dynamique » présente un pourcentage d'ostéoporose (Singh 1 et 2) plus élevé que le groupe « verrouillage statique » et ce, de manière statistiquement significative, ce qui peut représenter un biais de confusion et sera discuté plus loin.

### III.2.2. Description radiologique

Tableau 3 : description radiologique de la population

Variable	Total, N = 527 <sup>1</sup>	Verrouillage statique, N = 268 <sup>1</sup>	Verrouillage dynamique, N = 259 <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>
<b>Classification AO</b>				<b>&lt;0,001</b>
A1.1	33 (6,5%)	9 (3,4%)	24 (9,6%)	
A1.2	159 (31%)	77 (30%)	82 (33%)	
A1.3	8 (1,6%)	3 (1,1%)	5 (2,0%)	
A2.1	74 (14%)	69 (26%)	5 (2,0%)	
A2.2	136 (27%)	53 (20%)	83 (33%)	
A2.3	32 (6,3%)	19 (7,3%)	13 (5,2%)	
A3.1	22 (4,3%)	13 (5,0%)	9 (3,6%)	
A3.2	9 (1,8%)	4 (1,5%)	5 (2,0%)	
A3.3	38 (7,4%)	14 (5,4%)	24 (9,6%)	
Données manquantes	16	7	9	
TAD à J0	24,28	23,79(19,01- 27,26)	24,82(19,86- 29,51)	0,0123
Différence de TAD entre J0 et M3	-0,7 (4,4)	-0,9 (4,6)	-0,6 (4,1)	0,99
Données manquantes	29	16	13	
<b>Réduction</b>				<b>0,58</b>
Support cortical médial négatif	32 (6,2%)	16 (6,0%)	16 (6,5%)	
Support cortical médial neutre	278 (54%)	150 (56%)	128 (52%)	
Support cortical médial positif	203 (40%)	100 (38%)	103 (42%)	
Données manquantes	14	2	12	
<b>Glissement vis</b>				<b>0,57</b>
Augmentation du glissement	74 (14%)	40 (15%)	34 (13%)	
Diminution du glissement	440 (86%)	222 (85%)	218 (87%)	
Données manquantes	13	6	7	

Classification AO décrite en effectif et pourcentage ;TAD décrit en moyenne et intervalle interquartile Q1-Q3

Réduction décrite en effectif et pourcentage ;Glissement de la vis en effectif et pourcentage

Le tableau 4 contient les données radiologiques descriptives. Il est à noter que la population du groupe « statique » et du groupe « dynamique » étaient comparables sur le critère « qualité de la réduction » et « glissement de la vis céphalique ». Ils n'étaient pas comparables sur le TAD à J0 et le type de fracture selon la classification AO. Ces différences statistiquement significatives seront discutées plus loin.

### Radiographie initiale

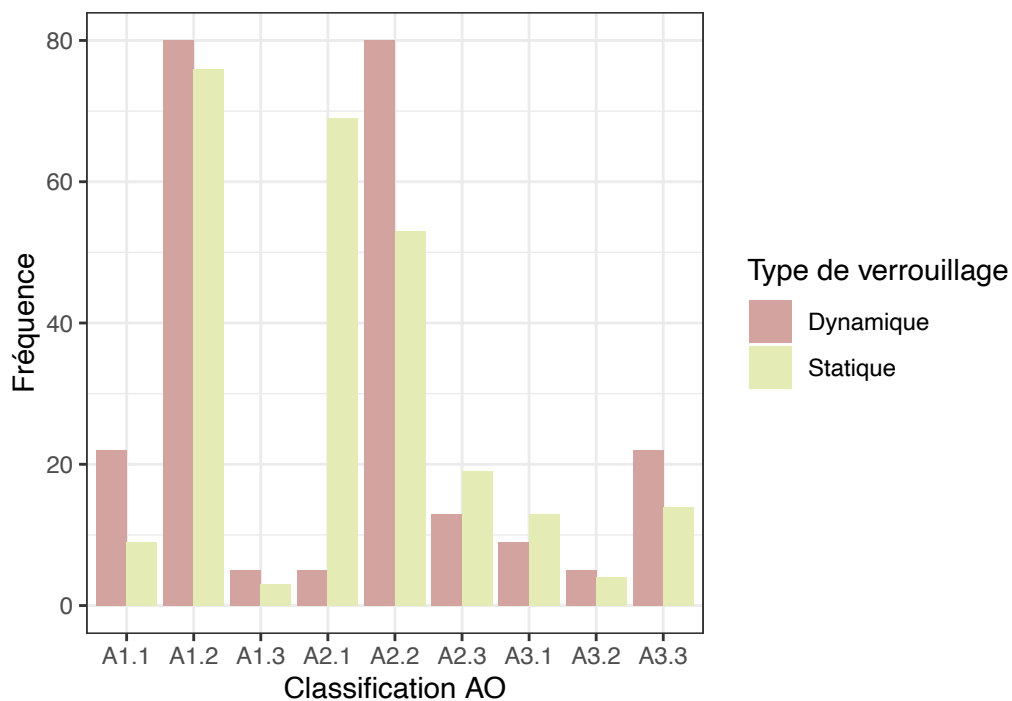


Figure 23 : distribution des patients en fonction de leurs fractures

Les fractures per trochantériennes AO A2 étaient les plus représentées avec 242 fractures (47%), suivi des fractures basi-cervicales AO A1 200 (39%) fractures, et des sous trochantériennes AO A3 avec 69 fractures (14%).

### Radiographie post opératoire

Une réduction dite « anatomique » était obtenue dans 54% des cas, un support cortical médial négatif dans 6% des cas, et support cortical médial positif dans 40% des cas.



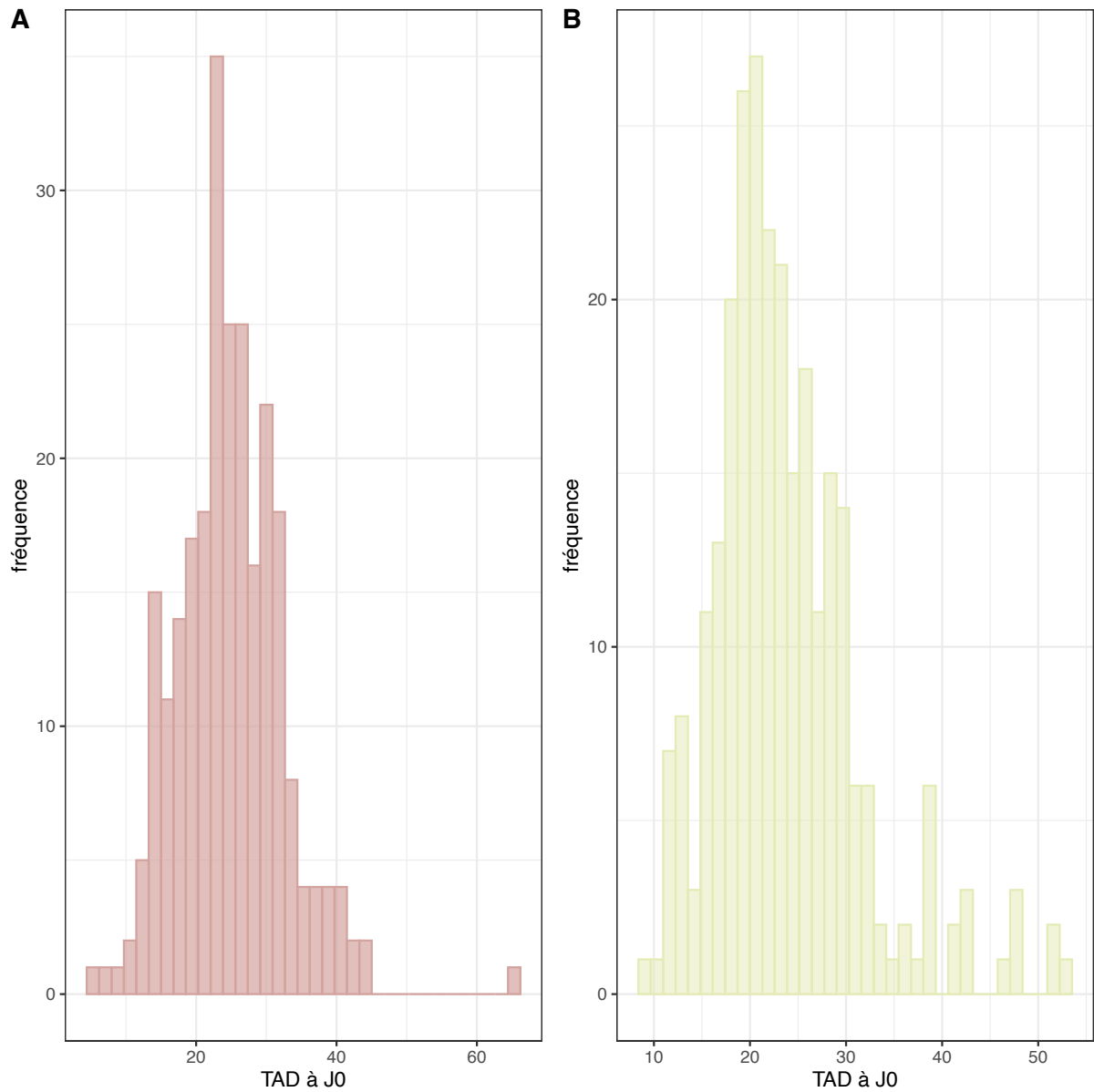


Figure 24 : distribution du TAD dans les groupes dynamique (A) et statique (B)

Le TAD post opératoire moyen de l'ensemble de la population était de 24,28 mm, 23,79 mm dans le groupe statique et 24,82 mm dans le groupe dynamique  $p= 0,0123$ . Cette différence est statistiquement significative entre les deux groupes et sera abordée dans la partie discussion.

### III.3. Déplacement secondaire

Tableau 4 : survenue du critère de jugement principal

	Survenue d'une protrusion	Survenue d'une protrusion exclue chute	Survenue d'une protrusion dans les suites d'une chute
Population générale	29(5,42%)	21(3,98%)	8(1,49%)
Groupe statique	19(3,55%)	14(2,66%)	5(0,93%)
Groupe dynamique	10(1,87%)	7(1,33%)	3(0,56%)

29 déplacements secondaires ont été observés au cours des 3 premiers mois post opératoire soit 5,42%, dont 8 formellement identifiés comme consécutifs à un nouvel épisode de chute avant consolidation, les 21 autres épisodes soit 3,98% ont été constatés au cours du suivi post opératoire par les chirurgiens lors de consultation sans qu'une notion de chute soit identifiée dans le dossier du patient. Ces résultats sont rapportés dans le tableau 5.

14 déplacements secondaires de type protrusion ont été constatés dans le groupe statique contre 7 dans le groupe dynamique, ce qui représente une diminution de moitié du risque de protrusion à la faveur du verrouillage dynamique distal avec  $p=0,05$  et une puissance de 80%, ce qui correspond au test de Fleming et Harrington décrit plus haut.

#### III.3.1. Comparaison de la population ayant présenté l'événement protrusion à la population indemne de l'évènement

Afin d'observer les caractéristiques de la population ayant présentée un déplacement secondaire indépendamment du type de verrouillage distal, nous avons réalisé une analyse descriptive en constituant 2 populations : 21 patients ayant présentés un déplacement secondaire de type protrusion, et 506 patients indemne de l'évènement.

Tableau 5 : comparaison de la population n'ayant pas présenté l'évènement protrusion avec les patients ayant présenté l'évènement protrusion

Variable	Total, N = 527 <sup>1</sup>	Absence de déplacement secondaire, N = 506 <sup>1</sup>	Présence d'un déplacement secondaire, N = 21 <sup>1</sup>	p-value <sup>2</sup>
Age (en années)	86 (8)	86 (8)	82 (6)	0,006
Sexe				0,40
Masculin	106 (20%)	100 (20%)	6 (29%)	
Féminin	421 (80%)	406 (80%)	15 (71%)	
Classification AO				0,20
A1.1	33 (6,5%)	33 (6,7%)	0 (0%)	
A1.2	159 (31%)	155 (31%)	4 (22%)	
A1.3	8 (1,6%)	8 (1,6%)	0 (0%)	
A2.1	74 (14%)	69 (14%)	5 (28%)	
A2.2	136 (27%)	133 (27%)	3 (17%)	
A2.3	32 (6,3%)	30 (6,1%)	2 (11%)	
A3.1	22 (4,3%)	22 (4,5%)	0 (0%)	
A3.2	9 (1,8%)	8 (1,6%)	1 (5,6%)	
A3.3	38 (7,4%)	35 (7,1%)	3 (17%)	
Données manquantes	16	13	3	
TAD à J0	24 (8)	24 (7)	29 (10)	0,030
Données manquantes	8	7	1	
Réduction				0,58
Support cortical médial négatif	32 (6,2%)	30 (6,1%)	2 (10%)	
Support cortical médial neutre	278 (54%)	267 (54%)	11 (55%)	
Support cortical médial positif	203 (40%)	196 (40%)	7 (35%)	
Données manquantes	14	13	1	
Glissement vis				0,71
Augmentation du glissement	74 (14%)	71 (14%)	3 (19%)	
Diminution du glissement	440 (86%)	427 (86%)	13 (81%)	
Données manquantes	13	8	5	
Statut vital				0,76
Décédé	86 (17%)	82 (16%)	4 (20%)	
Vivant	432 (83%)	416 (84%)	16 (80%)	

Données manquantes	9	8	1	
<b>IMC (en kg/m<sup>2</sup>)</b>				<b>0,86</b>
(18.25]	307 (59%)	292 (59%)	15 (75%)	
(12.18]	30 (5,8%)	30 (6,0%)	0 (0%)	
(25.30]	126 (24%)	122 (25%)	4 (20%)	
(30.35]	34 (6,6%)	33 (6,7%)	1 (5,0%)	
(35.40]	14 (2,7%)	14 (2,8%)	0 (0%)	
(40.46]	5 (1,0%)	5 (1,0%)	0 (0%)	
Données manquantes	11	10	1	
<b>Classification de Singh</b>				<b>0,81</b>
1	24 (4,7%)	23 (4,7%)	1 (5,0%)	
2	153 (30%)	145 (29%)	8 (40%)	
3	147 (29%)	143 (29%)	4 (20%)	
4	176 (34%)	169 (34%)	7 (35%)	
5	13 (2,5%)	13 (2,6%)	0 (0%)	
<b>Score ASA</b>				<b>0,84</b>
1	7 (1,4%)	7 (1,4%)	0 (0%)	
2	118 (23%)	112 (23%)	6 (30%)	
3	280 (54%)	270 (55%)	10 (50%)	
4	110 (21%)	106 (21%)	4 (20%)	
Données manquantes	12	11	1	

<sup>1</sup> Moyenne (ET); n (%)

<sup>2</sup> Test de la somme des rangs de Wilcoxon; Test du Chi<sup>2</sup> de Pearson; Test exact de Fisher

Age : moyenne et écart type ;

Sexe : effectif et pourcentage

Indice de masse corporel (IMC) : effectif et pourcentage

Score America Society of anesthesiologists(ASA) : effectif et pourcentage

Classification AO décrite en effectif et pourcentage

TAD décrit en moyenne et écart type

Réduction décrite en effectif et pourcentage

Glissement de la vis en effectif et pourcentage

La comparaison des patients ayant présentés l'évènement protrusion et ceux ne l'ayant pas présenté (tableau 6) permet de constater une différence statistique significative sur l'âge et le TAD à J0, p=0,006 et p=0,03 respectivement : les déplacements secondaires étaient plus fréquents chez les sujets plus âgés, le TAD était plus élevé chez les sujets ayant présenté un déplacement secondaire, ce qui est en accord avec la littérature. Cette constatation renforce la représentativité de notre population.

### III.4. Analyse statistique sur les critères secondaires :

#### III.4.1. Modification du TAD en fonction du type de verrouillage

Tableau 6 : analyses bivariées de la modification du TAD en fonction du type de verrouillage

Variable	Beta (IC 95%)	p-value
<b>Verrouillage</b>		
Statique	Réf	
Dynamique	0,37 (-0,40—1,14)	0,35
Age	-0,03 (-0,08—0,01)	0,17
<b>Sexe</b>		
Femme	Réf	
Homme	-1,34 (-2,29—0,38)	0,006
IMC		0,02
<18	-0,22 (-1,86—1,41)	0,79
[18 : 25[	Réf	
[25 : 30[	-1,13 (-2,05—0,21)	0,02
[30 : 35[	-2,20 (-3,77—0,64)	0,006
[35 : 40[	0,70 (-1,63—3,03)	0,56
≥40	-2,44 (-6,29—1,40)	0,21
Score ASA		0,46
ASA 1	Réf	
ASA 2	0,33 (-3,02—3,69)	0,85
ASA 3	0,68 (-2,62—3,98)	0,69
ASA 4	1,24 (-2,12—4,60)	0,47
Classification de Singh		0,07
Singh 1	Ref	
Singh 2	1,37 (-0,55—3,29)	0,16
Singh 3	1,88 (-0,04—3,80)	0,05
Singh 4	0,89 (-1,01—2,79)	0,36
Singh 5	3,28 (0,32—6,25)	0,03
Classification AO		0,06
A1,1	Réf	
A1,2	0,24 (-1,40—1,88)	0,77
A1,3	-0,16 (-3,53—3,20)	0,92
A2,1	-1,39 (-3,19—0,42)	0,13
A2,2	0,28 (-1,39—1,94)	0,74

A2,3	1,37 (-0,78-3,53)	0,21
A3,1	-0,53 (-2,88-1,82)	0,66
A3,2	2,67 (-0,70-6,03)	0,12
A3,3	-0,47 (-2,58-1,63)	0,66

Tableau 7 : analyses multivariées de la modification du TAD en fonction du type de verrouillage

Variable	Beta (IC 95%)	p-value
<b>Verrouillage</b>		
Statique	Réf	
Dynamique	-0,10 (-0,99-0,79)	0,82
Age	-0,06 (-0,11 — -0,01)	0,03
<b>Sexe</b>		
Femme	Réf	
Homme	-1,42 (-2,45 — -0,40)	0,005
IMC		0,01
<18	-0,66 (-2,41-1,08)	0,45
[18 : 25[	Réf	
[25 : 30[	-1,29 (-2,23 — -0,35)	0,007
[30 : 35[	-2,00 (-3,62 — -0,38)	0,02
[35 : 40[	0,55 (-1,80-2,90)	0,65
≥40	-3,39 (-7,81-1,02)	0,13
Classification de Singh		0,07
Singh 1	Réf	
Singh 2	1,57 (-0,40-3,53)	0,12
Singh 3	1,79 (-0,17-3,75)	0,07
Singh 4	0,87 (-1,14-2,87)	0,39
Singh 5	3,34 (0,28-6,41)	0,03
Classification AO		0,10
A1,1	Réf	
A1,2	-0,20 (-1,89-1,49)	0,81
A1,3	0,28 (-3,10-3,65)	0,87
A2,1	-1,91 (-3,84-0,02)	0,05
A2,2	-0,21 (-1,93-1,50)	0,81
A2,3	0,55 (-1,65-2,75)	0,62
A3,1	-1,04 (-3,45-1,37)	0,40
A3,2	1,81 (-1,54-5,17)	0,29
A3,3	-1,08 (-3,20-1,04)	0,32

Dans cette analyse aucune significativité statistique n'a été rapportée concernant le type de verrouillage et la modification du TAD au cours du suivi.

### III.4.2. Influence du type de verrouillage sur la survie

Tableau 8 : analyses bivariées de la survie en fonction du type de verrouillage

Variable	OR (IC 95%)	p-value
<b>Verrouillage</b>		
Statique	Réf	
Dynamique	0,93 (0,58–1,48)	0,75
Age	1,05 (1,02–1,09)	0,003
<b>Sexe</b>		
Femme	Réf	
Homme	0,95 (-2,29—0,38)	0,90
IMC		0,24
<18	0,51 (0,12–1,50)	0,28
[18 : 25[	Réf	
[25 : 30[	1,07 (0,62—1,80)	0,80
[30 : 35[	0,40 (0,10—1,29)	0,19
[35 : 40[	0,35 (0,02–1,81)	0,32
≥40	NA	0,98
Score ASA		<0,001
ASA 1	Réf	
ASA 2	0,68 (0,10–13,39)	0,73
ASA 3	1,01 (0,17–19,39)	0,99
ASA 4	2,57 (0,42–49,57)	0,39
Classification de Singh		0,66
Singh 1	Ref	
Singh 2	0,70 (0,27–2,07)	0,49
Singh 3	0,60 (0,22–1,79)	0,33
Singh 4	0,50 (0,19–1,48)	0,18
Singh 5	0,55 (0,07–2,87)	0,50
Classification AO		0,57
A1.1	Réf	
A1.2	1,53 (0,55–5,47)	0,46
A1.3	2,33 (0,28–15,25)	0,39
A2.1	1,96 (0,65–7,35)	0,26
A2.2	0,93 (0,31–3,45)	0,91
A2.3	1,62 (0,41–6,93)	0,49
A3.1	1,56 (0,33–7,36)	0,57

A3.2	3,50 (0,57–20,48)	0,16
A3.3	1,13 (0,27–4,96)	0,87

Tableau 9 : analyses multivariées de la survie en fonction du type de verrouillage

Variable	OR (IC 95%)	p-value
<b>Verrouillage</b>		
Statique	Réf	
Dynamique	0,98 (0,64–1,59)	0,94
Age	1,05 (1,01–1,09)	0,004
<b>Score ASA</b>		
ASA 1	Réf	
ASA 2	0,71 (0,11–14,08)	0,76
ASA 3	0,99 (0,16–19,10)	0,99
ASA 4	2,47 (0,38–48,30)	0,42

L'analyse multivariée de la survie en fonction du type de verrouillage ne rapporte pas d'effet du type de verrouillage sur la survie à un an.

### III.4.3. Analyse du glissement de la vis et du risque de protrusion

Tableau 10 analyses bivariées du risque de protrusion en fonction du glissement de la vis

Variable	OR (IC 95%)	p-value
<b>Glissement</b>		
Augmentation	Réf	
Diminution	0,72 (0,23–3,20)	0,62
<b>Verrouillage</b>		
Statique	Réf	
Dynamique	0,50 (0,19–1,23)	0,15
Age	0,95 (0,91–1,00)	0,05
<b>Sexe</b>		



Femme	Réf	
Homme	1,55 (0,63—3,47)	0,33
IMC		0,43
<18	NA	0,99
[18 : 25[	Réf	
[25 : 30[	0,64 (0,18—1,80)	0,43
[30 : 35[	0,59 (0,03—3,06)	0,62
[35 : 40[	NA	0,99
≥40	NA	1,00
Score ASA		0,79
ASA 1	Réf	
ASA 2	NA	0,99
ASA 3	NA	0,99
ASA 4	NA	0,99
Classification de Singh		0,68
Singh 1	Ref	
Singh 2	1,27 (0,21–24,10)	0,83
Singh 3	0,64 (0,09–12,88)	0,70
Singh 4	0,95 (0,16–18,22)	0,96
Singh 5	NA	0,99
Classification AO		0,21
A1.1	Réf	
A1.2	NA	0,99
A1.3	NA	1,00
A2.1	NA	0,99
A2.2	NA	0,99
A2.3	NA	0,99
A3.1	NA	1,00
A3.2	NA	0,99
A3.3	NA	0,99

Tableau 11 analyses multivariées du risque de protrusion en fonction du glissement de la vis

Variable	OR (IC 95%)	p-value
<b>Glissement</b>		
Augmentation	Réf	
Diminution	0,75 (0,23–3,34)	0,66
<b>Verrouillage</b>		
Statique	Réf	
Dynamique	0,66 (0,22–1,83)	0,43
Age	0,96 (0,91—1,01)	0,12

Il n'y a pas d'effet statistiquement significatif entre le déplacement de la vis proximale et le risque de protrusion.

## IV. Discussion

---

### IV.1.1. Protrusion et verrouillage dynamique distal

Dans notre étude le nombre de déplacement secondaire était divisé par deux dans le groupe dynamique comparativement au groupe statique (7 vs 14), il restait inférieur en tenant compte de l'ensemble des déplacements secondaires consécutifs à une chute avant le délai de consolidation (12 vs 17), ce résultat est en accord avec le test de Flemming et Harrington pour  $\alpha=0,05$  et une puissance de 80%.

Le type de verrouillage à choisir lors de la chirurgie reste débattu, peu de données sont disponibles concernant l'effet du verrouillage distal dynamique, l'absence de verrouillage distal est même suggérée par certaines études (46,47) permettant un gain de temps chirurgical, une diminution des irradiations liées au radio, et une diminution des pertes sanguines.

Dans le cadre d'une revue de la littérature de 2020 de l'EFORT(42) le verrouillage devait être adapté au type de fracture et à leur stabilité constatée en per-opératoire notamment d'un point de vue rotatoire.

Différents articles suggèrent une diminution du risque de complication mécanique précoce grâce au verrouillage dynamique(33,48), une étude utilisant le clou Gamma de la société Stryker ne retrouvait pas de différence sur le risque de révision entre le verrouillage statique et dynamique à la fois proximal et distal(49) avec un taux de protrusion global de 2,1%, 2,8% dans le groupe statique et 1,4% dans le groupe dynamique( $p=0,576$ ). Le groupe dit dynamique correspond à une dynamisation à la fois proximale et distale. Cette étude ne comprenant que 142 patients n'a pas fait l'objet d'un calcul du nombre de sujet nécessaire et ne renseigne pas sur la puissance de leur test statistique.

Ce résultat est concordant avec les modèles *in vitro* animaux suggérant que des forces de compressions axiales modérées favoriseraient la consolidation(25,26,50). De nouveau concept tel que la dynamisation inversée(dynamisation initiale du montage puis fixation statique) ont montré des résultats encourageants sur la qualité du cal osseux formé et sa résistance au contrainte en rotation (51).

### IV.1.2. Modification du TAD selon le type de verrouillage

Le verrouillage distal ne semble pas entraîner de mouvement de la vis céphalique au sein de la tête fémorale. A notre connaissance aucune étude dans la littérature n'a cherché à mettre en évidence des modifications du TAD au cours du temps.

### **IV.1.3. Type de verrouillage et survie des patients**

Dans notre étude aucune différence significative n'a été mise en évidence concernant la survie des patients, entre le groupe statique et dynamique. La population de notre étude présente un taux de survie à 1 an de 83%, ce chiffre est à relativiser car les patients décédés avant d'avoir pu compléter le suivi ont été exclus de l'étude. Dans la littérature la survie à un an se rapproche généralement de 70%(52)

### **IV.1.4. Glissement de la vis céphalique et protrusion**

Le déplacement de la vis céphalique au sein du clou matérialisé par un recul de celle-ci était présente dans la majorité des cas (85%), sans être un facteur protecteur statistiquement significatif.

La dynamisation proximale de la vis s'effectue par le serrage de celle-ci puis un desserrage d'un quart de tour. Cette méthode semble peu reproductible la force de serrage étant subjective et sujette à des variations en fonction de l'expérience de l'utilisateur (53,54).

L'effet de cette dynamisation varie selon les auteurs, il permettrait de réduire les contraintes appliquées sur la tête fémoral en diminuant la rigidité du montage (55) cette idée est également supporté par l'équipe Strasbourgeoise de Taglang suggérant que la protrusion pourrait être liée à un sur-serrage du dispositif de verrouillage empêchant ainsi le glissement de la vis (35,56). Nous n'avons pas constaté de diminution du mouvement de la vis dans le groupe déplacement secondaire et ne pouvons donc pas établir de lien entre le déplacement secondaire et le sur-serrage du dispositif de dynamisation proximale.

L'étude de Ruangsillapanan et al (57) retrouvait un temps de consolidation plus court dans le groupe verrouillage dynamique proximale 11,27 semaines +/- 1,7 vs 12,04 +/- 3,11 sans différence statistique  $p = 0,213$ , il retrouvait une différence statistique significative sur le raccourcissement du membre inférieur dans le groupe dynamique 4mm de raccourcissement moyen vs 2mm dans le groupe statique avec  $p = 0,001$ . Cette différence semble peu pertinente d'un point de vu clinique une différence de moins de 2 cm ne portant pas préjudice à la qualité de vie des patients(58).

Hulshof et al ont étudié l'impact de la dynamisation sur le glissement de la vis et ne retrouvait pas de différence entre un groupe verrouillé statiquement et un groupe verrouillé dynamiquement 2,3 vs 2,7mm de déplacement à 6 semaines(58).

#### **IV.1.5. Déplacement secondaire et type de fracture**

Dans notre série le type de fracture ne semble pas influencer la survenue des protrusions, ces résultats sont à nuancer par le nombre relativement faible d'événement, et la présence dans la littérature d'éléments suggérant une augmentation du risque d'échec dans les fractures dites basi-cervicales AO A1.1 et A1.2 allant jusqu'à 10% de protrusion(35). Les fractures dite oblique inversée AO A3.1 et A3.3 pouvant entraîner jusqu'à 12,7% de protrusion(59).

#### **IV.2. Limites de notre étude**

##### **Statut ostéoporotique**

Le degré d'ostéoporose sévère est plus représenté dans le groupe « verrouillage dynamique » que dans le groupe « verrouillage statique ». Le degré d'ostéoporose étant un facteur indépendant de survenue de déplacement secondaire il semblerait qu'il s'agisse d'un biais de sélection. Cependant l'utilisation du score de Singh pour juger du statut ostéoporotique des patients a été remis en question par plusieurs études ce qui vient relativiser cet écueil(60). Cette différence n'est pas favorable à la diminution du nombre de protrusion que nous avons constaté dans le groupe dynamique, et renforce nos conclusions concernant l'intérêt de ce type de verrouillage.

##### **Classification AO**

La distribution des patients en fonction de la classification diffère AO de manière significative entre nos deux groupes,  $p < 0,001$ . Nous avons fait le choix d'utiliser la classification AO et de ses sous-groupes. Pour Chan et al (61) cette classification présente une reproductibilité intra-observateur modérée lorsqu'on utilise les sous-groupes et de modérée à considérable lorsque l'on utilise uniquement les groupes. Des résultats similaires ont été rapportés par Matto et al (62) suggérant une amélioration des scores intra observateur proportionnelle à l'expérience de l'observateur. Dans notre étude l'ensemble des résultats ont été acquis par un seul observateur sur des radiographies, par une simple lecture. Cette limitation pourrait être corrigée en ne considérant la classification AO qu'en 3 groupes au lieu de 9.

## Tip Apex Distance

La mesure à J0 du TAD est de 24,28 sur l'ensemble de la population et est donc conforme au recommandation initiale Baumgaertner et al (36) qui suggéraient un objectif de TAD<25mm. D'autres études ont retrouvé une relation entre le TAD et le risque de protrusion(32,35,55,63–65). L'objectif de TAD semblerait même devoir être abaissé à 20mm d'après des travaux plus récent(66).

Entre les deux groupes le test de Wilcoxon suggère une différence significative  $p=0,0123$  à la faveur du groupe statique  $TAD_{moyenstatique}=23,79$  vs  $TAD_{moyendynamique}=24,82$ .

Ce résultat renforce notre hypothèse principale car malgré un TAD plus élevé, moins de déplacement secondaire ont été observé dans le groupe dynamique.

## Design de l'étude

Le caractère rétrospectif, et la réalisation de mesure sur les des radiographies simples sans scanner peuvent être des limites de l'étude notamment dans la précision des mesures. L'absence de scanner ne permet pas non plus d'observer avec certitude le positionnement de la vis au sein du col fémoral qui est un critère d'importance pour Taglang et al(35) Certains biais de confusions discutés ci-dessus ont été retrouvés, ils doivent cependant être nuancé par le fait qu'au sein du service le verrouillage distal des fractures de l'extrémité supérieure du fémur se fait de manière quasi systématique en dynamique depuis la fin de l'année 2018 sans sélection des patients.

A notre connaissance notre étude est la seconde de la littérature à s'intéresser aux effets du verrouillages dynamique distal des clous courts de fémur, elle est la première à inclure un si grand nombre de patient (527 vs 142) pour Hulshof et al (49).

## Conclusion

---

Le verrouillage distal en position dynamique des clous courts utilisés pour la prise en charge des fractures de l'extrémité supérieure du fémur semble fortement diminuer le risque de protrusion de la vis dans l'articulation coxofémoral comparé au verrouillage statique. Nous avons observé une différence de survenu de l'événement de 50% entre les deux groupes à la faveur du groupe dynamique, les conséquences graves de la protrusion de la vis céphalique au sein de l'articulation coxofémoral, doivent nous inciter à considérer toutes les hypothèses permettant de diminuer sa survenue.

## References bibliographiques

---

1. Melton LJ. Hip fractures: A worldwide problem today and tomorrow. *Bone*. janv 1993;14:1-8.
2. Gomez M, Marc C, Talha A, Ruiz N, Noublanche S, Gillibert A, et al. Fast track care for pertrochanteric hip fractures: How does it impact length of stay and complications? *Orthop Traumatol Surg Res*. sept 2019;105(5):979-84.
3. Baudoin C, Fardellone P, Thelot B, Juvin R, Potard V, Bean K, et al. Hip fractures in France: The magnitude and perspective of the problem. *Osteoporos Int*. mai 1996;6(S3):1-10.
4. Cooper A. *A Treatise on Dislocations and Fractures of the Joints*. Blanchard and Lea; 1851.
5. Steinberg ME. Avascular Necrosis of the Femoral Head. In: Tronzo RG, éditeur. *Surgery of the Hip Joint: Volume II* [Internet]. New York, NY: Springer New York; 1987. p. 1-29. Disponible sur: [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8628-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8628-5_1)
6. Farill J. Orthopedics in Mexic. *J Bone Joint Surg Am*. juill 1952;24 A(3):506-12.
7. Meccariello L, Bisaccia M, Caraffa A, Grubor P, Pipola V, Barron EM, et al. From the Down to Modern Era: The History of the Nailing. *Open Access*. 2016;3(2).
8. Bartoníček J, Rammelt S. The history of internal fixation of proximal femur fractures Ernst Pohl—the genius behind. *Int Orthop*. nov 2014;38(11):2421-6.
9. Bel J, Fischer L. *Histoire du traitement des fractures du col du fémur*. 2011;
10. Bekos A, Sioutis S, Kostroglou A, Saranteas T, Mavrogenis AF. The history of intramedullary nailing. *Int Orthop*. mai 2021;45(5):1355-61.
11. He S, Yan B, Zhu J, Huang X, Zhao J. High failure rate of proximal femoral locking plates in fixation of trochanteric fractures. *J Orthop Surg*. déc 2018;13(1):248.
12. DeCoster T. *A Brief History of Medullary Nailing, New Mexico Perspective*.
13. Sène M, Niang CD, Faye M, Deconninck JC. Le clou de Ender dans le traitement des fractures trochantériennes du sujet âgé. Résultats à propos d'une série de 60 cas. 2003;
14. Levy RN, Siegel M, Sedlin ED, Siffert RS. Complications of Ender-pin fixation in basicervical, intertrochanteric, and subtrochanteric fractures of the hip. *J Bone Joint Surg Am*. janv 1983;65(1):66-9.
15. Davis TRC, Sher JL, Checketts RG, Porter BB. Intertrochanteric fractures of the femur: a prospective study comparing the use of the Küntscher-Y nail and a sliding hip screw. *Injury*. nov 1988;19(6):421-6.
16. Nather A, Tay CK. Application of Kuntscher Y nailing for fractures involving upper end of femur. *Ann Acad Med Singapore*. avr 1982;11(2):178-85.
17. Cuthbert H, Howat TW. The use of the Küntscher Y nail in the treatment of intertrochanteric and subtrochanteric fractures of the femur. *Injury*. 1976;8(2):135-42.
18. Teinturier P, Levai JP, Fabre JL, Terver S, Jaramillo V. La rétroversion automatique du col fémoral lors de l'enclouage fasciculé selon Ender des fractures per-trochantériennes. *Int Orthop*. août 1984;8(1):13-7.
19. Zain Elabdien BS, Olerud S, Karlström G. Ender nailing of pertrochanteric fractures: Complications related to technical failures and bone quality. *Acta Orthop Scand*. janv 1985;56(2):138-43.
20. Kempf I, Grosse A, Taglang G, Favreul E. Gamma nail in the treatment of closed trochanteric fractures. Results and indications of 121 cases. *Orthop Traumatol Surg Res*. févr 2014;100(1):75-83.
21. Perren SM. *Physical and Biological Aspects of Fracture Healing with Special Reference to Internal Fixation*.
22. Carter DR, Blenman PR, Beaupré GS. Correlations between mechanical stress history and tissue differentiation in initial fracture healing: INITIAL FRACTURE HEALING. *J Orthop Res*. sept



1988;6(5):736-48.

23. Aalto K, Holmström T, Karaharju E, Joukainen J, Paavolainen P, Slätis P. Fracture repair during external fixation: Torsion tests of rabbit osteotomies. *Acta Orthop Scand*. janv 1987;58(1):66-70.
24. Goodship A, Kenwright J. The influence of induced micromovement upon the healing of experimental tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br*. août 1985;67-B(4):650-5.
25. Klein P, Schell H, Streitparth F, Heller M, Kassi JP, Kandziora F, et al. The initial phase of fracture healing is specifically sensitive to mechanical conditions. *J Orthop Res*. juill 2003;21(4):662-9.
26. Yamagishi M, Yoshimura Y. THE BIOMECHANICS OF FRACTURE HEALING: *J Bone Jt Surg*. oct 1955;37(5):1035-68.
27. Glatt V, Evans CH, Tetsworth K. A Concert between Biology and Biomechanics: The Influence of the Mechanical Environment on Bone Healing. *Front Physiol* [Internet]. 24 janv 2017 [cité 27 août 2023];7. Disponible sur: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fphys.2016.00678/full>
28. Shin YS, Chae JE, Kang TW, Han SB. Prospective randomized study comparing two cephalomedullary nails for elderly intertrochanteric fractures: Zimmer natural nail versus proximal femoral nail antirotation II. *Injury*. juill 2017;48(7):1550-7.
29. Kukla C, Heinz T, Gaebler C, Heinze G, V?csei V. The Standard Gamma Nail: A Critical Analysis of 1,000 Cases: *J Trauma Inj Infect Crit Care*. juill 2001;51(1):77-83.
30. Utrilla AL, Reig JS, Mu??oz FM, Tufanisco CB. Trochanteric Gamma Nail and Compression Hip Screw for Trochanteric Fractures: A Randomized, Prospective, Comparative Study in 210 Elderly Patients With a New Design of the Gamma Nail. *J Orthop Trauma*. avr 2005;19(4):229-33.
31. Özdemir E, Okkaoglu MC, Evren AT, Yaradilmis YU, Ates A, Altay M. The Cost and Consequences of Failed Osteosynthesis of Intertrochanteric Femur Fractures: A Matched Cohort Study. *Indian J Orthop*. juin 2021;55(3):629-35.
32. Şişman A, Avci Ö, Çepni SK, Batar S, Polat Ö. Risk factors for cut-out in intertrochanteric fractures treated with proximal femoral nail of double proximal screw design. *J Clin Orthop Trauma*. mai 2022;28:101832.
33. Lobo-Escolar A. Predictive factors for cutting-out in femoral intramedullary nailing. 2010;5.
34. Drouinaud A, Alain A, Caudron S, Cunique T, Auditeau E, Marcheix PS. Trochanteric fractures treated by internal fixation using short intramedullary nails: Does the visual intraoperative estimation of the Tip-Apex Distance (TAD) concur with its digital postoperative measurement? *Orthop Traumatol Surg Res*. oct 2021;107(6):103001.
35. Bojan AJ, Beimel C, Taglang G, Collin D, Ekholm C, Jönsson A. Critical factors in cut-out complication after gamma nail treatment of proximal femoral fractures. *BMC Musculoskelet Disord*. déc 2013;14(1):1.
36. Baumgaertner MR, Curtin SL, Lindskog DM, Keggi JM. The value of the tip-apex distance in predicting failure of fixation of peritrochanteric fractures of the hip.: *J Bone Jt Surg*. juill 1995;77(7):1058-64.
37. Konstantinidis L, Grünewald H, Hauschild O, Schröter S, Hirschmüller A, Südkamp NP, et al. Sliding of the load carrier in third-generation intramedullary nails for proximal femur fractures: An in vitro mechanical comparison study. *Proc Inst Mech Eng [H]*. févr 2015;229(2):110-4.
38. Chinzei N, Hiranaka T, Niikura T, Fujishiro T, Hayashi S, Kanzaki N, et al. Accurate and Easy Measurement of Sliding Distance of Intramedullary Nail in Trochanteric Fracture. *Clin Orthop Surg*. 2015;7(2):152.
39. Chang SM, Zhang YQ, Ma Z, Li Q, Dargel J, Eysel P. Fracture reduction with positive medial cortical support: a key element in stability reconstruction for the unstable petrochanteric hip fractures.

- Arch Orthop Trauma Surg. juin 2015;135(6):811-8.
40. Alabdah F, Alshammari A, Hidalgo-Bastida A, Cooper G. A Review of Conventional and Novel Treatments for Osteoporotic Hip Replacements. *Bioengineering*. 25 janv 2023;10(2):161.
  41. Meinberg E, Agel J, Roberts C, Karam M, Kellam J. Fracture and Dislocation Classification Compendium—2018. *J Orthop Trauma*. janv 2018;32(1):S1-10.
  42. Buruian A, Silva Gomes F, Roseiro T, Vale C, Carvalho A, Seiça E, et al. Distal interlocking for short trochanteric nails: static, dynamic or no locking? Review of the literature and decision algorithm. *EFORT Open Rev*. juill 2020;5(7):421-9.
  43. Harrington DP, Fleming TR. A class of rank test procedures for censored survival data. *Biometrika*. 1982;69(3):553-66.
  44. Jones HW, Johnston P, Parker M. Are short femoral nails superior to the sliding hip screw? A meta-analysis of 24 studies involving 3,279 fractures. *Int Orthop*. avr 2006;30(2):69-78.
  45. Schipper IB, Steyerberg EW, Castelein RM, van der Heijden FHWM, den Hoed PT, Kerver AJH, et al. Treatment of unstable trochanteric fractures: RANDOMISED COMPARISON OF THE GAMMA NAIL AND THE PROXIMAL FEMORAL NAIL. *J Bone Joint Surg Br*. janv 2004;86-B(1):86-94.
  46. Skála-Rosenbaum J. Distal locking in short hip nails: Cause or prevention of peri-implant fractures? 2016;6.
  47. Ciaffa V. Unlocked versus dynamic and static distal locked femoral nails in stable and unstable intertrochanteric fractures. A prospective study. 2018;7.
  48. Hernández-Pascual C, Santos-Sánchez JÁ, García-González JM, Silva-Viamonte CF, Pablos-Hernández C, Ramos-Pascua L, et al. Long-term outcomes of distal locking in extracapsular fractures treated with trochanteric Gamma3 nails. *J Orthop Traumatol*. déc 2021;22(1):48.
  49. Hulshof GWL, Van Der Stelt M, Schutte H, Van Koperen Pj, Timmers TK, Van Olden GDJ, et al. Locking in trochanteric fractures: a comparison of static versus dynamic locking using the Gamma3 nail. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 17 août 2022;33(5):1797-804.
  50. Augat P, Simon U, Liedert A, Claes L. Mechanics and mechano-biology of fracture healing in normal and osteoporotic bone. *Osteoporos Int*. mars 2005;16(S02):S36-43.
  51. Bizzarri M, Palombo A, Cucina A. Theoretical aspects of Systems Biology. *Prog Biophys Mol Biol*. mai 2013;112(1-2):33-43.
  52. Wolf O, Mukka S, Ekelund J, Rogmark C, Möller M, Hailer NP. Increased mortality after intramedullary nailing of trochanteric fractures: a comparison of sliding hip screws with nails in 19,935 patients. *Acta Orthop*. 3 janv 2022;146-50.
  53. Parnia F, Yazdani J, Fakour P, Mahboub F, Vahid Pakdel SM. Comparison of the maximum hand-generated torque by professors and postgraduate dental students for tightening the abutment screws of dental implants. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 26 sept 2018;12(3):190-5.
  54. Gareb B, Van Munster VDM, Dijkstra PU, Bos RRM, Vissink A, Van Bakelen NB, et al. Reliability and accuracy of the torque applied to osteosynthesis screws by maxillofacial surgeons and residents. *Sci Rep*. 24 août 2022;12(1):14411.
  55. Docquier PL, Manche E, Autrique JC, Geulette B. COMPLICATIONS ASSOCIATED WITH GAMMA NAILING A REVIEW OF 439 CASES. 2002;68.
  56. Heinz T, Vécsei V. [Complications and errors in use of the gamma nail. Causes and prevention]. *Chir Z Alle Geb Oper Medizen*. nov 1994;65(11):943-52.
  57. Ruangsillapanan, Md N, Rattanakitkoston, Md T, Ittimongkonkul, Md T. Comparison of Dynamic Versus Static Lag Screw Modes for Short Cephalomedullary Nails in the Treatment of Unstable Intertrochanteric Fractures: A Randomized Controlled Trial. *J Southeast Asian Orthop*. 28 juill 2022;46(2):10-6.
  58. Gross RH. LEG LENGTH DISCREPANCY: HOW MUCH IS TOO MUCH? *Orthopedics*.

juill 1978;1(4):307-10.

59. Haidukewych GJ, Israel TA, Berry DJ. Reverse Obliquity Fractures of the Intertrochanteric Region of the Femur: J Bone Jt Surg-Am Vol. mai 2001;83(5):643-50.
60. Koot VC, Kesselaer SM, Clevers GJ, de Hooge P, Weits T, van der Werken C. Evaluation of the Singh index for measuring osteoporosis. J Bone Joint Surg Br. sept 1996;78(5):831-4.
61. Chan G, Hughes K, Barakat A, Edres K, Da Assuncao R, Page P, et al. Inter- and intra-observer reliability of the new AO/OTA classification of proximal femur fractures. Injury. juin 2021;52(6):1434-7.
62. Mattos CA, Jesus AAK, Floter MDS, Nunes LFB, Sanches BDB, Zabeu JLA. Reproducibility of the Tronzo and AO classifications for transtrochanteric fractures. Rev Bras Ortop Engl Ed. sept 2015;50(5):495-500.
63. Morvan A, Boddaert J, Cohen-Bittan J, Picard H, Pascal-Mousselard H, Khiami F. Risk factors for cut-out after internal fixation of trochanteric fractures in elderly subjects. Orthop Traumatol Surg Res. déc 2018;104(8):1183-7.
64. Caruso G, Bonomo M, Valpiani G, Salvatori G, Gildone A, Lorusso V, et al. A six-year retrospective analysis of cut-out risk predictors in cephalomedullary nailing for pertrochanteric fractures: Can the tip-apex distance (TAD) still be considered the best parameter? Bone Jt Res. août 2017;6(8):481-8.
65. Buyukdogan K, Caglar O, Isik S, Tokgozoglu M, Atilla B. Risk factors for cut-out of double lag screw fixation in proximal femoral fractures. Injury. févr 2017;48(2):414-8.
66. Lopes-Coutinho L, Dias-Carvalho A, Esteves N, Sousa R. Traditional distance “tip-apex” vs. new calcar referenced “tip-apex” - which one is the best peritrochanteric osteosynthesis failure predictor? Injury. mars 2020;51(3):674-7.

## Serment d'Hippocrate

---

En présence des maîtres de cette école, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine.

Je dispenserai mes soins sans distinction de race, de religion, d'idéologie ou de situation sociale.

Admis à 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 les crimes.

Je serai reconnaissant envers mes maîtres, et solidaire moralement de mes confrères. Conscient de mes responsabilités envers les patients, je continuerai à perfectionner mon savoir.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir de l'estime des hommes et de mes condisciples, si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

## **Étude préliminaire de l'impact du type de verrouillage distal (statique ou dynamique) des clous courts de fémur sur la survenue de déplacement secondaire des fractures de l'extrémité supérieure du fémur dans une population de plus de 65 ans**

---

Objectif : L'enclouage centromédullaire court est l'un des moyens d'ostéosynthèse des fractures l'extrémité supérieure du fémur proximal. La majeure partie des fabricants proposent un verrouillage diaphysaire distal autorisant ou bloquant la dynamisation axiale du clou. Peu d'études ont exploré l'influence du verrouillage distal sur la survenue de déplacements secondaires caractérisés par une protrusion du matériel à travers la tête fémorale. Le but de notre étude était de démontrer que le verrouillage distal en position dynamique réduisait de moitié les déplacements secondaires.

Méthode : Nous avons réalisé une étude de cohorte rétrospective monocentrique sur une population de patient de plus de 65 ans présentant une fracture l'extrémité supérieure du fémur admis entre septembre 2011 et décembre 2021. La protrusion du matériel était évaluée sur des radios à 12 semaines, l'analyse statistique principale reléguée à un test de Fleming et Harrington.

Résultats : 527 patients ont été inclus dans notre étude. 21 protrusions de la vis céphalique au sein de l'articulation ont été observées, 14(5,22%) dans le groupe verrouillage distal statique et 7(2,6%) dans le groupe verrouillage distal dynamique. Les tests de Fleming et Harrington valident l'hypothèse d'une diminution de moitié du taux de protrusion chez les verrouillages dynamiques comparés aux statiques.

Conclusion / Discussion: Le verrouillage diaphysaire dynamique des clous fémoraux courts dans le cadre de la prise en charge des fractures de l'extrémité supérieur du fémur semble fortement diminuer le risque de déplacement secondaire encourageant à une étude prospective de fort effectif.

---

Mots-clés : Enclouage centromédullaire, clou court de fémur, ostéosynthèse dynamique, fracture de l'extrémité proximale du fémur, protrusion, déplacement secondaire

## **Impact of the distal locking mode (static versus dynamic) of short femoral nail on the onset of cut out rate in a 65 yo population admitted for an upper extremity fracture of the femur**

---

Purpose: The Zimmer Natural Nail is a device used for proximal femur fracture, consisting in a distal interlocking screw and a proximal lag screw. The effect of the dynamization regarding complication is still unknown. The aim of the study is to explore the effect of distal dynamization on the cut-out rate at 3 months.

Methods: A retrospective single-center study using a Fleming and Harrington ( $\alpha=0.05$  and  $p=0.8$ ) test was performed on patients over 65 years old admitted for a proximal femur fracture between September 2011 and December 2021. Cut-out was evaluated at 12 weeks and mortality at one year.

Results: 527 patients were included for analysis. 21 cut-out (3.98%) were observed, 14(5.22%) in the static distal locking group and 7(2.6%) in the dynamic distal locking group.

Result: This result could indicate a reduction of cut-out rate when using the distal screw locking mode of short femoral nail in dynamic for femur upper extremity fracture in a population over 65yo.

---

Keywords : Intramedullary nailing, short femoral nail, dynamic osteosynthesis, femur upper extremity fracture, cut-out



## **Étude préliminaire de l'impact du type de verrouillage distal (statique ou dynamique) des clous courts de fémur sur la survenue de déplacement secondaire des fractures de l'extrémité supérieure du fémur dans une population de plus de 65 ans**

---

**Objectif :** L'enclouage centromédullaire court est l'un des moyens d'ostéosynthèse des fractures l'extrémité supérieure du fémur proximal. La majeure partie des fabricants proposent un verrouillage diaphysaire distal autorisant ou bloquant la dynamisation axiale du clou. Peu d'études ont exploré l'influence du verrouillage distal sur la survenue de déplacements secondaires caractérisés par une protrusion du matériel à travers la tête fémorale. Le but de notre étude était de démontrer que le verrouillage distal en position dynamique réduisait de moitié les déplacements secondaires.

**Méthode :** Nous avons réalisé une étude de cohorte rétrospective monocentrique sur une population de patient de patient de plus de 65 ans présentant une fracture l'extrémité supérieure du fémur admis entre septembre 2011 et décembre 2021. La protrusion du matériel était évaluée sur des radios à 12 semaines, l'analyse statistique principale reléguée à un test de Flemming et Harrington.

**Résultats :** 527 patients ont été inclus dans notre étude. 21 protrusions de la vis céphalique au sein de l'articulation ont été observées, 14(5,22%) dans le groupe verrouillage distal statique et 7(2,6%) dans le groupe verrouillage distal dynamique. Les tests de Flemming et Harrington valident l'hypothèse d'une diminution de moitié du taux de protrusion chez les verrouillages dynamiques comparés aux statiques.

**Conclusion / Discussion:** Le verrouillage diaphysaire dynamique des clous fémoraux courts dans le cadre de la prise en charge des fractures de l'extrémité supérieur du fémur semble fortement diminuer le risque de déplacement secondaire encourageant à une étude prospective de fort effectif.

---

**Mots-clés :** Enclouage centromédullaire, clou court de fémur, ostéosynthèse dynamique, fracture de l'extrémité proximale du fémur, protrusion, déplacement secondaire

