



**HAL**  
open science

# Évaluation scanographique de la précision d'un ancillaire mécanique dans l'arthroplastie totale de genou avec alignement mécanique ajusté

Renaud Prima

► **To cite this version:**

Renaud Prima. Évaluation scanographique de la précision d'un ancillaire mécanique dans l'arthroplastie totale de genou avec alignement mécanique ajusté. Médecine humaine et pathologie. 2024. dumas-04779665

**HAL Id: dumas-04779665**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04779665v1>**

Submitted on 13 Nov 2024

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

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

## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance.

La propriété intellectuelle du document reste entièrement celle du ou des auteurs. Les utilisateurs doivent respecter le droit d'auteur selon la législation en vigueur, et sont soumis aux règles habituelles du bon usage, comme pour les publications sur papier : respect des travaux originaux, citation, interdiction du pillage intellectuel, etc.

Il est mis à disposition de toute personne intéressée par l'intermédiaire de [l'archive ouverte DUMAS](#) (Dépôt Universitaire de Mémoires Après Soutenance).

Si vous désirez contacter son ou ses auteurs, nous vous invitons à consulter en ligne les annuaires de l'ordre des médecins, des pharmaciens et des sages-femmes.

Contact à la Bibliothèque universitaire de Médecine Pharmacie de Grenoble :

[bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr)

Année : 2024

**ÉVALUATION SCANOGRAPHIQUE DE LA PRÉCISION D'UN ANCILLAIRE  
MÉCANIQUE DANS L'ARTHROPLASTIE TOTALE DE GENOU AVEC ALIGNEMENT  
MÉCANIQUE AJUSTÉ**

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

SPÉCIALITÉ : CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE

Par M. Renaud PRIMA

*[Données à caractère personnel]*

SOUTENUE PUBLIQUEMENT À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE GRENOBLE

Le 30/10/2024

DEVANT LE JURY COMPOSÉ DE :

Président du jury :

M. le Pr Jérôme TONETTI

Membres :

M. le Dr Benoît GAULIN (directeur de thèse)

M. le Pr Mehdi BOUDISSA

M. le Dr Brice RUBENS DUVAL

M. le Dr Éric MONTBARBON

*L'UFR de Médecine de Grenoble n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions sont considérées comme propres à leurs auteurs.*

CORPS	NOM Prénom	DISCIPLINE UNIVERSITAIRE
MCF	ADAM Jean-François	Sciences de la rééducation et de réadaptation
PU-PH	ALBALADEJO Pierre	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
PU-PH	ARVIEUX-BARTHÉLÉMY Catherine	Chirurgie viscérale et digestive
PU-PH	ATALLAH Ihab	Oto-rhyno-laryngologie
PU-PH	BAILLET Athan	Rhumatologie
MCU-PH	BAILLIEUL Sébastien	Physiologie
PU-PH	BARONE-ROCHETTE Gilles	Cardiologie
PR Attaché	BARTH Johannes	Chirurgie de l'épaule et du genou
PU-PH	BAYAT Sam	Physiologie
MCU-PH	BELLIER Alexandre	Anatomie
PR Ass.MG	BENDAMENE Farouk	Médecine Générale
PU-PH	BENHAMOU Pierre-Yves	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	BERGER François	Biologie cellulaire
PU-PH	BÉTRY Cécile	Nutrition
MCU-PH	BIDART-COUTTON Marie	Biologie cellulaire
PU-PH	BIOULAC-ROGIER Stéphanie	Pédopsychiatrie ; addictologie
PU-PH	BLAISE Sophie	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
PU-PH	BOISSET Sandrine	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
PU-PH émérite	BONAZ Bruno	Gastroentérologie ; hépatologie
PU-PH	BONNETERRE Vincent	Médecine et santé au travail
PU-PH	BOREL Anne-Laure	Nutrition
PU-PH	BOSSON Jean-Luc	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH émérite	BOTTARI Serge	Biologie cellulaire
PU-PH	BOUDISSA Mehdi	Chirurgie orthopédique et traumatologique
PU-PH	BOUILLET Laurence	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
PU-PH	BOUSSAT Bastien	Épidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	BOUZAT Pierre	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
PU-PH émérite	BRAMBILLA Christian	Pneumologie
PU-PH émérite	BRAMBILLA Elisabeth	Anatomie et cytologie pathologiques
MCU-PH	BRENIER-PINCHART Marie Pierre	Parasitologie et mycologie
PU-PH	BRICAULT Ivan	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH émérite	BRICHON Pierre-Yves	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
MCU-PH	BRIOT Raphaël	Thérapeutique-médecine de la douleur ; Addictologie
PU-PH émérite	CAHN Jean-Yves	Hématologie
PU-PH émérite	CARPENTIER Patrick	Chirurgie vasculaire, médecine vasculaire
PR Ass.MG	CARRILLO Yannick	Médecine Générale
PR Ass. Méd.	CASEZ Olivier	Neurologie
MCU-PH	CASPAR Yvan	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière
PU-PH émérite	CESBRON Jean-Yves	Immunologie

CORPS	NOM Prénom	DISCIPLINE UNIVERSITAIRE
PU-PH	CHABARDÈS Stephan	Neurochirurgie
PU-PH émérite	CHABRE Olivier	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	CHAFFANJON Philippe	Anatomie
MCF Ass.MG	CHAMBOREDON Benoît	Médecine Générale
PU-PH	CHARLES Julie	Dermato-vénéréologie
PU-PH	CHAVANON Olivier	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
MCU-PH	CHEVALLIER Marie	Pédiatrie
PU-PH	CHIQUET Christophe	Ophthalmologie
PU-PH	CHIRICA Mircea	Chirurgie viscérale et digestive
PU-PH	CINQUIN Philippe	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	CLAVARINO Giovanna	Immunologie
MCU-PH	CLIN CHERPEC Rita	Nutrition
PU-PH	COHEN Olivier	Histologie, embryologie et cytogénétique
PU-PH	COURVOISIER Aurélien	Chirurgie infantile
PU-PH	COUTTON Charles	Génétique
PU-PH	CRACOWSKI Jean-Luc	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PU-PH	DEBATY Guillaume	Médecine d'Urgence
PU-PH	DEBILLON Thierry	Pédiatrie
PU-PH	DECAENS Thomas	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
PR Attaché	DEFAYE Pascal	Cardiologie
PU-PH	DEGANO Bruno	Pneumologie ; addictologie
PU-PH	DEMATTEIS Maurice	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PU-PH émérite	DEMONGEOT Jacques	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	DERANSART Colin	Physiologie
PU-PH	DESCOTES Jean-Luc	Urologie
PU-PH	DETANTE Olivier	Neurologie
MCU-PH	DIETERICH Klaus	Génétique
PU-PH	DJAILEB Loïc	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	DONDE-COQUELET Clément	Psychiatrie d'adultes
MCU-PH	DOUTRELEAU Stéphane	Physiologie
MCU-PH	DREVET Sabine	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
PU-PH	DUMAS Guillaume	Médecine intensive-réanimation
PU-PH	DUMESTRE PÉRARD Chantal	Immunologie
PU-PH	ÉPAULARD Olivier	Maladies infectieuses ; Maladies tropicales
MCU-PH	EVAIN Jean-Noël	Anesthésiologie-réanimation et médecine périopératoire
MCU-PH	EYSSERIC Hélène	Médecine légale et droit de la santé
PU-PH émérite	FAGRET Daniel	Biophysique et médecine nucléaire
PU-PH	FAUCHERON Jean-Luc	Chirurgie viscérale et digestive
PU-PH	FAURÉ Julien	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	FERRETTI Gilbert	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	FIARD Gaëlle	Urologie
PU-PH	FONTAINE Éric	Nutrition
PU-PH émérite	FRANÇOIS Patrice	Épidémiologie, économie de la santé et prévention
PR Ass. Méd.	FREY Gil	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire

CORPS	NOM Prénom	DISCIPLINE UNIVERSITAIRE
MCU-MG	GABOREAU Yoann	Médecine Générale
PU-PH	GARBAN Frédéric	Hématologie ; Transfusion
PU-PH	GAUDIN Philippe	Rhumatologie
MCU-PH	GAUTIER-VEYRET Elodie	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
PU-PH	GAVAZZI Gaétan	Médecine interne ; gériatrie et biologie du vieillissement ; addictologie
PU-PH	GAY Emmanuel	Neurochirurgie
MCU-PH	GIAI Joris	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
MCU-PH	GILLOIS Pierre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	GIOT Jean-Philippe	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; Brûlologie
PU-PH	GIRARD Edouard	Chirurgie viscérale et digestive
MCF Ass.MG	GIRARD Pauline	Médecine Générale
MCU-PH	GRAND Sylvie	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH émérite	GRIFFET Jacques	Chirurgie infantile
PU-PH	HAINAUT Pierre	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	HENNEBICQ Sylviane	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
PR Ass. Méd.	HODAJ Hasan	Thérapeutique-médecine de la douleur
PU-PH	HOFFMANN Pascale	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
PU-PH émérite	HOMMEL Marc	Neurologie
PU-PH émérite	JOUK Pierre-Simon	Génétique
PU-PH	JOUVE Thomas	Néphrologie
PU-PH	KAHANE Philippe	Physiologie
PU-PH	KASTLER Adrian	Radiologie et imagerie médicale
MCU-PH	KHERRAF Zine-Eddine	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
PU-PH	KRAINIK Alexandre	Radiologie et imagerie médicale
PU-PH	LABARÈRE José	Épidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	LABLANCHE (CORNALI) Sandrine	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
PU-PH	LANDELLE Caroline	Bactériologie – virologie ; Hygiène hospitalière
PU-PH	LANTUEJOUL Sylvie	Anatomie et cytologie pathologiques
PR Ass. Méd.	LARAMAS Mathieu	Cancérologie ; radiothérapie
MCU-PH	LARDY Bernard	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	LAURENT-COSTENTIN Charlotte	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
MCU-PH	LE GOUELLEC LE PISSART Audrey	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH	LE MARÉCHAL Marion	Maladies infectieuses ; maladies tropicales
PU-PH	LECCIA Marie-Thérèse	Dermato-vénérologie
PR Ass.MG	LEDOUX Jean-Nicolas	Médecine Générale
PU-PH émérite	LETOUBLON Christian	Chirurgie viscérale et digestive
PU-PH émérite	LEVY Patrick	Physiologie
PU-PH	LONG Jean-Alexandre	Urologie
MCU-PH	LUPO Julien	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
MCU-PH	MARLU Raphaël	Hématologie ; Transfusion
PU-PH	MAURIN Max	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
PR Ass. Méd.	MAURENT-PALOMBI Karine	Ophthalmologie
MCU-PH	MC LEER Anne	Histologie, embryologie et cytogénétique
MCU-PH	MEONI Sara	Neurologie

CORPS	NOM Prénom	DISCIPLINE UNIVERSITAIRE
MCU-PH	MEONI Sara	Neurologie
MCU-PH	MEUNIER Mathieu	Hématologie ; Transfusion
PR Ass. Méd.	MICHY Thierry	Gynécologie-obstétrique
MCF Ass.MG	MINIER Pierre	Médecine Générale
MCU-PH	MONDET Julie	Histologie, embryologie et cytogénétique
PU-PH	MORAND Patrice	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
PU-PH	MOREAU-GAUDRY Alexandre	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	MORO Elena	Neurologie
PU-PH	MORO-SIBILOT Denis	Pneumologie ; addictologie
PU-PH	MORTAMET Guillaume	Pédiatrie
PU-PH émérite	MOUSSEAU Mireille	Cancérologie ; radiothérapie
PU-PH émérite	MOUTET François	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique ; brûlologie
MCF Ass.MG	NAVARRE Manon	Médecine Générale
PR Ass. Méd.	NGUON Anne-Sophie	Psychiatrie d'adultes
PR Ass.MG	ODDOU Christel	Médecine Générale
MCU-PH	PACLET Marie-Hélène	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	PAILHÉ Régis	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	PALOMBI Olivier	Anatomie
PU-PH	PARK Sophie	Hématologie ; Transfusion
PU-PH émérite	PAYEN DE LA GARANDERIE Jean-François	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
MCU-PH	PAYSANT François	Médecine légale et droit de la santé
MCU-PH	PELLETIER Laurent	Biologie cellulaire
PU-PH	PELLOUX Hervé	Parasitologie et mycologie
PU-PH	PÉPIN Jean-Louis	Physiologie
PU-PH	PÉRENNOU Dominique	Médecine physique et de réadaptation
PAST	PICARD Julien	Anesthésiologie-réanimation et médecine péri-opératoire
PU-PH	PERNOD Gilles	Chirurgie vasculaire ; Médecine vasculaire
PR	PINSAULT Nicolas	Sciences de la rééducation et de réadaptation
PU-PH	PIOLAT Christian	Chirurgie infantile
PU-PH émérite	PISON Christophe	Pneumologie ; Addictologie
PU-PH émérite	PLANTAZ Dominique	Pédiatrie
PU-PH	POIGNARD Pascal	Bactériologie-virologie ; Hygiène hospitalière
PU-PH émérite	POLACK Benoît	Hématologie ; Transfusion
PU-PH	POLOSAN Mircea	Psychiatrie d'adultes ; Addictologie
MCU-PH	RABATTU Pierre-Yves	Anatomie
PU-PH	RAY Pierre	Biologie et médecine du développement et de la reproduction ; gynécologie médicale
MCU-PH	RENDU John	Biochimie et biologie moléculaire
MCU-PH émérite	RIALLE Vincent	Biostatistiques, informatique médicale et technologies de communication
PU-PH	RIETHMULLER Didier	Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale
PU-PH	RIGHINI Christian	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH émérite	ROMANET Jean Paul	Ophtalmologie
PU-PH	ROSTAING Lionel	Néphrologie
PU-PH	ROUSTIT Matthieu	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie

CORPS	NOM Prénom	DISCIPLINE UNIVERSITAIRE
MCU-PH	ROUX-BUISSON Nathalie	Biochimie et biologie moléculaire
PR Ass.MG	ROYER DE VÉRICOURT Guillaume	Médecine Générale
PU-PH émérite	SARAGAGLIA Dominique	Chirurgie orthopédique et traumatologie
MCU-PH	SATRE Véronique	Génétique
PU-PH	SAUDOU Frédéric	Biologie cellulaire
PU-PH	SCHMERBER Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
PU-PH	SCHWEBEL Carole	Médecine intensive-réanimation
PU-PH	SCOLAN Virginie	Médecine légale et droit de la santé
PU-PH	SEIGNEURIN Arnaud	Épidémiologie, économie de la santé et prévention
PU-PH	SPEAR Rafaëlle	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire
PU-PH émérite	STAHL Jean-Paul	Maladies infectieuses ; Maladies tropicales
PU-PH	STANKE Françoise	Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; addictologie
MCU-PH	STASIA Marie-José	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	STURM Nathalie	Anatomie et cytologie pathologiques
PU-PH	TAMISIER Renaud	Physiologie
PU-PH	THEVENON Julien	Génétique
PU-PH	TOFFART Anne-Claire	Pneumologie ; Addictologie
PU-PH	TONETTI Jérôme	Chirurgie orthopédique et traumatologie
PU-PH	TOUSSAINT Bertrand	Biochimie et biologie moléculaire
PU-PH	TRILLING Bertrand	Chirurgie viscérale et digestive
PU-PH	VALMARY-DEGANO Séverine	Anatomie et cytologie pathologiques
PU-PH	VANZETTO Gérald	Cardiologie
PU-PH	VERRY Camille	Cancérologie ; Radiothérapie
PU-PH	VIGLINO Damien	Médecine d'urgence
PU-PH émérite	ZARSKI Jean-Pierre	Gastroentérologie ; hépatologie ; addictologie
PU-PH	ZAQUI Philippe	Néphrologie

PU-PH	Professeur des universités - Praticien hospitalier
MCU-PH	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
PU-PH émérite*	Professeur des universités - Praticien hospitalier émérite
MCU-PH émérite*	Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier émérite
PU-MG	Professeur des universités de médecine générale
MCU-MG	Maître de conférences des universités de médecine générale
MCF	Maître de conférences des universités
PR Ass. Med.	Professeur des universités associé (à mi-temps)
PR Ass. MG	Professeur des universités de médecine générale associé (à mi-temps)
MCF Ass.MG	Maître de conférences des universités de médecine générale associé (à mi-temps)
PAST	Professeur associé en service temporaire
PR Attaché	Professeur Attaché



## REMERCIEMENTS

### Aux membres du jury :

Au Pr TONETTI, merci de m'avoir fait l'honneur d'être président de mon jury de thèse. Merci pour votre implication dans notre formation. Vos connaissances chirurgicales sont toujours impressionnantes et vous nous délivrez aussi des conseils très pragmatiques au quotidien. Je suis toujours ressorti grandi de mes semestres dans votre service.

Au Pr BOUDISSA, merci d'avoir accepté d'être dans mon jury même si ce n'est pas votre sujet de prédilection. Et merci pour votre pédagogie et votre calme, toujours à l'écoute des internes. Vous êtes un exemple pour tous.

Au Dr RUBENS DUVAL, merci d'être dans mon jury. Je regrette de ne pas avoir pu vous voir opérer plus souvent, n'étant jamais passé au 5<sup>e</sup>, mais vous êtes un modèle de patience et j'ai beaucoup appris pendant les gardes à vos côtés.

Au Dr MONTBARBON, merci pour votre accueil dans votre service, pour votre science chirurgicale et pour votre simplicité. Avec vous, la chirurgie prothétique semble d'une facilité déconcertante. J'ai hâte de continuer cette année à vos côtés.

Au Dr GAULIN, merci d'avoir été mon directeur de thèse. Tu as toujours été à l'écoute et disponible. J'ai toujours aimé aller au bloc avec toi. Il faudra qu'on trouve le temps d'aller prendre une bière ou au moins d'aller faire un baby un de ces quatre !

### **Aux équipes de l'Hôpital Nord :**

Gaël, ta culture scientifique et ta maîtrise chirurgicale sont proverbiales. Te voir opérer est toujours un plaisir, avec cette économie de mouvement qui te caractérises.

Olivier, merci pour ton flegme et ton humilité. La solution la plus simple est souvent la meilleure. Et heureusement que tu es là pour parler foot et rugby dans cette ville qui n'a d'yeux que pour les sports de montagne !

Clémentine, merci pour toutes ces journées au BU. Peu de personnes m'ont autant appris que toi. Je suis ravi de savoir que tu reviens à Nord.

Sébastien, aller au bloc avec toi le lundi est toujours un plaisir.

Guillaume Cavalié, merci pour ta bienveillance et ton humour. Tu es un super chirurgien.

Maxime Saad, j'espère que tu t'amuses bien de l'autre côté du globe. Tu as été un grand frère lors de mon premier passage à Nord. T'es le sang de la veine !

Fanny, j'ai adoré t'avoir comme co-interne puis comme chef ! Tu es la preuve vivante que la gentillesse est possible en chirurgie ! J'ai hâte de te recroiser lors de remplas à Albertville.

Guillaume Chevalier, tu es un chef génial, tu laisses ce qu'il faut d'autonomie au bloc mais tu restes disponible en cas de problème. J'ai hâte que l'on bosse ensemble à Chambé.

Merci à toutes les équipes du 13<sup>e</sup>, du bloc ortho et du bloc des urgences. Vous accueillez toujours les internes avec beaucoup de bienveillance et votre soutien lors des gardes de nuit est essentiel, vous nous évitez beaucoup d'erreurs !

### **Aux équipes de l'Hôpital Sud :**

Au Pr PAILHÉ, merci pour ce travail de thèse, et pour votre accueil lors de mon début d'internat. Vous m'avez donné goût à la chirurgie du genou et de la hanche.

Loïc, tu es d'une efficacité redoutable au bloc, j'ai apprécié travailler avec toi.

Clément, ta polyvalence est remarquable et on est toujours certain d'apprendre des choses avec toi, tu as la pédagogie dans le sang !

Thibault, merci pour ton calme et ton self contrôle à toute épreuve. Tu es un modèle d'équilibre entre vie pro et perso. Merci d'avoir rattraper mes conneries lors de mon premier semestre.

Max Schwach, tu aurais pu avoir la décence de supporter les Verts au lieu du PSG ! Je leur souhaite une prompt élimination dans cette compétition à laquelle l'OM ne participe pas.

Valentin MDB, merci pour ton compagnonnage tout en bonne humeur lors de mon début d'internat

Abdulla, merci pour ton humilité alors que tu sembles omniscient.

Merci à la grande famille du bloc de Sud, c'est vous qui m'avez appris les bases de la chirurgie. J'ai passé de très bons moments dans ce grand bloc ouvert. Vous êtes tous disponibles pour aider et voir progresser les internes années après années.

### **À l'équipe d'orthopédie de Chambéry**

Au Dr BEAUDOUIN, pour votre calme et votre pédagogie quand vous m'expliquez encore et encore les bases de chirurgie de la main. Vous êtes un modèle de polyvalence, absolument rien ne vous fait peur.

Au Dr LE BREDONCHEL, pour votre gentillesse et votre minutie. J'apprends beaucoup en vous regardant opérer car vos chirurgies se doivent d'être parfaites et vous ne tolérez pas la moindre approximation.

Au Dr VASILE, pour votre disponibilité 7J/7 pour répondre à nos questions sur les bassins et les rachis, votre abnégation est un exemple.

Au Dr GIRAUDO, pour ce regard toujours critique sur les dogmes chirurgicaux. Et le meilleur guide sportif de Savoie !

Au Dr HOUILLON, merci pour l'ambiance détendue que tu sais instaurer au bloc, les journées avec toi sont toujours un plaisir.

Au Dr FRANCONY, tu es toujours motivé pour tester de nouvelles techniques, tu as fait grandir ma culture chirurgicale ce semestre. Et merci pour tes démonstrations d'écho et pour tous tes tips et bons plans.

Aux Dr VANDEVELDE et TOUNES, merci de votre patience quand vous rattrapez nos mauvaises prescriptions.

Merci à Paul et Giuliano pour ce début de semestre, on a tenu bon ! Et merci à Mamadou, Louis et Christina pour le renfort salulaire !

À toutes les équipes du secrétariat, des services et des consultations d'ortho, vous abattez une quantité de travail incroyable, vous êtes toujours prêts à rendre service. Bosser avec vous est un plaisir quotidien !

À l'équipe du Bloc de Chambé : merci pour votre accueil, vous alliez compétences et bonne humeur, grâce à vous je n'ai pas la sensation de me rendre au travail quand je vais au bloc. Je suis ravi de rester avec vous une année de plus !

#### **Aux orthopédistes de Marseille :**

Pr ARGENSON, merci pour votre accueil dans la grande école de chirurgie Marseillaise. J'ai beaucoup appris lors de ce semestre. Au Pr FLECHER, merci pour votre pédagogie, avec vous, même les plus grands chantiers semblent simples. Au Pr OLLIVIER, toujours speed mais toujours prêt à laisser la main aux internes, grâce à vous, le savoir-faire en ostéotomies survie. Au Dr PINELLI, pour la voie antérieure, pour ces blocs en musique et pour tous ces cours sur l'histoire de la chirurgie. Au Dr FABRE AUBRESPY, le chirurgien des causes perdus, aucun cas n'est trop complexe pour toi. Au Dr PROST, tu pousses toujours à donner le meilleur de nous-même. Merci à Christophe, Sylvain et Florent, pour votre investissement dans la formation des internes, pour votre patience, vous êtes toujours prêt à laisser la main aux internes avec bienveillance. Et merci à Romain, ta polyvalence et ta débrouillardise m'ont impressionnées, tout comme ta bonne humeur quand on t'appelle à 2h du matin pour opérer !

### **À l'équipe d'ortho pédiatrie :**

Pr COURVOISIER et Dr MAXIMIN, merci pour ces notions de chirurgies de la scoliose. Les modulations de croissances par thoracoscopie étaient très impressionnantes.

Dr EID, vous êtes un modèle de dévouement, d'excellence et de retenue. Je suis reconnaissant d'avoir pu bénéficier de votre expérience.

Emeline, tu es le pilier sur lequel tient l'ortho ped de Grenoble, merci pour ton humour et ton franc-parler.

Nico, merci d'être resté si proches des internes. Si je garde de bon souvenir de mon passage à l'HCE c'est en grande partie grâce à toi !

### **L'équipe de vasculaire thoracique :**

Hélène, j'ai adoré ce semestre en vasculaire, même si je sais que je n'ai fait qu'effleurer ce qui fait le sel de cette spécialité. Tu es un exemple tant sur le plan professionnel que personnel.

Nathalie, nous avons peu eu l'occasion de travailler ensemble, mais ta force tranquille m'a impressionnée. C'est toujours un plaisir de se croiser au CHMS.

Aurélien, merci pour ce semestre. C'est une anomalie que l'on ne soit pas encore partis skier ensemble, il faudra rattraper ça cet hiver.

Marie, merci d'avoir participé à ma culture chirurgicale. J'avoue que voir un cœur qui bat, c'est stylé !

Martin, tu as une réponse à toutes les questions, qu'elles soient médicales ou pour du matériel de sport. Je te souhaite un bon déménagement en infectio.

### **À mes co-internes :**

Virgil, mes trois premiers semestres avec toi ont été géniaux, tu as été un modèle pour mon internat, tant du point de vue pro que pour ton autodérision et ton humour. Je regrette seulement de ne pas avoir pu refaire de semestre avec toi ensuite ! J'espère qu'on aura de nouveau l'occasion de travailler ensemble à Nord !

Pierre, tu es déjà reconnu pour ton talent chirurgical, on aura peut-être l'occasion de travailler un jour ensemble.

Clémentine, tu es un modèle de rigueur et d'efficacité mais sans jamais perdre ton sens de l'humour. On se sera bien marré en ped. Et je t'en dois toujours une pour m'avoir rancardé sur l'article de Nico.

Chalmot, tu caches bien ton jeu derrière ce côté flegmatique. Même si tu fais semblant d'être bourru, on peut toujours compter sur toi. Hâte qu'on rebosse ensemble !

Béregère, tu es une fille en or, toujours là pour rendre service, toujours arrangeante avec tes co-internes. Ton relationnel m'impressionne toujours autant. Et merci d'avoir fait renaitre l'asso pour pouvoir aller au JJOS !

Veyrat, ce premier passage à Nord nous a soudé et tu es devenu depuis un véritable ami. Tu sais garder contact avec les gens. Et effectivement, il est temps que l'on retourne se boire un petit pastis !

Gauthier, on n'aura pas pu partager de semestre ensemble mais c'est toujours un plaisir de se croiser, que ce soit au 13<sup>e</sup> ou au ski !

À Fricault, le lillois-réunionnais. Merci de m'avoir fait découvrir le Picon-bière. C'était un plaisir de partager le bureau du 13<sup>e</sup>. A très vite en congrès ou sur ton île !

À Andréa, merci pour ce semestre incroyable au 13eC l'été dernier. Ta force de caractère est vraiment impressionnante et tu nous auras lâché quelques punch line mémorables !

Maureen, merci d'être toujours aussi décontractée. Tu fais toujours le travail à la perfection tous en rappelant qu'il n'y a pas que l'hôpital dans la vie.

Valentin Daniel, travailler avec toi est un plaisir, tu es calme et tu sais ce que tu veux. Si j'ai bien compris, on ne devrait pas tarder à retravailler ensemble !

Amandine, on n'a pas bossé ensemble mais c'est toujours cool de te croiser au bar ou au 13<sup>e</sup>.

Louise, tu apportes une sacré énergie. Tu sembles toujours choisir la voie la plus difficile mais tu t'en sors toujours avec brio. Je suis sûr que tu deviendras une grande chirurgienne.

Emma, tu es une force tranquille, au milieu de l'agitation rien se semble pouvoir t'atteindre. J'aurais aimé avoir ton accent, tu es une bien meilleure ambassadrice de Marseille que moi.

Samy, on n'aurait pas pu rêver d'un meilleur représentant pour remplacer Virgil. Tu n'as peur de rien et ton courage force l'admiration, en plus d'avoir un sens de la répartie impressionnant. En revanche, pas merci d'avoir mis Veyrat à la muscu, c'était la seule case du cliché ortho qu'il ne cochait pas ;)

Clarisse, Noémie, Joséphine et Arsène, on n'a pas encore eu l'occasion de bosser ensemble mais au plaisir de se croiser au boulot ou au JJOS !

### **À mes amis :**

Arthur, Julien, Théo, Gus, Alexandre, Victoire, Charlotte, Léo, Louis, Marie, Jeanne, Max, Clara, Anto, JK, Marine, Nico, Oliv, Lila, Julien, merci à vous tous d'être là depuis tous ce temps. Je ne vous vois pas autant que je le souhaiterais mais chaque fois que l'on se retrouve, rien n'a changé ! Vous me permettez de m'évader loin du médical. Vous êtes une deuxième famille pour moi.

À Matthieu, quoiqu'il arrive tu restes toujours égal à toi-même, plein d'humour noir et d'autodérision. Les moments passé ensemble se font plus rares mais ils sont toujours aussi précieux

À la team PASTEK : Louis, Léa, Damien, Pauline, Justine, Etienne, Sarah, Julia, Sarah, Aniss ! J'attends toujours avec impatience ces semaines au skis ou à l'océan. En espérant que ça continue encore longtemps.

Justin, t'es le meilleur, toujours partant, que ce soit pour geeker ou pour faire des sorties montagnes. Pourquoi faut-il que tu partes quand j'ai enfin du temps libre ?!

À tous les potes de l'internat : Maud, Coline, Clara, Guillaume, Romain, Nolwenn, Margaux, Pioch, Jeanne, Elodie, Marin, Louis, Jérôme, Tessa, Aristide, Louise, Ikram, Jérémy, Tourette, Clem, Marie, Foucault, Louise, Adrien, Mehdi, Vich, Claire, Solène, Julien, Myriam, Yohann... Pour les soirées covidées et les sorties montagnes, j'ai passé une première année mémorable grâce à vous.

Matthieu, content que l'on se retrouve cet hiver. Je n'aurais pas l'excuse de la thèse cette fois !

À mes parents, merci pour votre soutien et votre amour quel que soit mes choix. Je rentre peu mais cela m'apporte toujours beaucoup de sérénité de retrouver la maison, passer le dernier semestre d'hiver avec vous m'a fait beaucoup de bien. Merci pour la culture que vous m'avez apporté par les voyages et le goût de la lecture.

Alex, merci d'être à mes côtés depuis presque le début de l'internat. Tu apportes beaucoup d'énergie dans ma vie et tu secoues le casanier que je suis. Sans toi ma vie serait beaucoup plus triste et ennuyeuse. J'ai hâte que l'on continue d'écrire notre histoire ensemble !



# TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS .....	7
TABLE DES MATIÈRES .....	15
LISTE DES FIGURES.....	16
LISTE DES TABLEAUX.....	17
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	18
RÉSUMÉ.....	19
I. INTRODUCTION .....	20
II. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	22
A. Données.....	22
B. Technique opératoire dans l'arthroplastie totale de genou.....	23
Principes généraux.....	23
Description de l'ancillaire.....	23
C. Technique opératoire.....	25
<i>Installation et voie d'abord</i> .....	25
<i>Temps tibial</i> .....	26
<i>Temps fémoral</i> .....	26
<i>Resurfaçage patellaire</i> .....	27
<i>Testing avec implants d'essais</i> .....	28
L'alignement mécanique ajusté.....	28
Description des angles.....	29
D. Logiciel Medicaad Knee® .....	30
E. Statistiques .....	31
F. Calculs du critère de jugement principal.....	32
III. RÉSULTATS .....	33
IV. DISCUSSION .....	40
Avantages .....	43
V. CONCLUSION .....	45
BIBLIOGRAPHIE.....	47
SERMENT D'HIPPOCRATE .....	52

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma explicatif de l'espace articulaire visé lors d'une PTG.....	23
Figure 2 : Voie Mid Vastus (b) .....	25
Figure 3 : Coupe tibiale proximale .....	26
Figure 4 : Coupe fémorale distale .....	26
Figure 5 : Gabarit fémoral.....	27
Figure 6 : Resurfaçage patellaire.....	27
Figure 7 : PTG avec implants définitifs .....	28
Figure 8 : Goniométrie avec mesure de l'HKA et HKS sur le genou droit et LDFA et MPTA sur le genou gauche .....	29
Figure 9 : Ellipse du grand trochanter pour mesurer la torsion fémorale sur Medicaad Knee®	30
Figure 10 : Définition du centre du fémur distal sur Medicaad Knee® .....	31
Figure 11 : Flow-chart des inclusions.....	33
Figure 12 : Répartition des PTG en fonction de la précision du LDFA à 2° près.....	34
Figure 13 : Pourcentage de précision des différents paramètres en 3 groupes : "Excellente", "Moyenne" et "Mauvaise".....	35
Figure 14: Forest plot OR des facteurs prédictifs d'une déviation supérieure à 2° en coupe fémorale distale.....	37
Figure 15 : Forest plot OR des facteurs prédictifs d'une déviation supérieure à 2° en coupe fémorale postérieure.....	38
Figure 16 : Forest plot OR des facteurs prédictifs d'une déviation supérieure à 2° de la coupe tibiale .....	38

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : Caractéristiques de la population .....	33
Tableau 2 : Comparaison des objectifs per-opérateurs et des mesures du scanner post opératoire.....	34
Tableau 3 : Comparaison des variables pré et per opératoires entre les patients considérés comme précis et imprécis pour la coupe fémorale distale (analyse univariée).....	36
Tableau 4 : Comparaison des variables pré et per opératoires entre patients considérés comme précis et ceux imprécis pour la coupe fémorale postérieure (analyse univariée) .....	36
Tableau 5 : Comparaison des variables pré et per opératoires entre les patients considérés comme précis et imprécis dans la coupe tibiale (analyse univariée) .....	37
Tableau 6 : Analyses multivariées des OR prédictifs d'une déviation supérieure à 2° pour la coupe fémorale distale, la coupe tibiale et la coupe fémorale postérieure .....	39

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS**

CHUGA : Centre Hospitalier Universitaire Grenoble Alpes

CRO : Compte Rendu Opératoire

HKA : Hip Knee Ankle

HKS : Hip Knee Shaft

IMC : Indice de Masse Corporel

LDFA : Lateral Distal Femoral Angle

MPTA : Medial Proximal Tibial Angle

PE : PolyEthylène

PT : Pente tibiale

PTG : Prothèse Totale de Genou

RE : Rotation externe

TF : Torsion Fémorale

TT : Torsion Tibiale

TTA : Tubérosité Tibiale Antérieure

# RÉSUMÉ

## Introduction

Le bon positionnement des implants dans l'arthroplastie totale de genou est un enjeu majeur tant pour la survie de la prothèse que pour la satisfaction fonctionnelle des patients. Cependant, les résultats fonctionnels étant perfectibles, de nouvelles stratégies d'alignements ont été développées. L'alignement mécanique ajusté est l'une des stratégies actuellement utilisée. Malgré des évolutions dans les philosophies d'alignements, l'ancillaire mécanique est resté l'outil le plus utilisé pour l'implantation des prothèses. Cependant il est probable que celui-ci ne présente pas la précision suffisante pour permettre la réalisation d'un alignement mécanique ajusté. L'objectif de notre étude était d'évaluer la précision de l'ancillaire mécanique dans la pose de prothèse totale de genou selon l'alignement mécanique ajusté.

## Matériel et méthode

Nous avons analysé 161 PTG réalisées entre octobre 2021 et octobre 2022 au CHU de Grenoble. Les patients ont tous bénéficié d'un scanner pré et post opératoire, permettant la mesure du LDFA, du MPTA et de la rotation externe. Les mesures ont été réalisées à l'aide du logiciel Médicad Knee. Le critère de jugement principal était la différence entre le LDFA planifié en per-opératoire et le LDFA obtenu en post-opératoire.

## Résultats

Les écarts moyens entre la planification per-opératoire et le positionnement post opératoire étaient de  $1,51^\circ \pm 2.36^\circ$  ( $p < 0.001$ ) pour le LDFA,  $0,67^\circ \pm 2.50^\circ$  ( $p = 0.016$ ) pour la rotation externe, et  $0,58^\circ \pm 2.27^\circ$  ( $p = 0.001$ ) pour le MPTA. Le taux d'outliers à  $2^\circ$  était de 46% pour le LDFA, de 40% pour la rotation externe et de 33% pour le MPTA.

## Conclusion

Notre étude mettait en évidence une grande variabilité des résultats obtenus et un important nombre d'outliers. Cela souligne la nécessité de continuer à développer des outils afin d'augmenter la précision, car l'ancillaire mécanique ne semble pas présenter la fiabilité requise pour répondre aux exigences de l'alignement mécanique ajusté.

## I. INTRODUCTION

L'arthroplastie totale de genou est le traitement de référence de la gonarthrose invalidante en échec de traitement médical. Du fait du vieillissement de la population, le nombre d'interventions pour arthroplastie totale de genou est en constante augmentation : 80 000 interventions en France en 2013 contre 60 000 en 2008, et à l'échelle mondiale, 175 Prothèses Totales de Genou (PTG) pour 100 000 personnes(1). Certaines études prévoient une augmentation significative dans les décennies futures et avancent a priori le nombre de 250 000 procédures par an aux États-Unis d'ici 2030 et une croissance de 673 %(2).

Les implants, mais également les techniques de poses ont considérablement évolué depuis les années 1990. Le souci d'innovation permanente est animé par un seul but, permettre aux patients de retrouver un genou indolore, stable, aux amplitudes articulaires comparables à celles d'un genou sain afin d'obtenir un niveau d'activité équivalent à la population générale et finalement permettre aux patients d'oublier leur prothèse

Un débat existe sur l'importance de conserver ou non l'anatomie du patient. Mais du fait des contraintes techniques, un alignement « mécanique pur » s'est initialement imposé comme la référence, sans prendre en compte les variations individuels des patients. Cet alignement consiste en des coupes neutres au tibia et au fémur, permettant une meilleure répartition des contraintes, améliorant ainsi la durée de vie des prothèses(3–5). Cependant l'alignement mécanique conduit parfois à une libération ligamentaire, aussi appelé « release », afin d'obtenir des espaces en extension et en flexion équilibrés(6).

Par l'amélioration des techniques de poses et de la qualité des matériaux utilisés, la durée de survie des implants est désormais satisfaisante, permettant de démocratiser cette intervention et de la proposer à des patients plus jeunes(7,8). Mais malgré la maîtrise croissante de cette intervention, les scores fonctionnels à distance de la chirurgie ne sont pas satisfaisants avec un taux d'insatisfaction des patients de 20%(9–12).

De nos jours, l'objectif de l'arthroplastie de genou consiste à créer des articulations du genou plus naturelles, ce qui entraînerait une meilleure satisfaction des patients et, finalement, fera de la prothèse une partie oubliée du corps(13).

À cette fin, différentes philosophies ont été développées dans l'optique de réduire ce chiffre(14). L'alignement « cinématique » respecte la déformation constitutionnelle du patient et ne corrige que la déformation liée à l'usure, ce qui générerait de meilleurs scores fonctionnels(14). Un alignement hybride tel que l'alignement « mécanique ajusté » réalise un compromis dans le but d'obtenir le meilleur équilibrage ligamentaire sans geste de libération des structures capsulo-ligamentaires périphériques, en conservant une partie de l'axe particulier du patient au fémur, ce qui permettrait également une meilleure récupération post-opératoire(15).

À ce jour, le choix de la stratégie d'alignement demeure encore discuté. Un élément déterminant dans le résultat obtenu en termes d'alignement est la qualité et la fiabilité de l'ancillaire utilisé pour atteindre les objectifs d'alignement défini par le chirurgien en pré opératoire.

De nombreuses technologies ont été développées au fil des années afin de gagner en précision lors de l'implantation des implants : ancillaire mécanique conventionnel, implants sur mesures, navigation et plus récemment ancillaire robotique.

À l'heure actuelle et malgré le développement de la chirurgie assistée par ordinateur ou de la robotique, le recours à l'ancillaire mécanique est encore largement plébiscité par les chirurgiens de par le monde. Dans l'étude de Wang et al(16), en 2022, sur 847 496 PTG du registre national américain, 773 719 sont des arthroplasties avec ancillaire mécanique, soit 91.29%. Cependant la capacité de l'ancillaire conventionnel à réaliser un alignement autre que mécanique pur est discutée par de nombreux chirurgiens(17).

Les études cherchant à évaluer la précision des ancillaires mécaniques dans l'arthroplastie totale de genou rapportaient des résultats radiologiques basés sur l'évaluation de goniométrie et de clichés radiographiques simples. Cependant ceux-ci ne permettent qu'une analyse en deux dimensions, induisant des erreurs de mesures induites par le positionnement du patient lors de la réalisation des clichés radiologiques(18). La réalisation de scanner permet quant à elle une analyse précise de l'anatomie des patients et une meilleure précision des angles mesurés(19,20). De surcroit ces travaux s'intéressaient à évaluer la précision des ancillaires mécaniques dans le cadre d'une stratégie d'alignement mécanique pur, et non d'alignement mécanique ajusté(21,22).

À notre connaissance, aucune étude ne s'est basée sur le scanner pour évaluer la précision intrinsèque de l'ancillaire conventionnel dans une optique d'alignement mécanique ajusté dans les arthroplasties totales de genoux.

Selon nous, l'ancillaire mécanique n'est pas suffisamment précis pour permettre l'alignement mécanique ajusté.

L'objectif de cette étude était d'évaluer la précision de l'ancillaire mécanique nécessaire à l'implantation de la prothèse Triathlon® du Laboratoire STRYKER pour la coupe fémorale distale, par la mesure du LDFA.

## **II. MATÉRIELS ET MÉTHODES**

### **A. DONNÉES**

Il s'agit d'une étude monocentrique, rétrospective sur cohorte de patients présentant une gonarthrose tri-compartimentale et ayant bénéficié d'une arthroplastie totale de genou à l'hôpital Sud du CHUGA (Centre Hospitalier Universitaire Grenoble-Alpes).

Tous les patients bénéficiant d'une PTG ont bénéficié d'un scanner pré et post opératoire de manière systématique. Ces scanners ont été analysés de manière rétrospective en ne prenant en compte que les prothèses posées avec un ancillaire mécanique et selon la technique dite « mécanique ajustée », entre octobre 2021 et octobre 2022. Les critères d'inclusion étaient d'avoir bénéficié d'une arthroplastie totale de genou de première intention quelle que soit la cause de la gonarthrose, par une prothèse Triathlon Stryker®, à l'aide d'un ancillaire mécanique selon la méthode de l'alignement mécanique ajusté. Les critères d'exclusions étaient une arthroplastie utilisant des prothèses d'autres laboratoires, les prothèses de reprise, et l'absence des scanners pré ou post opératoire. Toutes les interventions ont été réalisées par un seul opérateur, RPa, avec une forte expérience dans cette chirurgie. Toutes les analyses scanners ont été réalisées par le même évaluateur.



## B. TECHNIQUE OPÉRATOIRE DANS L'ARTHROPLASTIE TOTALE DE GENOU

### GENOU

#### Principes généraux

Le principe de l'arthroplastie totale de genou est de remplacer les compartiments articulaires fémoro-tibiaux +/- le compartiment fémoro-patellaire afin d'obtenir une articulation indolore et stable. On réalise pour cela une séquence de 6 coupes successives, une au tibia et cinq au fémur, afin de conformer l'os à la réception des implants. Ensuite, un implant en polyéthylène hautement réticulé est interposé entre les deux composants afin d'assurer un espace de glissement et d'amortie. Le genou étant une articulation avec une faible congruence articulaire, elle doit sa stabilité aux structures ligamentaires périphériques dont les stabilisateurs principaux sont le ligament collatéral médial en interne et le ligament collatéral latéral en externe. La prise en compte de ces structures et leur préservation sont donc des préoccupations centrales afin d'obtenir un espace articulaire équilibré en extension et en flexion. (Figure 2)

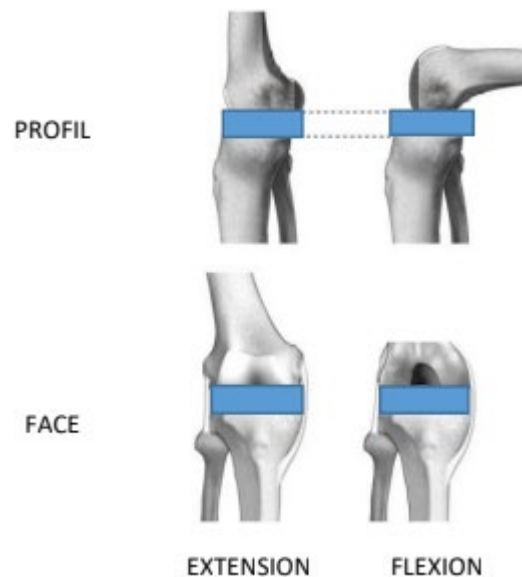
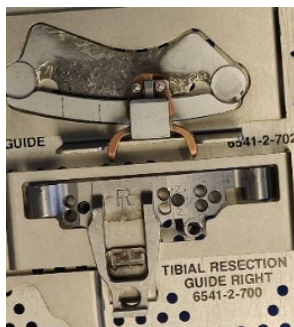


Figure 1 : Schéma explicatif de l'espace articulaire visé lors d'une PTG (source : <https://www.iacos.fr/prothese-totale-de-1>, consultée le 25/08/2024)

#### Description de l'ancillaire

Nous avons utilisé la prothèse Triathlon® de la société STRYKER (Kalamazoo, Michigan, USA).



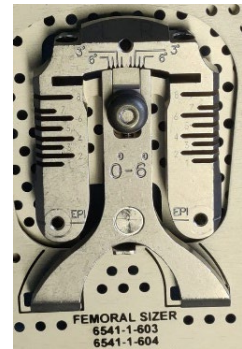
Guide de coupe tibial : on utilise une tige guide extra médullaire pour positionner le guide. Celui-ci comprend 3° de pente tibiale. Une fois fixé, il permet de couper 2mm supplémentaires si nécessaire.

Guide de coupe fémoral : on utilise une tige guide intra médullaire. Il permet une fois en position de modifier la coupe fémorale distale.



Guide de coupe quatre en un : permet, une fois la taille de l'implant fémoral et la rotation externe choisies d'effectuer les coupes fémorales antérieures et postérieures et les chanfreins.

Gabarit fémoral : permet de mesurer la taille de l'implant fémoral et de modifier la rotation de l'implant.

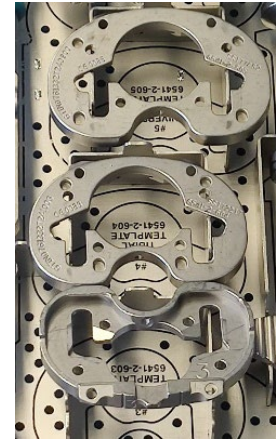


Tenseur ligamentaire : en le plaçant dans l'espace quadrangulaire de l'articulation, permet de mesurer l'équilibre ligamentaire en flexion et en extension, ainsi que la taille de cet espace.

Guide de coupe patellaire : maintient la patella en position pendant la coupe et garanti une épaisseur résiduelle satisfaisante.



Implants d'essais fémoral, tibial et patellaire : de la même taille que les implants définitifs, permettent le testing du genou en per-opératoire.



## C. TECHNIQUE OPÉRATOIRE

La prothèse Triathlon est une prothèse ultra congruente, dont la stabilité en rotation est obtenue par l'ajustement des surfaces convexes fémorales et concaves tibiales. Cela permet la section des ligaments croisés mais nécessite de conserver les ligaments collatéraux.

Les prothèses ne sont pas cimentées, la visée tibiale s'effectue avec un guide extra-médullaire. Le resurfaçage de la patella était effectué au cas par cas selon l'état d'usure de la patella constatée en peropératoire.

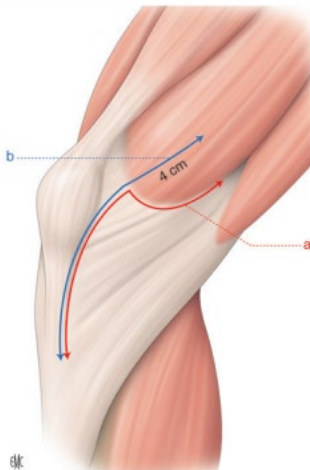


Figure 2 : Voie Mid Vastus (b)  
Clavé A, Cheval D, Williams T,  
Dubrana F. Voies d'abord du  
genou. Dans: Encyclo Méd Chir,  
Techniques chirurgicales -  
Orthopédie-Traumatologie [44-  
720] [En ligne]. 2015. p. 1-15.

### **Installation et voie d'abord**

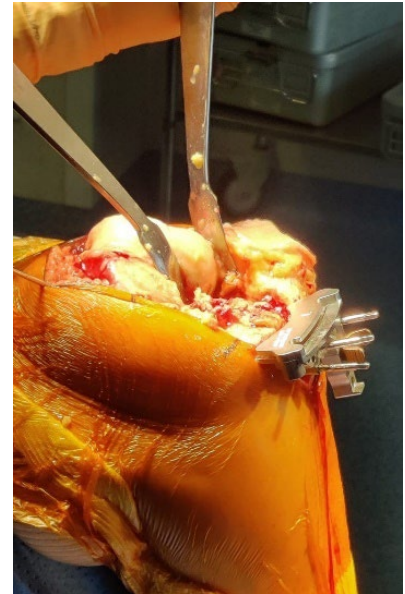
Le patient est installé en décubitus dorsal, le genou fléchi à 90°, sans garrot. Une incision médiane est réalisée dans l'axe du membre. La peau et les tissus sous cutanés sont incisés et une arthrotomie est réalisée en para-patellaire médial, avec un abord « mid-vastus ». L'insertion tibiale du ligament latéral interne est libérée sur sa portion antérieure pour permettre la mise en place du guide de coupe. La patella est subluxée en externe sans être éversée pour limiter les contraintes sur le tendon patellaire et prévenir une avulsion de la tubérosité tibiale antérieure. Les ligaments croisés antérieur et

postérieur ne sont pas conservés, les ménisques sont retirés et le tibia est luxé vers l'avant à l'aide d'un écarteur type contre coudé ou de Hohmann.

### ***Temps tibial***

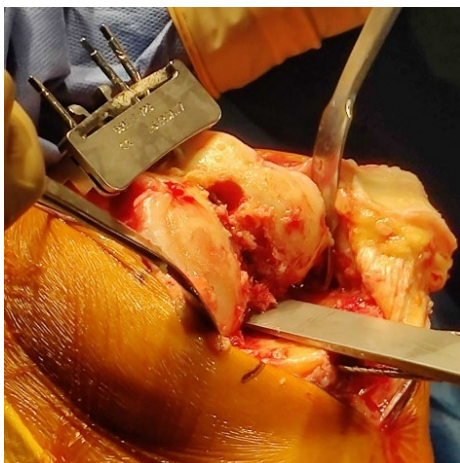
Le guide de coupe tibial est positionné à l'aide d'une visée extra-médullaire permettant de centrer le guide et de définir la pente tibiale adéquate, et un palpeur permet de choisir l'épaisseur de coupe minimale, le point de référence étant généralement placé dans le compartiment présentant l'usure la plus importante. Puis le guide est fixé à la face antérieure du tibia proximal. La coupe est réalisée avec une scie oscillante.

Afin d'ajuster la coupe fémorale, la tension ligamentaire est évaluée genou en extension à l'aide d'un tenseur placé dans l'espace libéré par la coupe tibiale proximale.



*Figure 3 : Coupe tibiale proximale*

### ***Temps fémoral***



*Figure 4 : Coupe fémorale distale*

La visée fémorale s'effectue avec une visée intra-médullaire. Une tige guide est introduite dans le fût fémoral et le guide de coupe fémorale distale est positionné dessus, en contact avec les condyles fémoraux. La coupe fémorale distale est induite par la modification de la rotation mise dans le guide. Une fois le guide de coupe fixé au fémur, la tige guide est retirée et on effectue la coupe fémorale distale. Les espaces en extension et en flexion sont contrôlés à l'aide du tenseur ligamentaire pour vérifier qu'ils sont équilibrés.

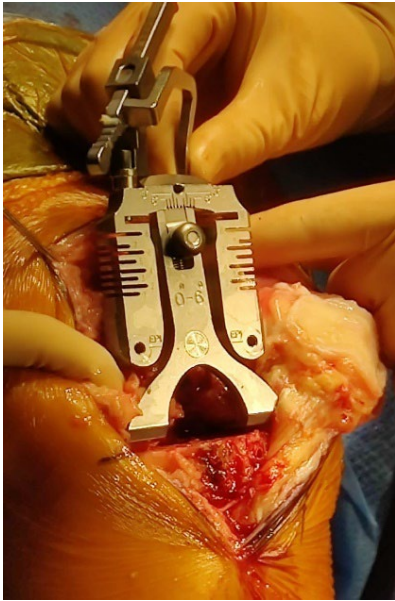


Figure 5 : Gabarit fémoral

Le gabarit est ensuite positionné au contact des condyles postérieurs et un stylet permet de mesurer la taille de l'implant fémoral. Le gabarit peut être positionné plus ou moins en rotation afin d'ajuster la coupe fémorale postérieure à l'équilibre ligamentaire mesuré en flexion. Ainsi la rotation externe induite dans le carter fémoral est définie à partir du plan bi condylien postérieur. On positionne ensuite le guide de coupe 4 en 1 de la taille adaptée pour le chanfrein fémoral. Puis on réalise les coupes antérieures, condyliennes postérieures, et les chanfreins antérieur et postérieur. Les éventuels ostéophytes postérieurs sont retirés. Nouvelle mesure de l'espace en flexion.

### ***Resurfaçage patellaire***

En cas de resurfaçage de la patella, on repasse le genou en extension, la patella est éversée puis dénervée. Une coupe a minima est réalisée de manière à conserver la plus grande épaisseur possible et l'aileron externe est sectionné pour favoriser l'engagement de la patella lors du passage en flexion.

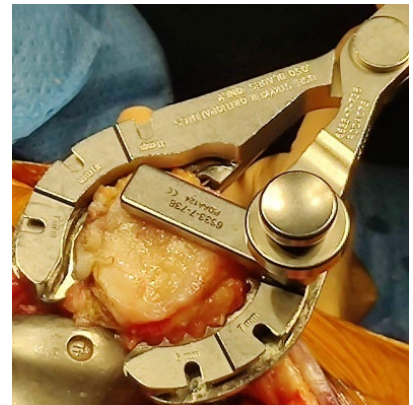
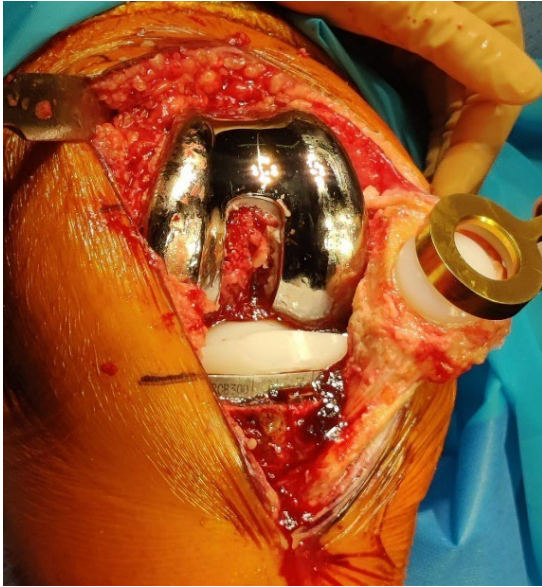


Figure 6 : Resurfaçage patellaire

### **Testing avec implants d'essais**



*Figure 7 : PTG avec implants définitifs*

Le plateau tibial d'essai de la taille adaptée est ensuite choisi, et son placement en rotation est contrôlé. On positionne ensuite l'essai fémoral et on choisit une épaisseur de polyéthylène (PE) afin d'obtenir une prothèse définitive équilibrée et stable en flexion et en extension.

Si le testing est satisfaisant, le PE et les implants fémoraux et patellaires d'essais sont retirés et le guide du perforateur du plateau tibial est assemblé sur le plateau d'essai de manière à réaliser l'empreinte qui accueillera l'implant définitif. On retire ensuite le plateau d'essai.

Les implants définitifs sont ensuite impactés. Dans notre centre, nous utilisons des implants non cimentés recouverts d'hydroxyapatite. Un ultime testing est effectué et on réalise une fermeture en 3 plans en flexion.

### **L'alignement mécanique ajusté**

Durant de nombreuses années la philosophie d'alignement en usage au sein du service de chirurgie orthopédique de l'Hôpital Sud était celle d'un alignement mécanique avec pour objectif principal la restauration d'un axe neutre et l'obtention d'un HKA cible à 180°.

Depuis 2019, l'alignement mécanique ajusté a progressivement remplacé l'alignement mécanique pur en termes d'objectif d'alignement. Celui-ci diffère de l'alignement mécanique pur en plusieurs points.

Dans l'alignement mécanique, l'objectif est de conserver un alignement global du membre le plus proche de 180°, en effectuant des coupes tibiales et fémorales à 90°.

Comme décrit par Vendittoli et Rivière(14), lors de l'alignement mécanique ajusté, l'objectif est de s'adapter au mieux à l'équilibre ligamentaire pour éviter de réaliser une libération. Ainsi,

dans cette technique, la coupe tibiale est toujours coupée à 90° afin de maintenir le tibia aligné mécaniquement et l'ajustement se fait sur la coupe fémorale en sous corrigeant la déformation frontale constitutionnelle jusqu'à un maximum de 3°. Les déformations plus sévères sont atténuées. On cherche à obtenir un alignement frontal de 180° +/- 3° avec l'absence de gestes sur les parties molles. Les PTG n'atteignant pas les objectifs de précision ciblés sont désignées sous le terme d' « outliers ».

### Description des angles

- **HKA** : « Hip Knee Ankle », angle formé par deux droites, l'une tirée du centre de la tête fémorale au centre du genou et l'autre entre le centre du genou et le centre de la cheville. Représente l'axe mécanique de la jambe. On parle de genu ou de prothèse en varus lorsque cet angle est inférieur à 180° et de valgus lorsque celui-ci est supérieur à 180°.
- **HKS** : « Hip Knee Shaft », angle formé entre l'axe mécanique du fémur et l'axe de la diaphyse fémorale.
- **MPTA** : « Medial Proximal Tibial Angle », angle entre l'axe mécanique du tibia et la tangente aux plateaux tibiaux.
- **LDFA** : « Lateral Distal Femoral Angle », angle entre l'axe mécanique du fémur et la tangente aux condyles fémoraux.
- **RE** : « Rotation externe », angle entre la ligne passant par les épicondyles et la tangente aux condyles fémoraux sur des coupes axiales.
- **Pente tibiale (PT)** : Angle entre l'axe mécanique du tibia et la tangente aux plateaux tibiaux de profil

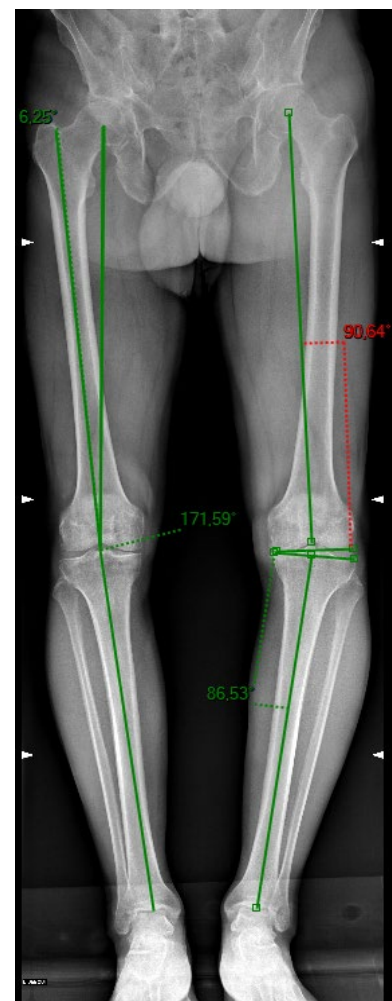


Figure 8 : Goniométrie avec mesure de l'HKA et HKS sur le genou droit et LDFA et MPTA sur le genou gauche

- **Torsion fémorale (selon Waidelich)(23)** : traduit le degré d'antéversion du col. Angle entre la droite passant entre le centre de la tête fémorale et le centre d'une ellipse s'inscrivant dans le grand trochanter, et la droite tangente aux condyles fémoraux (**Figure 9**)
- **Torsion tibiale (selon Waidelich)** : angle entre la tangente postérieure aux plateaux tibiaux et la perpendiculaire à la droite passant par le centre du tibia et de la fibula au niveau de la cheville.

## D. LOGICIEL MEDICAD KNEE®

Les mesures angulaires du LDFA et des autres critères de jugements secondaires étaient obtenues après la réalisation d'un marquage scanographique.

Nous avons utilisé le logiciel Mediacad Knee® commercialisé par la société Mediacad Hectec®. Celui-ci est validé pour la mesure automatisée de paramètre radiologique et la planification dans l'arthroplastie totale de genou et l'arthroplastie de hanche. La mesure des angles repose sur le placement des différents marqueurs anatomiques.

Les marqueurs utilisés dans notre étude sont les suivants :

- Centre de la tête fémorale
- Sommet du grand trochanter
- Epicondyles fémoraux
- Ellipse s'inscrivant dans le grand trochanter
- Points les plus postérieurs des condyles fémoraux
- Points les plus distaux des condyles fémoraux
- Tangentes aux points les plus latéraux et médiaux des condyles fémoraux
- Point le plus proximal de la trochlée
- Points les plus postérieurs des plateaux tibiaux

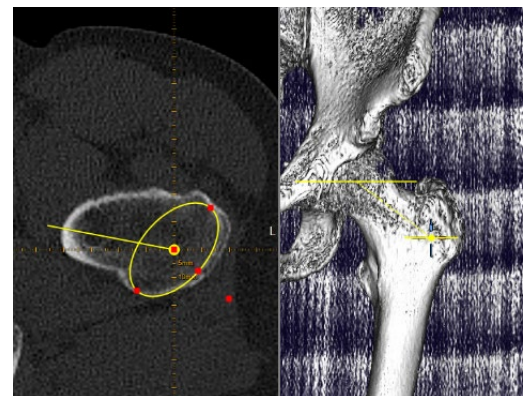


Figure 9 : Ellipse du grand trochanter pour mesurer la torsion fémorale sur Mediacad Knee®



- Points les plus proximaux des plateaux tibiaux et les tangentes au point le plus latéral et le plus médial des plateaux, ainsi que le plus antérieur et le plus postérieur du plateau médial
- Points les plus antérieurs et postérieurs du tibia et de la fibula en distal
- Points les plus distaux du tibia distal et tangentes aux points les plus antérieurs et postérieurs du tibia distal

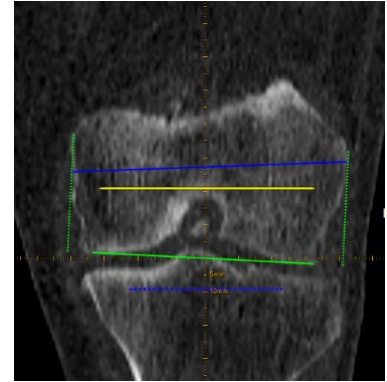


Figure 10 : Définition du centre du fémur distal sur Mediacad Knee®

A partir de ces marqueurs, le logiciel calcul de manière automatique les angles étudiés dans notre étude.

## E. STATISTIQUES

Le critère de jugement principal était la précision à 2° près de la coupe fémorale distale par la mesure du LDFA. Les PTG ayant une modification du LDFA s'écartant de plus de 2° de la planification peropératoire étaient considérées comme outliers.

Les critères de jugements secondaires étaient la précision en rotation externe par la mesure de la coupe fémorale postérieure et la précision de la coupe tibiale par mesure du MPTA.

Les moyennes et les écarts types ont été calculés, de même que la différence moyenne entre l'objectif peropératoire et le scanner postopératoire. Le test t de Student a été utilisé pour déterminer la significativité de ces différences.

Plusieurs séries ont orienté le choix de notre seuil de précision. En effet, chez Bugbee et al, la précision globale variait entre 1.5° et 2.5°(24). Le seuil était de 1° pour Laddha et al(25). A 3° chez Kim et al(26). Enfin, Song(27) et Sires(28) classaient les prothèses comme « excellente » si comprise dans les 2° de précision, « moyenne » dans les 3° et « mauvaises » au-delà. Nous avons donc choisi d'utiliser cette classification, et les pourcentages de PTG se trouvant dans chaque groupe ont été calculés.

La distribution non normale des variables pré opératoires a été calculée avec un test de Shapiro-Wilk, puis des analyses univariées ont été réalisées avec un test de Mann Whitney sur le site BiostatTGV®. Des analyses multivariées par régression logistique ont ensuite été effectuées avec le logiciel EasyMedStat®, en utilisant les variables précédemment significatives, afin d'identifier les facteurs pouvant prédire un manque de précision de ces paramètres.

Nous avons également réalisé des analyses de la reproductibilité intra et inter observateurs des mesures scanners avec un score ICC de Coefficient de Corrélation Intraclasse avec le logiciel MedCalc®. Ce score est considéré comme excellent si égal à 1, très bon si  $> 0.8$ , bon si  $> 0.6$ , fiabilité modérée si  $> 0.4$  et mauvais si  $> 0.2$ .

## **F. CALCULS DU CRITÈRE DE JUGEMENT PRINCIPAL**

Les critères de jugement ont été calculés en comparant les mesures scanographiques post-opératoires avec les mesures pré-opératoires après application des modifications souhaitées par le chirurgien selon les données des comptes rendus opératoires.

Le critère de jugement principal était la mesure du LDFA.

Les critères de jugements secondaires étaient la mesure du MPTA et de la RE.

### III. RÉSULTATS

Nous avons identifié 250 PTG posées par RPa à l'hôpital Sud entre octobre 2021 et octobre 2022 selon l'alignement mécanique ajusté. 44 ont été exclus par manque de données (le scanner pré opératoire ou post opératoire était manquant) et 45 se sont révélées ne pas être des prothèses Triathlon® à la lecture du scanner (**Figure 11**). 161 PTG ont finalement été incluses.

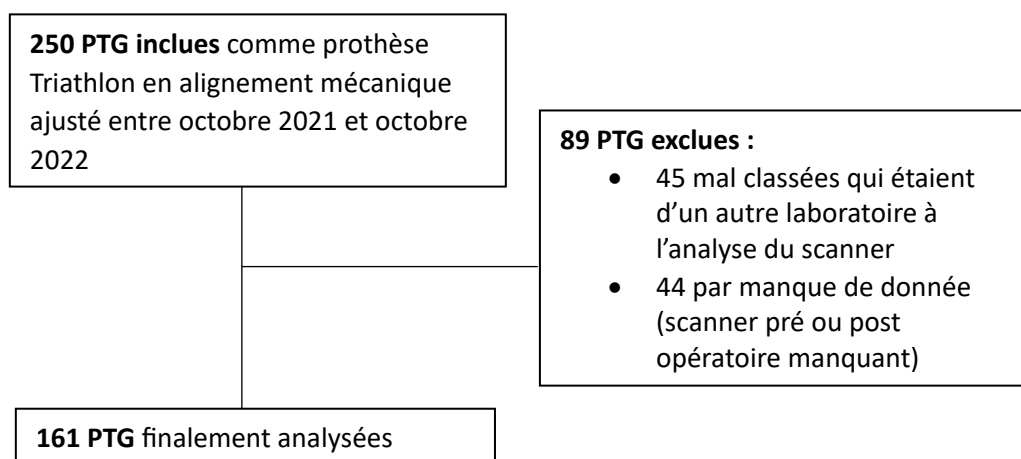


Figure 11 : Flow-chart des inclusions

Les caractéristiques de la population sont résumées dans le **Tableau 1**. Le groupe se composait à 60% de femmes et l'âge moyen était de 72 ans. En pré-opératoire, 113 genoux étaient en varus et 48 en valgus, avec un HKA moyen de 177.39° (161.8° - 189.79°). 13 patients présentaient des varus supérieurs à 10°.

Tableau 1 : Caractéristiques de la population

Caractéristiques	Population n = 161
Femme, n (%)	97 (60.2)
Age en années, moyenne (min – max)	72 (46 – 94)
Côté droit, n (%)	74 (45.9)
IMC, moyenne (min – max)	29.4 (16.12 – 49.60)
HKA, moyenne (min – max)	177.39° (161.8° – 189.79°)
LDFA, moyenne (min – max)	87.68° (81.77° – 93.62°)
MPTA, moyenne (min – max)	87.55° (77.25° – 100.66°)
RE, moyenne (min – max)	5.92° (0.52° – 11.82°)

Nous avons analysé la précision de nos mesures, la reproductibilité intra observateur était très bonne avec une valeur ICC moyenne de 0.89 et la reproductibilité inter observateur également avec un score ICC de 0.82 ce qui est comparable aux scores retrouvés dans la littérature(29).

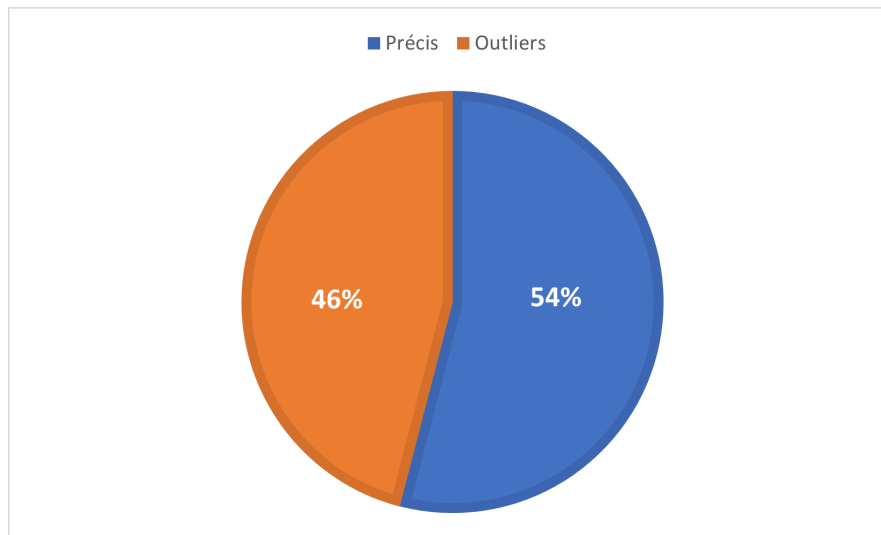


Figure 12 : Répartition des PTG en fonction de la précision du LDFA à 2° près

Concernant le critère de jugement principal, la différence moyenne entre le LDFA post opératoire et l'objectif per-opératoire était de  $1.51^\circ \pm 2.36^\circ$ , et le taux d'outliers était de 46% (Figure 12). Pour la rotation externe, la différence moyenne était de  $0.67^\circ \pm 2.50^\circ$  et de  $0.58^\circ \pm 2.27^\circ$  pour la coupe tibiale. Toutes ces différences étaient statistiquement significatives (Tableau 2).

Tableau 2 : Comparaison des objectifs per-opératoires et des mesures du scanner post opératoire

Angle	Objectif per opératoire	Post opératoire	Différence moyenne	p-value
LDFA	$88.63^\circ (\pm 2.65^\circ)$	$90.14^\circ (\pm 2.09^\circ)$	$1.51^\circ (\pm 2.36^\circ)$	<0.001
RE	$2.85^\circ (\pm 2.50^\circ)$	$3.52^\circ (\pm 2.45^\circ)$	$0.67^\circ (\pm 2.50^\circ)$	0.016
MPTA	$90^\circ$	$89.41^\circ (\pm 2.27^\circ)$	$-0.58^\circ (\pm 2.27^\circ)$	0.001

Les résultats sont présentés en moyenne et en écart type sauf si précisé

Pour la coupe fémorale distale, 54% des prothèses obtenaient une précision excellente, 19.3% une précision moyenne et 26.7% une mauvaise précision. Pour la rotation externe, la répartition était de 60.9%, 18% et 21.1% dans ces 3 groupes respectifs et de 67%, 17.3% et 15.5% pour la coupe tibiale. (Figure 13) En post opératoire, le taux de PTG ayant un HKA entre  $177^\circ$  et  $183^\circ$  est de 72%.

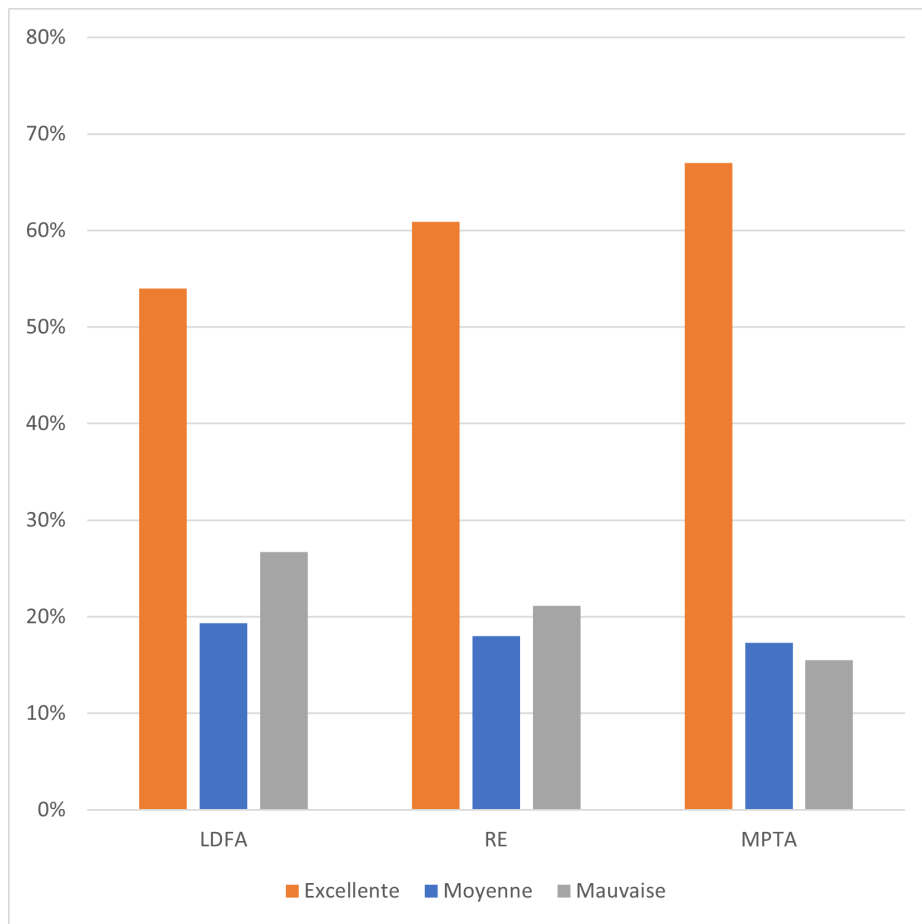


Figure 13 : Pourcentage de précision des différents paramètres en 3 groupes : "Excellente", "Moyenne" et "Mauvaise"

Des analyses univariées pour les différents angles ont été réalisées entre deux groupes, « Précis » si l'écart était inférieur à 2° et « Imprécis » s'il était supérieur à 2°, afin de chercher des critères prédictifs. Pour la coupe fémorale distale, le LDFA, l'HKS pré-opératoire et l'importance de la correction planifiée ressortaient significativement de l'analyse univariée (**Tableau 3**). Concernant la coupe fémorale postérieure, seule la rotation externe pré-opératoire semblait influencer de manière significative la précision per-opératoire (**Tableau 4**). Concernant la coupe tibiale, l'IMC plus importants semblait favoriser un manque de précision et un MPTA plus proche de 90° semblait favoriser une meilleur précision (**Tableau 5**).

**Tableau 3 : Comparaison des variables pré et per opératoires entre les patients considérés comme précis et imprécis pour la coupe fémorale distale (analyse univariée)**

Paramètres préopératoires	Précis n=87 (54%)	Imprécis n=74 (46%)	P value
IMC	29.29 (28.01 – 30.57)	28.75 (27.57 – 29.93)	0.31
Torsion fémorale (°)	20.93 (19.23 – 22.63)	20.04 (18.13 – 21.95)	0.53
Torsion tibiale (°)	34.76 (32.81 – 36.71)	32.54 (30.68 – 34.4)	0.16
Pente tibiale médiale (°)	8.63 (7.97 – 9.29)	9.00 (8.23 – 9.77)	0.53
Pente tibiale latérale (°)	8.03 (7.39 – 8.67)	8.82 (8.05 – 9.59)	0.2
HKA (°)	177.11 (176.16 – 178.06)	177.73 (176.39 – 179.07)	0.4
HKS (°)	<b>6.47 (6.26 – 6.68)</b>	<b>6.05 (5.84 – 6.26)</b>	<b>0.008</b>
MPTA (°)	87.77 (86.95 – 88.59)	87.30 (86.39 – 88.21)	0.64
LDFA (°)	<b>88.18 (87.83 – 88.53)</b>	<b>87.09 (86.57 – 87.61)</b>	<b>0.0001</b>
RE (°)	5.79 (5.37 – 6.21)	6.07 (5.63 – 6.51)	0.47
RE opératoire (°)	3.16 (2.75 – 3.57)	2.96 (2.51 – 3.41)	0.39
Coupe fémorale distale CRO (°)	<b>5.10 (4.86 – 5.34)</b>	<b>5.58 (5.30 – 5.86)</b>	<b>0.016</b>
HKS pre – HKS CRO	<b>1.37 (1.07 – 1.67)</b>	<b>0.46 (0.09 – 0.83)</b>	<b>0.0002</b>
Taille implant fémoral	4.51 (4.18 – 4.84)	3.96 (3.66 – 4.26)	0.19*
Les résultats sont présentés en moyenne et en Intervalle de Confiance (IC 95%) sauf si précisé			
* Test de Fisher			

**Tableau 4 : Comparaison des variables pré et per opératoires entre patients considérés comme précis et ceux imprécis pour la coupe fémorale postérieure (analyse univariée)**

Paramètres préopératoires	Précis n=98 (60.9%)	Imprécis n=63 (39.1%)	P value
IMC	29.69 (28.48 – 30.9)	28.04 (26.86 – 29.22)	0.08
Torsion fémorale (°)	20.56 (18.96 – 22.16)	20.47 (18.38 – 22.56)	0.85
Torsion tibiale (°)	33.89 (32.11 – 35.67)	33.52 (31.39 – 35.65)	0.83
Pente tibiale médiale (°)	9.01 (8.33 – 9.69)	6.35 (5.63 – 7.07)	0.58
Pente tibiale latérale (°)	8.70 (8.05 – 9.35)	7.90 (7.14 – 8.66)	0.12
HKA (°)	177.76 (176.78 – 178.74)	176.82 (175.47 – 178.17)	0.13
HKS (°)	6.23 (6.03 – 6.43)	6.35 (6.11 – 6.59)	0.68
MPTA (°)	87.29 (86.57 – 88.01)	87.96 (86.88 – 89.04)	0.87
LDFA (°)	87.63 (87.24 – 88.02)	87.75 (87.21 – 88.29)	0.93
RE (°)	<b>6.22 (5.85 – 6.59)</b>	<b>5.45 (4.96 – 5.94)</b>	<b>0.03</b>
RE CRO (°)	2.98 (2.6 – 3.36)	3.19 (2.69 – 3.69)	0.39
Coupe fémorale distale CRO (°)	5.30 (5.09 – 5.51)	5.37 (5.03 – 5.71)	0.91
Taille implant fémoral	4.45 (4.17 – 4.73)	3.95 (3.58 – 4.32)	0.21*
Les résultats sont présentés en moyenne et en Intervalle de Confiance (IC 95%) sauf si précisé			
* Test de Fisher			

**Tableau 5 : Comparaison des variables pré et per opératoires entre les patients considérés comme précis et imprécis dans la coupe tibiale (analyse univariée)**

Paramètres préopératoires	Précis n=108 (67%)	Imprécis n=53 (33%)	P value
IMC	<b>28.00 (27.13 – 28.87)</b>	<b>31.15 (29.27 – 33.03)</b>	<b>0.026</b>
Torsion fémorale (°)	20.88 (19.37 – 22.39)	19.80 (17.46 – 22.14)	0.3
Torsion tibiale (°)	33.68 (32.06 – 35.3)	33.88 (31.37 – 36.39)	0.72
Pente tibiale médiale (°)	8.78 (8.18 – 9.38)	8.84 (7.92 – 9.76)	0.69
Pente tibiale latérale (°)	8.45 (7.84 – 9.06)	8.27 (7.41 – 9.13)	0.98
HKA (°)	178.58 (177.62 – 179.54)	174.98 (173.76 – 176.2)	0.56
HKS (°)	6.31 (6.12 – 6.5)	6.21 (5.98 – 6.44)	0.73
MPTA (°)	<b>88.04 (87.3 – 88.78)</b>	<b>86.56 (85.51 – 87.61)</b>	<b>0.011</b>
LDFA (°)	87.83 (87.45 – 88.21)	87.37 (86.83 – 87.91)	0.21
RE (°)	5.98 (5.6 – 6.36)	5.78 (5.28 – 6.28)	0.48
RE opératoire (°)	3.14 (2.76 – 3.52)	2.92 (2.42 – 3.42)	0.33
Coupe fémorale distale (°)	5.31 (5.08 – 5.54)	5.34 (5.04 – 5.64)	0.75
Taille implant fémoral	4.30 (4.03 – 4.57)	4.17 (3.75 – 4.59)	0.50*
Taille implant tibial	4.40 (4.12 – 4.68)	4.23 (3.82 – 4.59)	0.58*

Les résultats sont présentés en moyenne et en Intervalle de Confiance (IC 95%) sauf si précisé  
 \* Test de Fisher

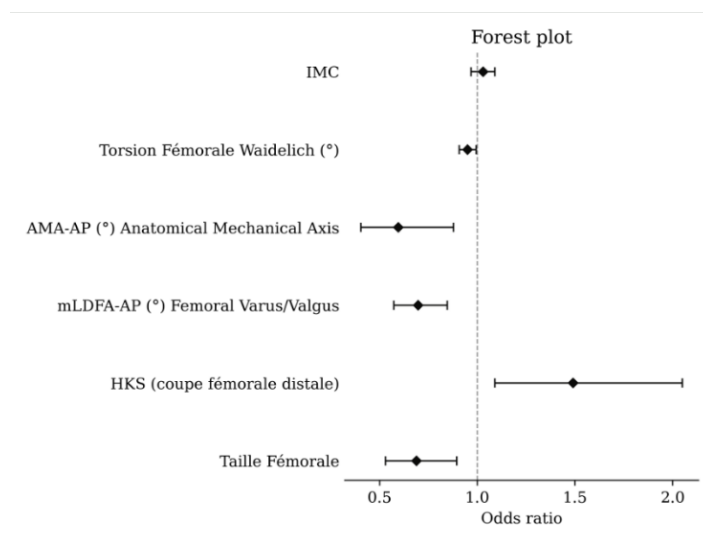


Figure 14: Forest plot OR des facteurs prédictifs d'une déviation supérieure à 2° en coupe fémorale distale

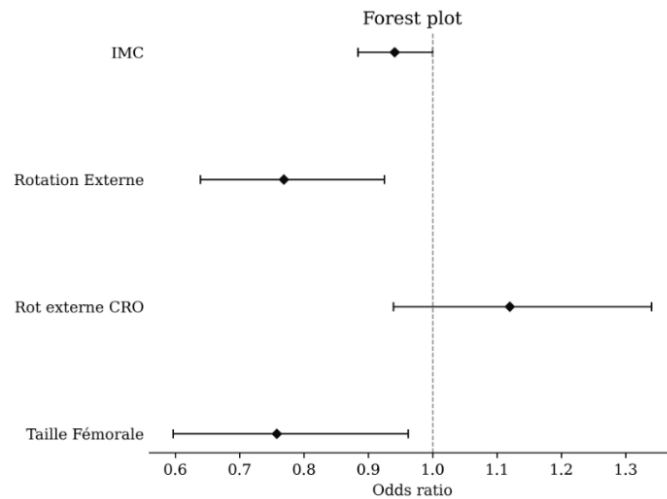


Figure 15 : Forest plot OR des facteurs prédictifs d'une déviation supérieure à 2° en coupe fémorale postérieure

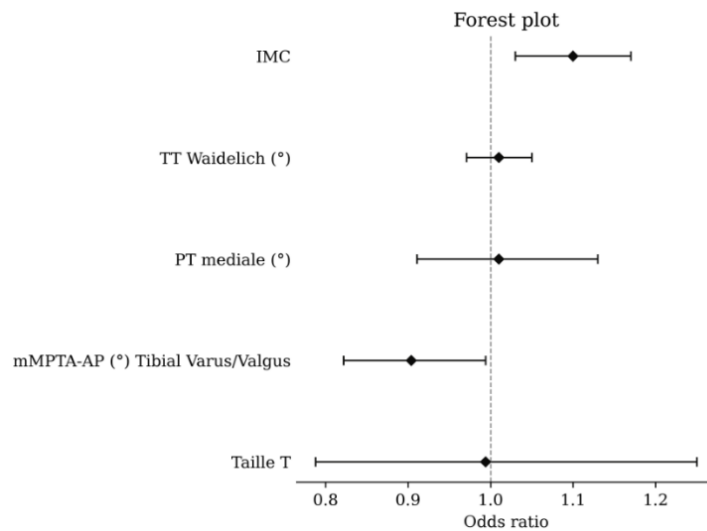


Figure 16 : Forest plot OR des facteurs prédictifs d'une déviation supérieure à 2° de la coupe tibiale

Des analyses multivariées ont ensuite été réalisées, leurs résultats sont présentés dans le **Tableau 6**. Ces analyses montraient qu'une taille importante d'implant fémoral favorisait une meilleure précision pour les coupes fémorales distales et postérieures. Un HKS plus important et un LDFA pré-opératoire avec une déformation plus faible semblaient corrélés avec une meilleure précision de la coupe fémorale distale. Une modification per-opératoire importante semblait quant à elle favoriser l'imprécision de cette coupe. Une rotation externe plus élevée semblait corrélée avec une meilleure précision de la coupe fémorale distale. L'impact de l'IMC et du MPTA pré-opératoire sur la coupe tibiale se maintenait à l'analyse multivariée, l'IMC élevé diminuant la précision et un MPTA pré-opératoire proche de 90° l'améliorant.



**Tableau 6 : Analyses multivariées des OR prédictifs d'une déviation supérieure à 2° pour la coupe fémorale distale, la coupe tibiale et la coupe fémorale postérieure**

	Odds Ratio	p-Value
Précision LDFA		
<b>IMC</b>	1.03 [0.968 ; 1.09]	0.356
<b>HKS pré opératoire</b>	0.596 [0.404 ; 0.879]	< 0.01
<b>LDFA</b>	0.697 [0.573 ; 0.847]	< 0.001
<b>Coupe fémorale distale</b>	1.49 [1.09 ; 2.05]	0.013
<b>Taille Fémorale</b>	0.689 [0.53 ; 0.895]	< 0.01
Précision MPTA		
<b>IMC</b>	1.1 [1.03 ; 1.17]	< 0.01
<b>Torsion Tibiale</b>	1.01 [0.971 ; 1.05]	0.585
<b>Pente tibiale médiale</b>	1.01 [0.911 ; 1.13]	0.789
<b>MPTA pré opératoire</b>	0.904 [0.822 ; 0.994]	< 0.05
<b>Taille implant tibial</b>	0.994 [0.788 ; 1.25]	0.962
Précision Rotation Externe		
<b>IMC</b>	0.941 [0.884 ; 1]	0.0588
<b>Rotation Externe</b>	0.769 [0.639 ; 0.925]	< 0.01
<b>Rotation externe CRO</b>	1.12 [0.939 ; 1.34]	0.206
<b>Taille Fémorale</b>	0.758 [0.597 ; 0.962]	< 0.05

Les résultats sont présentés en Odds Ratio et en Intervalle de Confiance (IC 95%) sauf si précisé

## IV. DISCUSSION

Pour notre critère de jugement principal, la coupe fémorale distale, la différence moyenne entre les objectifs per-opératoires et les résultats post-opératoires était de  $1.51^\circ$  ( $\pm 2.36^\circ$ ) pour la coupe fémorale distale, et on pouvait considérer 46% des prothèses comme outliers.

La différence moyenne entre les objectifs per-opératoires et les résultats post-opératoires était de  $0.67^\circ$  ( $\pm 2.50^\circ$ ) pour la coupe fémorale postérieure et de  $0.58^\circ$  ( $\pm 2.27^\circ$ ) pour la coupe tibiale.

L' HKA moyen pré-opératoire de notre population était de  $177.39^\circ$  ( $161.8^\circ - 189.79^\circ$ ) et le LDFA et le MPTA pré-opératoires étaient respectivement  $87.68^\circ$  ( $81.77^\circ - 93.62^\circ$ ) et  $87.55^\circ$  ( $77.25^\circ - 100.66^\circ$ ) ce qui est comparable à la population générale(30).

Plusieurs études s'étaient penchées sur la précision de l'ancillaire mécanique(31–34). Cependant celles-ci ne se concentraient que sur un alignement mécanique pur et relevaient uniquement le taux d'erreurs au-delà de  $180^\circ \pm 3^\circ$ .

Avec plus d'un degré de différence sur notre critère de jugement principal, les différences entre les planifications per-opératoires et les résultats réellement obtenus en post opératoires étaient importantes. Nous avons cherché à comprendre quels facteurs pouvaient expliquer ces différences.

Tout d'abord, concernant la coupe fémorale distale, l'opérateur se basait en pré-opératoire sur des mesures radiographiques uniquement, ce qui peut conduire à un manque de précision, là où notre calcul se basait sur des mesures scanographiques. Ensuite, le tenseur ligamentaire qui mesure les déséquilibres de l'espace quadrangulaire peut se révéler imprécis dans la quantification de ce déséquilibre. Celui-ci permet une analyse fiable pour connaître le sens de la déviation mais l'importance de celle-ci sera modifiée en fonction de la tension appliquée dans l'appareil.

Les analyses multivariées identifiaient plusieurs variables pré-opératoires qui semblaient diminuer la précision de l'ancillaire (**Tableau 6** et **Figures 14-15-16**). Une taille de d'implant fémoral plus grande et une déformation pré-opératoire moins importante semblaient favoriser une meilleure de précision des coupes fémorales distale et postérieure. Nous supposons que des modifications plus faibles induisent moins de contraintes sur les ancillaires, leur

positionnement se basant sur des points d'appuis osseux. De plus, une coupe de quelques millimètres réduit de fait le risque d'erreur, comme lors d'un resurfaçage.

Ensuite, l'analyse multivariée avait montré qu'un IMC important était un facteur prédictif d'un manque de précision pour la coupe tibiale et bien que la différence ne fût pas significative pour les coupes fémorales distale et postérieure, l'IMC moyen des patients qui présentaient des erreurs de plus de 5° en LDFA et RE était de 34 contre 29 pour la population globale. Cela s'expliquerait par les contraintes appliquées sur les guides de coupes par les parties molles plus volumineuses. Des études ont étudié le lien entre obésité et l'alignement post opératoire. Ainsi, Yoo et al(35) ne retrouvait pas de différence de MPTA ou de LDFA entre le groupe obèse et le groupe contrôle, tout comme William et al(36). Contrairement à Lai et al(37), qui lui retrouvait significativement plus d'erreurs d'alignement dans les groupe d'obésité de stade 1 et 2. Cependant, les mesures étaient réalisées sur radiographies standards uniquement. Koenen et al(38) signalait quant à lui une grande variabilité dans l'orientation sagittale du composant fémoral mais n'avait pas réalisé d'analyse dans le plan frontal.

Nos résultats étaient similaires à ceux retrouvés dans la littérature. Concernant la coupe fémorale distale, sur cette série la précision à 2° était de 54% et la précision à 3° était de 73%, ce qui est comparable à la série de Song et al(27) avec une précision de 50% à 2° près et 73% à 3°. La série de Xu(39) obtenait de meilleurs résultats avec une précision à 3° de 80% sur la coupe fémorale distale et 92% pour la coupe tibiale, contre 85% sur la coupe tibiale dans notre étude. Ces différences pourraient s'expliquer par le faible nombre de patients (n=74) et leur évaluation purement radiographique, qui pourrait induire un biais de mesure.

Concernant la coupe tibiale, Kim(26), Longstaff(40) et Song(41) obtenaient respectivement de meilleurs résultats avec 7%, 9% et 6% d'outliers à 3° contre 15% dans notre série. Cependant il s'agissait d'études avec des effectifs moins importants et toutes leurs évaluations se faisaient sur radiographie standard uniquement, pouvant entraîner des erreurs de mesures qui expliqueraient cet écart. Ces études utilisaient également un guide extra-médullaire pour la coupe tibiale. Aucune différence entre les guides intra et extra médullaires n'est retrouvée dans la littérature(42).

Enfin, les objectifs pour la coupe fémorale postérieure étaient atteints à 2° près dans 61% des cas et dans 79% des cas à 3°, ce qui est comparable à Longstaff(40) avec 63% à 2° et Kim(26) avec 85% à 3°.

L'objectif dans un alignement mécanique ajusté est d'obtenir un alignement global compris à 180° +/- 3° en post-opératoire. Cet objectif était atteint dans 72% des cas. Bien que le nombre d'outliers au LDFA, au MPTA et pour l'HKA soit important, et bien que le tenseur ligamentaire soit un outil imparfait, celui-ci permet une adaptation entre les coupes qui semble satisfaisante puisque seulement 6% des PTG ont nécessité des releases pour obtenir des espaces équilibrés en flexion et en extension. Nous obtenions ainsi le même taux que Hutt et al(43). Ces gestes exposent, de par leurs imprécisions, à des risques de complications, avec des espaces en flexion et en extension non équilibrés, pouvant conduire à une mauvaise course patellaire, à de l'instabilité ou à des douleurs antérieures(44,45). De plus, le taux d'activité et les scores fonctionnels WOMAC et KSS sont significativement meilleurs à 1 an lorsque la prothèse est équilibrée(46).

En définitive, la précision de l'ancillaire mécanique est insuffisante pour permettre des modifications de quelques degrés seulement, avec un taux d'outliers à 2° dans 46% des cas pour la coupe fémorale distale, 40 % pour la coupe fémorale postérieure et 33% pour la coupe tibiale. De plus, selon les angles évalués, entre 15.5% et 26.7% des prothèses présentent une imprécision de plus de 3°. Cependant, bien qu'imparfait, la précision des coupes retrouvait un taux d'alignement frontal compris entre +/- 3° à 73% ce qui est similaire à d'autres séries(39,47).

Cela semble confirmer la nécessité de s'aider de nouveaux outils pour augmenter la précision.

En effet, l'alignement frontal est associé dans la littérature à un plus fort risque de descellement : Ritter et al(48) rapportait significativement plus de reprise lors de PTG en varus. Kim et al(49) retrouvait les mêmes résultats, avec le positionnement en varus des composants fémoraux et tibiaux associés à un plus grand taux de reprise à 10 ans. La série de Choong et al(21) rapportait quant à elle des scores fonctionnels IKS et SF-12 augmentés à 3 et 12 mois lorsque l'alignement était normo-axé. Les troubles de rotation externe sont quant à eux associés avec des problèmes de mauvaises courses patellaires, entraînant des sensations d'instabilité et des douleurs antérieures(12,50).

Afin d'améliorer la précision des arthroplasties, la navigation puis l'assistance robotique ont été développées et semblent avoir fait la preuve de leur efficacité.

Concernant la navigation, Ensini et al(51) obtenaient 1.7% d'outliers pour l'HKA dans le groupe navigué contre 20% dans le groupe conventionnel. En revanche, les différences mesurées pour la coupe fémorale distale n'étaient pas significatives. Choong et al(21) retrouvaient quant à eux 12% d'outliers en navigation contre 39% dans le groupe conventionnel. Enfin, Saragaglia et al obtenaient une précision significativement augmentée pour la coupe fémorale distale dans le groupe de prothèses naviguées que dans le groupe conventionnel(52) et un taux d'outliers de 7.6% pour l'HKA(53).

Concernant l'assistance robotique, l'étude de Song et al obtenait seulement 6.7% d'outliers dans le groupe robot(27). La série de Sires et al mesurait une différence de 0.39° entre le LDFA planifié en per-opératoire et celui mesuré en post opératoire et une différence de 0.47° concernant le MPTA et ces différences n'étaient pas significatives. A 2° près, 14% des PTG étaient considérées comme outliers(28). Enfin, la méta-analyse de Mannan et al(22) rapportait un taux d'outliers de 0.006% dans le groupe robotique contre 26% dans le groupe conventionnel et la précision était significativement améliorée dans le groupe robotique pour la coupe fémorale distale.

## **Avantages**

Notre étude comporte plusieurs forces. Tout d'abord la plupart des articles s'intéressant à ce sujet se basent sur des analyses radiographiques, ne permettant qu'une analyse en deux dimensions, là où le scanner permet le repérage de chaque marqueur anatomique. De plus, le positionnement des pieds du patient modifie les mesures d'angles en radiographies standards, la rotation externe augmentant le varus(18). Notre nombre de patients est également une force avec 161 genoux sur une période courte, limitant ainsi le risque de biais de sélection et d'échantillonnage, et augmentant la puissance. Le caractère mono-opérateur et l'utilisation d'une seule prothèse diminuent quant à eux le risque de biais lié à l'expérience de l'opérateur et son habitude du matériel. En effet, le début de la courbe d'apprentissage est générateur d'erreurs de positionnements des implants, ce qui aurait pu fausser l'interprétation des résultats. Enfin, il s'agit à notre connaissance de la première étude qui s'intéresse à la précision

intrinsèque de l'ancillaire conventionnel et à sa capacité à restituer une planification per opératoire.

### **Limites**

Notre étude comportait néanmoins plusieurs limitations. Il s'agissait d'une étude rétrospective et monocentrique. De plus, nous n'avons pas de groupe de comparaison. Cette absence de comparatif s'explique car nous avons évalué la précision de l'ancillaire mécanique, qui est le Gold Standard qui sert habituellement de comparatif. Ensuite, bien que le caractère scanographique soit une force pour la précision des mesures, cela ne permet pas de prise d'images en charge, les scanners étant réalisés en position allongée, contrairement aux goniométries, ce qui modifie les angles, notamment l'HKA, en prenant plus en compte l'usure cartilagineuse et pouvant diminuer les déformations(19). Cependant nous estimons que l'impact sur notre étude est limité car les mesures du LDFA et du MPTA ne sont pas impactées par la mise en charge de l'articulation. On peut également mettre en avant que, bien que les analyses multivariées mettent en évidence des facteurs favorisant d'imprécision, les OR sont faibles, limitant ainsi l'impact réel sur les décisions chirurgicales.

### **Perspectives**

L'objectif de notre étude était de réaliser une mesure uniquement radiologique des PTG. Celle-ci était une analyse purement scanographique sans prise en compte des scores fonctionnels. Bien que, comme cité précédemment, de nombreuses études fassent le lien entre positionnement des implants et résultats cliniques, des études complémentaires comparant les scores fonctionnels entre les patients dans la cible et les outliers seraient utiles pour en connaître l'impact clinique.

## V. CONCLUSION

Cette étude représente la première évaluation approfondie de la précision intrinsèque de l'ancillaire mécanique dans le cadre de l'alignement mécanique ajusté, en s'appuyant sur l'imagerie 3D scanographique et une vaste cohorte de patients.

Malgré une faible proportion de libérations ligamentaires nécessaires (6 % des cas), les résultats mettent en évidence les limitations significatives de cet ancillaire en termes de précision, avec une déviation supérieure à 2° observée dans 46 % des cas.

En l'absence de groupe de contrôle, des études comparatives de plus grande envergure sont indispensables pour confirmer ces résultats.

Toutefois, ces données suggèrent que l'ancillaire mécanique ne présente pas la fiabilité requise pour répondre aux critères rigoureux de l'alignement mécanique ajusté.

Il apparaît clairement que le recours à des stratégies d'alignements alternatives ne pourra être mis en œuvre sans la démocratisation d'avancées technologiques offrant des outils plus précis et fiables.

THÈSE SOUTENUE PAR : Renaud PRIMA

TITRE :

ÉVALUATION SCANOGRAPHIQUE DE LA PRÉCISION D'UN ANCILLAIRE MÉCANIQUE DANS L'ARTHROPLASTIE TOTALE DE GENOU AVEC ALIGNEMENT MÉCANIQUE AJUSTÉ

CONCLUSION :

Cette étude représente la première évaluation approfondie de la précision intrinsèque de l'ancillaire mécanique dans le cadre de l'alignement mécanique ajusté, en s'appuyant sur l'imagerie 3D scanographique et une vaste cohorte de patients.

Malgré une faible proportion de libérations ligamentaires nécessaires (6 % des cas), les résultats mettent en évidence les limitations significatives de cet ancillaire en termes de précision, avec une déviation supérieure à 2° observée dans 46 % des cas.

En l'absence de groupe de contrôle, des études comparatives de plus grande envergure sont indispensables pour confirmer ces résultats.


Toutefois, ces données suggèrent que l'ancillaire mécanique ne présente pas la fiabilité requise pour répondre aux critères rigoureux de l'alignement mécanique ajusté.

Il apparaît clairement que le recours à des stratégies d'alignements alternatives ne pourra être mis en œuvre sans la démocratisation d'avancées technologiques offrant des outils plus précis et fiables.


VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Grenoble, le : 9/10/25

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

  
Pr Olivier PALOMBI  
Doyen de l'UFR de Médecine  
Par délégation  
du Président de l'UGA

LE PRÉSIDENT / LA PRÉSIDENTE DU JURY

  
Pr Jérôme TONETTI



## BIBLIOGRAPHIE

1. Kurtz SM, Ong KL, Lau E, Widmer M, Maravic M, Gómez-Barrena E, et al. International survey of primary and revision total knee replacement. *Int Orthop.* 1 déc 2011;35(12):1783-9.
2. Kurtz SM, Lau E, Ong K, Zhao K, Kelly M, Bozic KJ. Future young patient demand for primary and revision joint replacement: national projections from 2010 to 2030. *Clin Orthop.* oct 2009;467(10):2606-12.
3. Moreland JR. Mechanisms of Failure in Total Knee Arthroplasty: *Clin Orthop.* janv 1988;226(NA):49-64.
4. Bonnin M. Failure mechanisms in total knee arthroplasty. In: Bonnin M, Chambat P, éditeurs. *Osteoarthritis of the knee [Internet]*. Paris: Springer; 2008 [cité 24 août 2024]. p. 205-24. Disponible sur: [https://doi.org/10.1007/978-2-287-74175-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-2-287-74175-3_13)
5. Jeffery RS, Morris RW, Denham RA. Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br.* sept 1991;73(5):709-14.
6. Siong FT, Kim TW, Kim SC, Lee ES, Jaffar MSA, Lee YS. Efficacy and Safety of Functional Medial Ligament Balancing With Stepwise Multiple Needle Puncturing in Varus Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1 févr 2020;35(2):380-7.
7. Keenan ACM, Wood AM, Arthur CA, Jenkins PJ, Brenkel IJ, Walmsley PJ. Ten-year survival of cemented total knee replacement in patients aged less than 55 years. *J Bone Joint Surg Br.* juill 2012;94(7):928-31.
8. Maradit Kremers H, Larson DR, Crowson CS, Kremers WK, Washington RE, Steiner CA, et al. Prevalence of Total Hip and Knee Replacement in the United States. *J Bone Joint Surg Am.* 2 sept 2015;97(17):1386-97.
9. Noble PC, Conditt MA, Cook KF, Mathis KB. The John Insall Award: Patient expectations affect satisfaction with total knee arthroplasty. *Clin Orthop.* nov 2006;452:35-43.
10. Bourne RB, Chesworth BM, Davis AM, Mahomed NN, Charron KDJ. Patient satisfaction after total knee arthroplasty: who is satisfied and who is not? *Clin Orthop.* janv 2010;468(1):57-63.
11. Baker PN, van der Meulen JH, Lewsey J, Gregg PJ, National Joint Registry for England and Wales. The role of pain and function in determining patient satisfaction after total knee replacement. Data from the National Joint Registry for England and Wales. *J Bone Joint Surg Br.* juill 2007;89(7):893-900.
12. Miller MC, Berger RA, Petrella AJ, Karmas A, Rubash HE. Optimizing Femoral Component Rotation in Total Knee Arthroplasty: *Clin Orthop.* nov 2001;392:38-45.

13. Rivière C, Vendittoli PA, éditeurs. Personalized Hip and Knee Joint Replacement [Internet]. Cham (CH): Springer; 2020 [cité 10 sept 2024]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK565756/>
14. Rivière C, Iranpour F, Auvinet E, Howell S, Vendittoli PA, Cobb J, et al. Alignment options for total knee arthroplasty: A systematic review. *Orthop Traumatol Surg Res.* nov 2017;103(7):1047-56.
15. Zheng K, Sun H, Zhang W, Zhu F, Zhou J, Li R, et al. Mid-Term Outcomes of Navigation-Assisted Primary Total Knee Arthroplasty Using Adjusted Mechanical Alignment. *Orthop Surg.* janv 2023;15(1):230-8.
16. Wang JC, Piple AS, Hill WJ, Chen MS, Gettleman BS, Richardson M, et al. Computer-Navigated and Robotic-Assisted Total Knee Arthroplasty: Increasing in Popularity Without Increasing Complications. *J Arthroplasty.* déc 2022;37(12):2358-64.
17. Almaawi AM, Hutt JRB, Masse V, Lavigne M, Vendittoli PA. The Impact of Mechanical and Restricted Kinematic Alignment on Knee Anatomy in Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty.* juill 2017;32(7):2133-40.
18. Hunt MA, Fowler PJ, Birmingham TB, Jenkyn TR, Giffin JR. Foot rotational effects on radiographic measures of lower limb alignment. *Can J Surg.* déc 2006;49(6):401-6.
19. León-Muñoz VJ, López-López M, Martínez-Martínez F, Santonja-Medina F. Comparison of weight-bearing full-length radiographs and computed-tomography-scan-based three-dimensional models in the assessment of knee joint coronal alignment. *The Knee.* mars 2020;27(2):543-51.
20. Chauhan S, Clark G, Lloyd S, Scott R, Bredahl W, Sikorski J. Computer-assisted total knee replacement. A controlled cadaver study using a multi-parameter quantitative CT assessment of alignment (the Perth CT Protocol). *J Bone Joint Surg Br.* 1 sept 2004;86:818-23.
21. Choong PF, Dowsey MM, Stoney JD. Does accurate anatomical alignment result in better function and quality of life? Comparing conventional and computer-assisted total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* juin 2009;24(4):560-9.
22. Mannan A, Vun J, Lodge C, Eyre-Brook A, Jones S. Increased precision of coronal plane outcomes in robotic-assisted total knee arthroplasty: A systematic review and meta-analysis. *The Surgeon.* août 2018;16(4):237-44.
23. Waidelich HA, Strecker W, Schneider E. [Computed tomographic torsion-angle and length measurement of the lower extremity. The methods, normal values and radiation load]. *RöFo Fortschritte Auf Dem Geb Röntgenstrahlen Nukl.* 1 oct 1992;157:245-51.
24. Bugbee WD, Mizu-Uchi H, Patil S, D'Lima D. Accuracy of implant placement utilizing customized patient instrumentation in total knee arthroplasty. *Adv Orthop.* 2013;2013:891210.

25. Laddha MS, Gowtam SV, Jain P. Accuracy of Femoral Component External Rotation with all Burr Robotic Assisted Total Knee Arthroplasty. *Malays Orthop J.* mars 2024;18(1):19-25.
26. Kim YH, Kim JS, Yoon SH. Alignment and orientation of the components in total knee replacement with and without navigation support: a prospective, randomised study. *J Bone Joint Surg Br.* avr 2007;89(4):471-6.
27. Song EK, Seon JK, Park SJ, Jung WB, Park HW, Lee GW. Simultaneous bilateral total knee arthroplasty with robotic and conventional techniques: a prospective, randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* juill 2011;19(7):1069-76.
28. Sires JD, Wilson CJ. CT Validation of Intraoperative Implant Position and Knee Alignment as Determined by the MAKO Total Knee Arthroplasty System. *J Knee Surg.* août 2021;34(10):1133-7.
29. Watanabe S, Akagi R, Shiko Y, Ono Y, Kawasaki Y, Ohdera T, et al. Intra- and inter-observer reliability of implant positioning evaluation on a CT-based three-dimensional postoperative matching system for total knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord.* 17 avr 2021;22(1):363.
30. Bellemans J, Colyn W, Vandenneucker H, Victor J. The Chitranjan Ranawat award: is neutral mechanical alignment normal for all patients? The concept of constitutional varus. *Clin Orthop.* janv 2012;470(1):45-53.
31. Reed SC, Gollish J. The accuracy of femoral intramedullary guides in total knee arthroplasty. *J Arthroplasty.* sept 1997;12(6):677-82.
32. Iorio R, Bolle G, Conteduca F, Valeo L, Conteduca J, Mazza D, et al. Accuracy of manual instrumentation of tibial cutting guide in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* oct 2013;21(10):2296-300.
33. Chiu KY, Yau WP, Ng TP, Tang WM. The accuracy of extramedullary guides for tibial component placement in total knee arthroplasty. *Int Orthop.* août 2008;32(4):467-71.
34. Cinotti G, Sessa P, D'Arino A, Ripani FR, Giannicola G. Improving tibial component alignment in total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* déc 2015;23(12):3563-70.
35. Yoo JH, Oh HC, Park SH, Kim JK, Kim SH. Does Obesity Affect Clinical and Radiological Outcomes in Minimally Invasive Total Knee Arthroplasty? Minimum 5-Year Follow-up of Minimally Invasive TKA in Obese Patients. *Clin Orthop Surg.* sept 2018;10(3):315-21.
36. Williams JT, Varma R. Extramedullary Tibial Guide Alignment Is Not Affected by Excess Lower Limb Fat Distribution in Total Knee Arthroplasty. *Cureus [Internet].* avr 2022 [cité 26 août 2024];14(4). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9129105/>

37. Lai YH, Cao J, Li ZX, Feng W, Xu H, Zhou ZK. Effect of body mass index on postoperative mechanical alignment and long-term outcomes after total knee arthroplasty: a retrospective cohort study of 671 knees. *Ann Transl Med.* août 2022;10(15):829.
38. Koenen P, Ates DM, Pfeiffer TR, Bouillon B, Bâthis H. Femoral flexion position is a highly variable factor in total knee arthroplasty: an analysis of 593 conventionally aligned total knee replacements. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* avr 2020;28(4):1014-22.
39. Xu J, Li L, Fu J, Xu C, Ni M, Chai W, et al. Early Clinical and Radiographic Outcomes of Robot-Assisted Versus Conventional Manual Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Study. *Orthop Surg.* 18 juill 2022;14(9):1972-80.
40. Longstaff LM, Sloan K, Stamp N, Scaddan M, Beaver R. Good alignment after total knee arthroplasty leads to faster rehabilitation and better function. *J Arthroplasty.* juin 2009;24(4):570-8.
41. Song EK, Seon JK, Yim JH, Netravali NA, Bargar WL. Robotic-assisted TKA Reduces Postoperative Alignment Outliers and Improves Gap Balance Compared to Conventional TKA. *Clin Orthop.* janv 2013;471(1):118-26.
42. Teter KE, Bregman D, Colwell CW. Accuracy of intramedullary versus extramedullary tibial alignment cutting systems in total knee arthroplasty. *Clin Orthop.* déc 1995;(321):106-10.
43. Hutt JRB, LeBlanc MA, Massé V, Lavigne M, Vendittoli PA. Kinematic TKA using navigation: Surgical technique and initial results. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* févr 2016;102(1):99-104.
44. Babazadeh S, Stoney JD, Lim K, Choong PFM. The relevance of ligament balancing in total knee arthroplasty: how important is it? A systematic review of the literature. *Orthop Rev.* 10 oct 2009;1(2):e26.
45. Bellemans J, Vandenuecker H, Van Lauwe J, Victor J. A new surgical technique for medial collateral ligament balancing: multiple needle puncturing. *J Arthroplasty.* oct 2010;25(7):1151-6.
46. Gustke KA, Golladay GJ, Roche MW, Elson LC, Anderson CR. Primary TKA Patients with Quantifiably Balanced Soft-Tissue Achieve Significant Clinical Gains Sooner than Unbalanced Patients. *Adv Orthop.* 2014;2014:628695.
47. Howell SM, Howell SJ, Kuznik KT, Cohen J, Hull ML. Does A Kinematically Aligned Total Knee Arthroplasty Restore Function Without Failure Regardless of Alignment Category? *Clin Orthop.* mars 2013;471(3):1000-7.
48. Ritter MA, Faris PM, Keating EM, Meding JB. Postoperative Alignment of Total Knee Replacement Its Effect on Survival: *Clin Orthop.* févr 1994;299:153-156.
49. Kim YH, Park JW, Kim JS, Park SD. The relationship between the survival of total knee arthroplasty and postoperative coronal, sagittal and rotational alignment of knee prosthesis. *Int Orthop.* févr 2014;38(2):379-85.

50. Rienmüller A, Guggi T, Gruber G, Preiss S, Drobny T. The effect of femoral component rotation on the five-year outcome of cemented mobile bearing total knee arthroplasty. *Int Orthop.* oct 2012;36(10):2067-72.
51. Ensini A, Catani F, Leardini A, Romagnoli M, Giannini S. Alignments and clinical results in conventional and navigated total knee arthroplasty. *Clin Orthop.* avr 2007;457:156-62.
52. Saragaglia D, Picard F, Chaussard C, Montbarbon E, Leitner F, Cinquin P. Mise en place des prothèses totales du genou assistée par ordinateur: comparaison avec la technique conventionnelle. In: Rabenseifner L, éditeur. *Arthrosemangement Knie: Umstellungsosteotomie — Endoprothetik — Revision* [Internet]. Heidelberg: Steinkopff; 2000 [cité 5 oct 2024]. p. 109-21. Disponible sur: [https://doi.org/10.1007/978-3-642-57719-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-642-57719-2_17)
53. Saragaglia D, Marques Da Silva B, Dijoux P, Cognault J, Gaillot J, Pailhé R. Computerised navigation of unicondylar knee prostheses: from primary implantation to revision to total knee arthroplasty. *Int Orthop.* 1 févr 2017;41(2):293-9.

## SERMENT D'HIPPOCRATE

# *L*e serment d'Hippocrate

Texte revu par l'Ordre des médecins en 2012

“ **Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.**

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

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

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

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

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité. Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

”