

2016-2017

THÈSE

pour le

DIPLOÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Qualification en CHIRURGIE ORTHOPÉDIQUE

**Cotyle sans ciment RM
Pressfit : revue clinique et
radiologique d'une série de
46 patients à 5 ans**

Evaluation de l'évolution de la trame osseuse en zone
portante par analyse fractale

COUPRY Augustin

Né le 21 octobre 1988 à Paris (75)

Sous la direction de M. DUCHELLIER Florian

Membres du jury

Monsieur le Professeur CHAPPARD Daniel	Président
Monsieur le Docteur DUCHELLIER Florian	Directeur
Monsieur le Professeur ROSSET Philippe	Membre
Monsieur le Professeur GOUIN François	Membre
Monsieur le Docteur STEIGER Vincent	Membre

Soutenue publiquement le :
26 octobre 2017



ENGAGEMENT DE NON PLAGIAT

Je, soussigné Augustin COUPRY
déclare être pleinement conscient que le plagiat de documents ou d'une
partie d'un document publiée sur toutes formes de support, y compris l'internet,
constitue une violation des droits d'auteur ainsi qu'une fraude caractérisée.
En conséquence, je m'engage à citer toutes les sources que j'ai utilisées
pour écrire ce rapport ou mémoire.

signé par l'étudiant le **26/10/2017**

LISTE DES ENSEIGNANTS DE L'UFR SANTÉ D'ANGERS

Directeur de l'UFR : Pr Isabelle RICHARD

Directeur adjoint de l'UFR et directeur du département de pharmacie : Pr Frédéric LAGARCE

Directeur du département de médecine : Pr Nicolas LEROLLE

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

ABRAHAM Pierre	Physiologie	Médecine
ASFAR Pierre	Réanimation	Médecine
AUBE Christophe	Radiologie et imagerie médicale	Médecine
AUDRAN Maurice	Rhumatologie	Médecine
AZZOUI Abdel Rahmène	Urologie	Médecine
BARON-HAURY Céline	Médecine générale	Médecine
BARTHELAIX Annick	Biologie cellulaire	Médecine
BATAILLE François-Régis	Hématologie ; transfusion	Médecine
BAUFRETON Christophe	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire	Médecine
BEAUCHET Olivier	Gériatrie et biologie du vieillissement	Médecine
BENOIT Jean-Pierre	Pharmacotechnie	Pharmacie
BEYDON Laurent	Anesthésiologie-réanimation	Médecine
BIZOT Pascal	Chirurgie orthopédique et traumatologique	Médecine
BONNEAU Dominique	Génétique	Médecine
BOUCHARA Jean-Philippe	Parasitologie et mycologie	Médecine
BRIET Marie	Pharmacologie	Médecine
CAILLIEZ Eric	Médecine générale	Médecine
CALES Paul	Gastroentérologie ; hépatologie	Médecine
CAMPONE Mario	Cancérologie ; radiothérapie	Médecine
CAROLI-BOSC François-Xavier	Gastroentérologie ; hépatologie	Médecine
CHABASSE Dominique	Parasitologie et mycologie	Médecine
CHAPPARD Daniel	Cytologie et histologie	Médecine
CONNAN Laurent	Médecine générale	Médecine
COUTANT Régis	Pédiatrie	Médecine
COUTURIER Olivier	Biophysique et médecine nucléaire	Médecine
CUSTAUD Marc-Antoine	Physiologie	Médecine
DARSONVAL Vincent	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique	Médecine
DE BRUX Jean-Louis	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire	Médecine
DESCAMPS Philippe	Gynécologie-obstétrique	Médecine
DIQUET Bertrand	Pharmacologie	Médecine
DUVAL Olivier	Chimie thérapeutique	Pharmacie
DUVERGER Philippe	Pédopsychiatrie	Médecine
ENON Bernard	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire	Médecine
EVEILLARD Mathieu	Bactériologie-virologie	Pharmacie
FANELLO Serge	Épidémiologie ; économie de la santé et prévention	Médecine
FAURE Sébastien	Pharmacologie physiologie	Pharmacie
FOURNIER Henri-Dominique	Anatomie	Médecine
FURBER Alain	Cardiologie	Médecine
GAGNADOUX Frédéric	Pneumologie	Médecine
GARNIER François	Médecine générale	Médecine
GARRE Jean-Bernard	Psychiatrie d'adultes	Médecine
GOHIER Bénédicte	Psychiatrie d'adultes	Médecine
GRANRY Jean-Claude	Anesthésiologie-réanimation	Médecine
GUARDIOLA Philippe	Hématologie ; transfusion	Médecine
GUILET David	Chimie analytique	Pharmacie

HAMY Antoine	Chirurgie générale	Médecine
HUEZ Jean-François	Médecine générale	Médecine
HUNAULT-BERGER Mathilde	Hématologie ; transfusion	Médecine
IFRAH Norbert	Hématologie ; transfusion	Médecine
JARDEL Alain	Physiologie	Pharmacie
JEANNIN Pascale	Immunologie	Médecine
JOLY-GUILLOU Marie-Laure	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
LACCOURREYE Laurent	Oto-rhino-laryngologie	Médecine
LAGARCE Frédéric	Biopharmacie	Pharmacie
LARCHER Gérald	Biochimie et biologie moléculaires	Pharmacie
LASOCKI Sigismond	Anesthésiologie-réanimation	Médecine
LAUMONIER Frédéric	Chirurgie infantile	Médecine
LEFTHERIOTIS Georges	Physiologie	Médecine
LEGRAND Erick	Rhumatologie	Médecine
LERMITE Emilie	Chirurgie générale	Médecine
LEROLLE Nicolas	Réanimation	Médecine
LUNEL-FABIANI Françoise	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
MARCHAIS Véronique	Bactériologie-virologie	Pharmacie
MARTIN Ludovic	Dermato-vénérérologie	Médecine
MENEI Philippe	Neurochirurgie	Médecine
MERCAT Alain	Réanimation	Médecine
MERCIER Philippe	Anatomie	Médecine
MILEA Dan	Ophtalmologie	Médecine
PAPON Nicolas	Parasitologie mycologie	Pharmacie
PASSIRANI Catherine	Chimie générale	Pharmacie
PELLIER Isabelle	Pédiatrie	Médecine
PICHARD Eric	Maladies infectieuses ; maladies tropicales	Médecine
PICQUET Jean	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire	Médecine
PODEVIN Guillaume	Chirurgie infantile	Médecine
PROCACCIO Vincent	Génétique	Médecine
PRUNIER Fabrice	Cardiologie	Médecine
REYNIER Pascal	Biochimie et biologie moléculaire	Médecine
RICHARD Isabelle	Médecine physique et de réadaptation	Médecine
RICHOMME Pascal	Pharmacognosie	Pharmacie
RODIEN Patrice	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques	Médecine
ROHMER Vincent	Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques	Médecine
ROQUELAURE Yves	Médecine et santé au travail	Médecine
ROUGE-MAILLART Clotilde	Médecine légale et droit de la santé	Médecine
ROUSSEAU Audrey	Anatomie et cytologie pathologiques	Médecine
ROUSSEAU Pascal	Chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique	Médecine
ROUSSELET M.-Christine	Anatomie et cytologie pathologiques	Médecine
ROY Pierre-Marie	Thérapeutique ; médecine d'urgence	Médecine
SAINT-ANDRE Jean-Paul	Anatomie et cytologie pathologiques	Médecine
SAULNIER Patrick	Biophysique pharmaceutique et biostatistique	Pharmacie
SENTILHES Loïc	Gynécologie-obstétrique	Médecine
SERAPHIN Denis	Chimie organique	Pharmacie
SUBRA Jean-François	Néphrologie	Médecine
UGO Valérie	Hématologie ; transfusion	Médecine
URBAN Thierry	Pneumologie	Médecine
VENIER Marie-Claire	Pharmacotechnie	Pharmacie
VERNY Christophe	Neurologie	Médecine
WILLOTEAUX Serge	Radiologie et imagerie médicale	Médecine
ZAHAR Jean-Ralph	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
ZANDECKI Marc	Hématologie ; transfusion	Médecine

MAÎTRES DE CONFÉRENCES

ANNAIX Véronique	Biochimie et biologie moléculaires	Pharmacie
ANNWEILER Cédric	Gériatrie et biologie du vieillissement	Médecine
AUGUSTO Jean-François	Néphrologie	Médecine
BAGLIN Isabelle	Pharmacochimie	Pharmacie
BASTIAT Guillaume	Biophysique et biostatistique	Pharmacie
BEAUVILLAIN Céline	Immunologie	Médecine
BELIZNA Cristina	Médecine interne	Médecine
BELLANGER William	Médecine générale	Médecine
BENOIT Jacqueline	Pharmacologie et pharmacocinétique	Pharmacie
BIGOT Pierre	Urologie	Médecine
BLANCHET Odile	Hématologie ; transfusion	Médecine
BOISARD Séverine	Chimie analytique	Pharmacie
BOURSIER Jérôme	Gastroentérologie ; hépatologie	Médecine
CAPITAIN Olivier	Cancérologie ; radiothérapie	Médecine
CASSEREAU Julien	Neurologie	Médecine
CHEVAILLER Alain	Immunologie	Médecine
CHEVALIER Sylvie	Biologie cellulaire	Médecine
CLERE Nicolas	Pharmacologie	Pharmacie
CRONIER Patrick	Chirurgie orthopédique et traumatologique	Médecine
DE CASABIANCA Catherine	Médecine générale	Médecine
DERBRE Séverine	Pharmacognosie	Pharmacie
DESHAYES Caroline	Bactériologie virologie	Pharmacie
DINOMAIS Mickaël	Médecine physique et de réadaptation	Médecine
DUCANCELLÉ Alexandra	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
FERRE Marc	Biologie moléculaire	Médecine
FLEURY Maxime	Immunologie	Pharmacie
FORTRAT Jacques-Olivier	Physiologie	Médecine
HELESBEUX Jean-Jacques	Chimie organique	Pharmacie
HINDRE François	Biophysique	Médecine
JEANGUILLAUME Christian	Biophysique et médecine nucléaire	Médecine
JOUSSET-THULLIER Nathalie	Médecine légale et droit de la santé	Médecine
KEMPF Marie	Bactériologie-virologie ; hygiène hospitalière	Médecine
LACOEUILLE Franck	Biophysique et médecine nucléaire	Médecine
LANDREAU Anne	Botanique	Pharmacie
LE RAY-RICHOMME Anne-Marie	Valorisation des substances naturelles	Pharmacie
LEPELTIER Elise	Chimie générale Nanovectorisation	Pharmacie
LETOURNEL Franck	Biologie cellulaire	Médecine
LIBOUBAN Hélène	Histologie	Médecine
MALLET Sabine	Chimie Analytique et bromatologie	Pharmacie
MAROT Agnès	Parasitologie et mycologie médicale	Pharmacie
MAY-PANLOUP Pascale	Biologie et médecine du développement et de la reproduction	Médecine
MESLIER Nicole	Physiologie	Médecine
MOUILLIE Jean-Marc	Philosophie	Médecine
NAIL BILLAUD Sandrine	Immunologie	Pharmacie
PAPON Xavier	Anatomie	Médecine
PASCO-PAPON Anne	Radiologie et imagerie médicale	Médecine
PECH Brigitte	Pharmacotechnie	Pharmacie
PENCHAUD Anne-Laurence	Sociologie	Médecine
PETIT Audrey	Médecine et santé au travail	Médecine
PIHET Marc	Parasitologie et mycologie	Médecine
PRUNIER Delphine	Biochimie et biologie moléculaire	Médecine
RIOU Jérémie	Biostatistique	Pharmacie
ROGER Emilie	Pharmacotechnie	Pharmacie
SCHINKOWITZ Andréas	Pharmacognosie	Pharmacie
SIMARD Gilles	Biochimie et biologie moléculaire	Médecine

TANGUY-SCHMIDT Aline	Hématologie ; transfusion	Médecine
TRICAUD Anne	Biologie cellulaire	Pharmacie
TURCANT Alain	Pharmacologie	Médecine

AUTRES ENSEIGNANTS

AMIARD Stéphane	Informatique	Médecine
AUTRET Erwan	Anglais	Médecine
BRUNOIS-DEBU Isabelle	Anglais	Pharmacie
CAVAILLON Pascal	Pharmacie Industrielle	Pharmacie
CHIKH Yamina	Économie-Gestion	Médecine
FISBACH Martine	Anglais	Médecine
LAFFILHE Jean-Louis	Officine	Pharmacie
LETERTRE Elisabeth	Coordination ingénierie de formation	Médecine
O'SULLIVAN Kayleigh	Anglais	Médecine

REMERCIEMENTS

A mon président de jury,

Monsieur le Professeur CHAPPARD,

Vous me faites l'honneur de diriger cette thèse.

Vous avez été un de mes premiers professeurs sur les bancs de la faculté de médecine, et avez réussi à me faire apprécier l'embryologie. Par la suite, votre aide et votre expertise m'ont été très précieuse au cours de l'élaboration de ce travail.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A mon directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Florian DUCELLIER,

Tu me fais l'honneur de diriger cette thèse.

Tu as su me diriger et me conseiller tout au long de ce travail.

Mais surtout, tu as su m'apprendre, avec patience et humilité, durant tout mon internat, la chirurgie prothétique du membre inférieur. Tes connaissances théoriques et pratiques me sont très précieuses. C'est un vrai plaisir de profiter de ces deux derniers mois pour opérer avec toi, avant de débuter ma vie de véritable chirurgien.

Sois assuré de mon éternelle reconnaissance et de mon plus profond respect.

A mon jury,

Monsieur le Professeur ROSSET,

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse. Vos connaissances en chirurgie prothétique du membre inférieur et en chirurgie de la hanche font de vous un expert avisé pour juger mon travail. J'espère que ce travail répondra à vos attentes.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Monsieur le Professeur GOUIN,

Vous me faites l'honneur de juger cette thèse. Vos connaissances en chirurgie prothétique du membre inférieur et en chirurgie de la hanche font de vous un expert avisé pour juger mon travail.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Monsieur le Docteur Vincent STEIGER,

Ton aisance chirurgicale, ainsi que tes grandes connaissances en chirurgie orthopédique et en traumatologie ont été des exemples durant tout mon internat. Ta disponibilité et ta pédagogie m'ont également été très précieuses. J'espère acquérir un jour tes compétences.

Sois assuré de mon éternelle reconnaissance et de mon plus profond respect.

REMERCIEMENTS

A mes maîtres d'internat,

Du service d'orthopédie du CHU d'Angers

Monsieur le Docteur LE NAY,

Vous m'avez pris sous votre aile depuis le début de mon internat, de façon bienveillante et paternaliste. Vos surnoms pour toute la colonie des internes sont restés. C'est un vrai plaisir de passer mes journées avec vous. Apprendre à opérer à vos côtés, profiter de votre expertise chirurgicale a été une réelle chance. Je suis fier d'avoir obtenu mon « permis NK2 » de vos mains.

Soyez assuré de mon éternelle reconnaissance et de mon plus profond respect.

Monsieur le Docteur HUBERT,

Vous avez su m'apprendre, parfois à mes dépens, la rigueur chirurgicale. Votre dynamisme et votre capacité de travail m'ont toujours bluffé. Vous m'avez transmis le goût de la chirurgie arthroscopique de l'épaule.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Monsieur le Docteur CRONIER,

Vous m'avez appris la traumatologie comme aucun autre. Votre rigueur et votre dévouement pour le patient sont un exemple pour moi. Je suis fier d'avoir été un de vos élèves.

Monsieur le Docteur TALHA,

Votre calme et vos trouvailles en traumatologie sont un exemple.

Monsieur le Docteur RIDEREAU,

Vous m'avez permis de devenir autonome, en me mettant le pied à l'étrier au cours de mes remplacements dans votre service de Château-Gontier.

Monsieur le Professeur BIZOT,

Vous m'avez accueilli dans votre service. Vos connaissances chirurgicales en chirurgie prothétique, notamment de reprise, m'ont été précieuses.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

REMERCIEMENTS

Du service d'orthopédie pédiatrique du CHU d'ANGERS,

Monsieur le Professeur MOUKOKO,

Vos connaissances sans limites de l'orthopédie pédiatrique et votre goût pour l'innovation m'ont beaucoup impressionné. J'ai beaucoup appris à vos côtés, et apprécié cette spécialité.

Monsieur le Docteur HENRIC,

Un collègue égaré au nord de la Loire, c'est toujours agréable. Merci de m'avoir transmis tes connaissances chirurgicales. J'espère que tu trouveras un jour un bureau aussi confortable que le nôtre, pour ne plus venir parasiter tes internes.

Du service d'orthopédie du CH Nord Mayenne,

Monsieur le Docteur ROBERT,

Vous avez été mon premier maître d'internat. Vous m'avez transmis votre passion de la chirurgie arthroscopique du genou, et m'avez fait tenir mon premier bistouri. Votre curiosité et votre honnêteté intellectuelle sont pour moi un exemple.

Soyez assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Messieurs les Docteurs VOGELI et ES SAYEH.

REMERCIEMENTS

Du service d'orthopédie de l'hôpital Ambroise Paré,

Monsieur le Professeur HARDY,

Vous étiez, de l'avis de tous vos élèves, l'exemple même de ce que doit être un professeur d'université, en plus d'être un chirurgien d'excellence. A la fois charismatique, dynamique, novateur, attentif à chacun. Passer six mois chez vous a été une chance fantastique. Vous m'avez décomplexé et permis de croire en mes capacités.

L'orthopédie française a perdu l'une de ses figures de proue.

Soyez assuré de mon éternelle reconnaissance et de mon plus profond respect.

Monsieur le Professeur Thomas Bauer,

Ton aisance chirurgicale, ta force de travail ainsi que la confiance absolue que te vouent tes malades m'ont beaucoup impressionné. Tu m'as permis de démystifier la chirurgie septique, et m'as fait découvrir le percutané. Je ne regrette par contre absolument pas les consultations du jeudi...

Sois assuré de ma reconnaissance et de mon profond respect.

Du service de chirurgie vasculaire du CH Le Mans,

Messieurs les Docteur FRADIN et GARDET.

Madame le Docteur LOUBIERE.

A mes chefs de cliniques,

Monsieur le docteur Charles CASIN (Clermont c'est une vraie équipe de fiottes...).

Monsieur le docteur Timothée VIEL (François le français)

Monsieur le docteur Romain LANCIGU, chirurgien-maître d'œuvre (merci pour toutes ces arthros d'épaule, et ton amitié. Reste « aussi calme » au bloc surtout !)

Monsieur le docteur Jean Marie FRIN (docteur Jekyll... A très vite !)

Monsieur le docteur Morgan LAIGLE (l'homme qui écrivait des articles scientifiques à 4h du matin en garde)

Monsieur le docteur Antoine MORICE (merci pour ces 2 années. Bonne continuation à Agen ! A bientôt)

REMERCIEMENTS

Monsieur le docteur Pierre de SAINTE HERMINE (Vannes c'est quand même mieux qu'Angoulême !)

Monsieur le docteur Xavier BUISSON (le cal vicieux...)

Monsieur le docteur Erwann PANSARD (je n'oublierai pas cette première prothèse par voie antérieure...)

Monsieur le docteur J-S BERANGER (la chirurgie c'est binaire : Versailles, et le reste du monde...)

Messieurs les docteurs J-D WERTHEL et Grégoire CIAIS (elle court, elle court, la maladie...)

Monsieur le docteur Damien DELGRANDE (j'espère qu'on trouvera un traitement pour toi)

A mes co-internes :

Antoine PEYRONNET, Clément MARC, Nicolas RUIZ, Louis RONY, François FERCHAUD, Raphael PINET. Je vous ai vu plus que ma famille et mes amis au cours de ces 5 dernières années. Vous êtes devenus bien plus que des confrères. On a formé une bonne équipe. J'espère vous voir encore longtemps.

Fanny ANTIN, Gaetano VITALE ; on a quand même fait joujou avec des gros vaisseaux.

Bertille CHARRUAU, Thomas POUDEROUX, Julien BACHLER, Raph' GIBAUD, Mathurin GOMEZ, Adrien PAUVERT, Florie FRIGOUT, Pierre Olivier BORDURE, Sara BERGMANN, Guillaume LEROUX.

Olivier HERISSON, Salma OTTAYEK, Guillaume AUBERGER, Jaber Al KHAILI, Marine ANKRI.

Aux secrétaires et à l'ensemble du service d'orthopédie et du bloc du CHU d'Angers.

REMERCIEMENTS

A mes amis d'enfance.

A mes amis de médecine,

On a passé de belles années ensemble. Et on agrandit notre cercle d'amis, grâce à toutes vos femmes. *To be continued*

Martin VEAUDOR (on a encore pleins d'autres piscines à aller visiter), Agathe DOUET (j'étais aux premières loges), Simon LANNOU (quel plaisir de t'avoir retrouvé à Paris), Damien L'HOTELLIER (aka meilleur colloc ever !), Max' BERTRAND (192g, ça vaut qd même le détour), Aurel' SUTRA (merci de me parler encore même si je ne suis pas hématologue), Clément BONNET (capitaine, capitaine ! Vous n'êtes pas le capitaine), Lolo LELIEVRE (le bel éphèbe ! On retournera à Guincho), Paul ABRAHAM (une amitié difficile à obtenir, mais ô combien gratifiante), Samir ISSA Malo LEHANNEUR et Harold COMMON (classe et élégance : orthopédie de France), Thom' VALENTIN (plus parisien que les parisiens), Fred et Carole BIGOT (très content que vous reveniez à Angers), Greg' BARRIER

A mes amis d'internat,

P-A DUFOUR (un jour je te battrai au squash), Paul PANAYOTOPoulos, et tous les autres, rencontrés à Angers, et à l'internat du Mans...

Monsieur le Docteur Thierry Musset : tu as sauvé la vie de mon papa quand je ne connaissais même pas ton métier. Je pense qu'il n'y a pas de hasard. Tu m'as par la suite donné envie, par ton enthousiasme débordant, de pratiquer cette profession. Je n'ai jamais eu à le regretter. Sois assuré de mon éternelle reconnaissance et de mon profond respect. Remets-toi vite.

Aux PATEU,

Odile et Philippe, vous m'avez accueilli chez vous. Je ne serai jamais arrivé en seconde année sans votre soutien. Je vous dois pour ça une éternelle reconnaissance. Philippe, ta dévotion pour ton métier a toujours forcé mon admiration. Mais ce que je préfère chez vous, c'est cette famille formidable que vous avez créée. Je m'y sens toujours comme dans la mienne. Encore merci

Etienne, ton soutien et ton expertise en première année ont été fondamentaux. Par la suite, tu m'as intégré dans tous tes groupes d'amis, et m'as surtout permis de rencontrer la femme de ma vie. Merci pour tout

REMERCIEMENTS

A ma famille,

Mes grands Parents :

Ma petite grand-mère. Continue d'être aussi bienveillante avec nous tous ! Il faut que je revienne au Revest, je veux beaucoup de coussin de lavande !!

Grand-Papa et Milaure. Encore merci pour ces six mois passés chez vous l'année dernière !

Edouard et Maud, merci pour votre accueil toujours chaleureux chez vous, de m'avoir autorisé à envahir votre garage pendant de longues périodes. Nous sommes très contents de savoir qu'on va habiter encore plus près de chez vous.

Mes parents

Ma chère Maman, merci de t'être accroché pour moi, même si je n'étais « même pas né que je te faisais déjà chier ». Ca en valait la peine (enfin je crois...). Tu as eu le courage de nous élever tous les trois, seule durant de longues périodes. Tu as toujours été présente, aimante, attentionnée et formidable ! Je suis bien content que tu reviennes un peu plus près d'Angers.

Mon cher Papa, tu m'as dit un jour, « là où il y une volonté, il y a un chemin ». Tu personnifies cette phrase à merveille. Je pense que peu d'hommes au monde ont ta force de caractère, ta curiosité, ton humilité et ton humanité réunies. Merci de m'avoir accompagné tout au long de ma vie, de m'avoir fait passer de petit garçon à chirurgien. Merci de m'avoir transmis vos valeurs. Je suis très fier d'être votre fils.

Flo, toutes ces années passées avec toi ont été fantastiques. On a bien rigolé. Tu es un exemple pour Marianne et moi. Continue à nous raconter des histoires banales en en faisant des tonnes pour la rendre fantastique ! C'est tellement drôle !

Marianne, le clone. Ma petite sœur, je suis très fier de toi, de ta réussite professionnelle (le tout avec 6 mois de vacances en Martinique, 4 en Chine, respect) ... Reste hypocondriaque surtout, que j'ai l'impression d'être encore un médecin !

A ma belle-famille,

Brigitte, merci beaucoup de m'avoir accueilli avec autant de gentillesse dans votre famille. Je suis très heureux de vous voir le dimanche !

A ma femme chérie, Marie-Amélie,

Merci d'être entré dans ma vie. Ta délicatesse et ton humour égagent chacune de mes journées. J'espère pouvoir fonder une jolie famille avec toi, pour toujours (en espérant que nos enfants prennent autre chose de nous que nos nez). Je t'aime

Liste des abréviations

RM :	Robert Mathys
UHMW-PE :	Ultra-high molecular weight polyethylene
PTH :	Prothèse totale de hanche
PE:	polyéthylène
BMI:	Biomass index
PR:	Polyarthrite rhumatoïde
CDR:	Coxarthrose destructrice rapide
HHS:	Harris Hip Score
PMA:	Poste Merle d'Aubigné
VCE:	Angle de couverture externe
ROI:	Région d'intérêt
D _{sky} :	Dimension fractale par méthode des gratte-ciels
D+ :	Dimension fractale par méthode des couvertures dynamiques utilisant une croix
D :	Dimension fractale par méthode des couvertures dynamiques utilisant un vecteur vertical
D- :	Dimension fractale par méthode des couvertures dynamiques utilisant un vecteur horizontal
SEM :	Erreur standard de la moyenne
DXA :	Dual energy X-ray Absorptiometry
TDM:	Tomodensitométrie

Plan

INTRODUCTION

MATERIEL ET MÉTHODES

1. Matériel

- 1.1. Population
- 1.2. Matériel prothétique
- 1.3. Technique opératoire

2. Méthode

- 2.1. Suivi clinique
- 2.2. Suivi radiographique
- 2.3. Analyse de la microarchitecture osseuse
 - 2.3.1. Définition de la région d'intérêt (ROI)
 - 2.3.2. Traitement des images
 - 2.3.3. Analyse de texture
- 2.4. Analyse statistique

RESULTATS

- 1. Complications per et post opératoires**
- 2. Résultats cliniques**
- 3. Résultats radiographiques**
- 4. Analyse de texture**

DISCUSSION

- 1. Résultats cliniques**
- 2. Résultats radiologiques**
- 3. Justification de la méthode d'analyse de l'évolution de la trame osseuse**
- 4. Interprétation de l'analyse fractale**
- 5. Points forts et points faibles de l'étude**

CONCLUSION

REFERENCES

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

TABLE DES MATIERES

ANNEXES

INTRODUCTION

Le traitement chirurgical de la coxarthrose a été développé depuis plus de 60 ans et repose sur un traitement non conservateur, l'arthroplastie totale de hanche. Cette chirurgie s'est développée considérablement, en raison de l'amélioration des techniques, de la qualité des implants employés, conjointement au vieillissement de la population. En France, en 2010, plus de 140000 prothèses totales de hanche ont été posées selon l'Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation. Le gold standard est représenté par les prothèses cimentées, qui ont prouvé leur efficacité depuis de nombreuses années, et les premiers prototypes développés par Charnley (1) (2). Leur point faible repose sur l'interface de mobilité métal-PE, et les débris d'usures de polyéthylène responsables d'ostéolyse et de descellement prothétique à long terme (3).

S'est alors développé le concept de prothèse sans ciment, avec une double fixation ; primaire mécanique, puis secondaire biologique avec intégration de la prothèse à l'os trabéculaire (4), nous permettant d'utiliser de nouveaux couples de frottements, excluant le polyéthylène et donc les problèmes d'usure et d'ostéolyse associés, comme le couple céramique/céramique (5) ou métal/métal (6). Ces implants ont montré une survie ainsi que des résultats satisfaisants, comparables aux prothèses cimentées. Néanmoins, sont apparus d'autres problématiques, telles que le descellement aseptique à long terme (7) (8). En effet, l'utilisation de cupules sans ciment avec metal-back entraîne des modifications des contraintes au niveau du cotyle. Celles-ci sont plus importantes en périphérie du cotyle (9), et moins importantes au niveau du toit du cotyle (10), exposant à un stress shielding de l'os trabéculaire (11) (12) (13) (14). Il est décrit une diminution du capital osseux en regard de

la zone 2 de De Lee et Charnley (15) (16). A long terme, les conséquences sont une raréfaction de la trame osseuse en zone portante, compliquant les reprises itératives (15) (17).

Ces problématiques ont poussé les industriels à développer de nouveaux implants cotyloïdiens sans ciment sans métal back rigide, tel le cotyle RM Classic® (Mathys, Suisse) (polyéthylène non cimenté) possédant une élasticité proche de celle de l'os. Cet implant a fait l'objet de plusieurs travaux, et montre une survie à 20 ans de plus de 94% (18) (19). Ses propriétés mécaniques lui permettraient par l'absence de métal back une répartition plus harmonieuse de l'ensemble des contraintes. Nous utilisons, dans le service, l'évolution de cet implant, le cotyle RM-Pressfit® polyéthylène non cimenté réalisé en UHMW- PE (ultra high molecular weight polyethylene), dont les résultats à moyen terme semblent excellents, et ont fait l'objet de plusieurs publications récentes (20) (21) (22).

L'analyse de l'évolution de la trame osseuse après arthroplastie totale de hanche s'appuie sur différents examens et a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche (9) (10) (11) (12) (23) (24) (25) (26). L'examen utilisé préférentiellement reste la tomographie computarisée permettant une analyse quantitative de la trame osseuse de façon fiable (27) (28) (29). Néanmoins, tous ces examens n'abordent que de façon sommaire l'analyse de la microarchitecture du tissu osseux (30). L'utilisation de logiciels d'analyse de texture, permettant de déceler les modifications micro-architecturale du réseau trabéculaire s'est développée au cours des dernières décennies (31) (32) (33) (34) (35). De plus, ces méthodes, basées sur l'analyse de radiographies, restent moins irradiantes que la tomodensitométrie. Cette méthode a été validée dans la recherche sur le dépistage précoce

de l'ostéoporose (36) (37) et de l'arthrose (38), et commence à être utilisée dans le suivi des patients avec arthroplastie totale de hanche (39).

Le but principal de notre travail était d'étudier l'évolution de la trame osseuse en zone portante au cours du temps, par analyse de texture, après pose d'un cotyle RM Pressfit® jusqu'à 5 ans post-opératoire. Cette analyse s'inclut une étude rétrospective analytique, reprenant la survie de l'implant, ses résultats cliniques, son ostéointégration ainsi que l'évolution de la trame osseuse sur les radiographies.

MATERIEL ET MÉTHODES

1. Matériel

1.1. Population

Nous avons inclus, entre juillet 2010 et décembre 2011, tous les patients opérés d'une prothèse totale de hanche (PTH) de première intention avec mise en place d'un implant cotyloïdien de type RM Pressfit, avec un couple de frottement alumine-PE (polyéthylène). Le critère d'exclusion était la pose de l'implant lors d'une reprise de prothèse totale de hanche. Au total, nous avons inclus 46 hanches chez 44 patients, et avons réalisé un suivi clinique et radiologique régulier pendant 5 ans.

Il y avait 24 femmes (55%) et 20 hommes (45%), d'âge moyen 71,9 (61-89) ans. Nous avons opéré 22 hanches droites et 24 gauches.

Les caractéristiques de la population sont résumées dans le tableau 1.

Sexe	Hommes n=20 / Femmes n=26
Age moyen	71,89 (61 - 89) ans
BMI moyen	26,37 Kg/m ²
Coxarthrose primitive	36
Coxarthrose secondaire	10
- Traumatique	3
- Ostéonécrose	1
- PR	2
- CDR	3
- Dysplasique	1
Score de Charnley	
- A 39%	18
- B 52%	24
- C 9%	4

Tableau 1. Caractéristiques population

1.2. Matériel prothétique

L'implant RM Pressfit® est un composant acétabulaire dans lequel s'articule une tête en métal ou en céramique. Il s'agit d'un implant monobloc mixte, non cimenté, comprenant deux parties solidaires :

- Un corps en polyéthylène de haut poids moléculaire de type UHMW-PE, qui possède un module d'élasticité proche de celui de l'os (1000N/mm^2 contre 500 à 6000N/mm^2 pour l'os).
- Un revêtement en titane pur (TiCP), de $150\mu\text{m}$ d'épaisseur, de grade 4, selon l'American Standards of Trade and Measures. Ce revêtement permet une biocompatibilité du fait d'une liaison directe avec l'os, démontrée avec la cupule RM Classic®.



Figure 1. Cotyle RM Pressfit®

L'implant est impacté dans l'acétabulum, préalablement fraisé au diamètre adéquat. Son pressfit est de 1,6 mm, croissant avec le diamètre de l'implant. Ce surdimensionnement à l'équateur permet d'obtenir une réduction des micromouvements entre l'os et l'implant améliorant la fixation primaire et favorisant l'ostéointégration. La gamme d'utilisation comprend des implants de diamètre interne de 28 ou 32mm, avec un diamètre externe allant de 46mm à 64mm, disponible de 2mm en 2mm, et une épaisseur utile minimale de polyéthylène de 8mm.

1.3. Technique opératoire

Tous les patients ont été opérés selon le même protocole, par huit chirurgiens séniors du service. La planification préopératoire permettait de prévoir la taille des implants. La voie d'abord utilisée était une voie postéro-latérale de Moore. L'implant cotyloïdien prothétique était impacté en press-fit après fraisage de l'acétabulum, conformément aux repères

anatomiques habituels (U radiologique, position des cornes postérieures et antérieures). La stabilité de l'implant était testée en peropératoire.

L'implant fémoral était laissé au choix de l'opérateur. Au total, 46 prothèses sans ciment ont été posées (41 tiges Avenir Zimmer®, 5 tiges Cerafit RMIS Ceraver®).

Tous les couples de frottement étaient composés par une association céramique/ PE.

Une radiographie post-opératoire immédiate était réalisée systématiquement.



Figure 2. Tiges Avenir et Cerafit

2. Méthode

2.1. Suivi clinique

Le recueil des données cliniques était réalisé par chaque opérateur en préopératoire, à 6 mois, 1 an et 2 ans. Chaque consultation a été documentée par les scores subjectifs de Harris (HHS) (40) et de Postel-Merle d'Aubigné (PMA) (41).

Tous les patients ont été revus à un délai de 5 ans post-opératoire par un examinateur indépendant.

Le résultat fonctionnel était considéré comme excellent pour un score de Harris supérieur à 90, bon entre 80 et 90, moyen entre 70 et 80, et mauvais si inférieur à 70. De même, le résultat fonctionnel était apprécié sur le score de PMA comme excellent à 18, bon à 16, moyen à 15 et mauvais si inférieur.

Nous avons recensé toutes les complications survenues au cours du suivi.

2.2. Suivi radiographique

Le recueil des données radiographiques a été réalisé par un examinateur indépendant. Le dossier radiographique des patients comportait des radiographies de bassin de face, de hanche de face et de profil post-opératoire immédiate, à 6 mois, 1 an, 2 ans et 5 ans. Ces radios numérisées nous ont permis, en connaissant le diamètre initial de la tête prothétique (28 ou 32mm), de réaliser des mesures millimétriques. Les mesures ont été réalisées à l'aide du logiciel Synapse (Fujifilm®).

Les données analysées étaient :

- Angle de couverture externe (VCE) de la hanche en préopératoire, à la recherche d'une dysplasie cotyloïdienne. En post-opératoire, était mesurée la couverture de l'implant cotyloïdien. Conformément à la littérature, elle était considérée comme satisfaisante si 80% de l'implant prothétique était recouvert par de l'os sur le cliché post-opératoire de face.

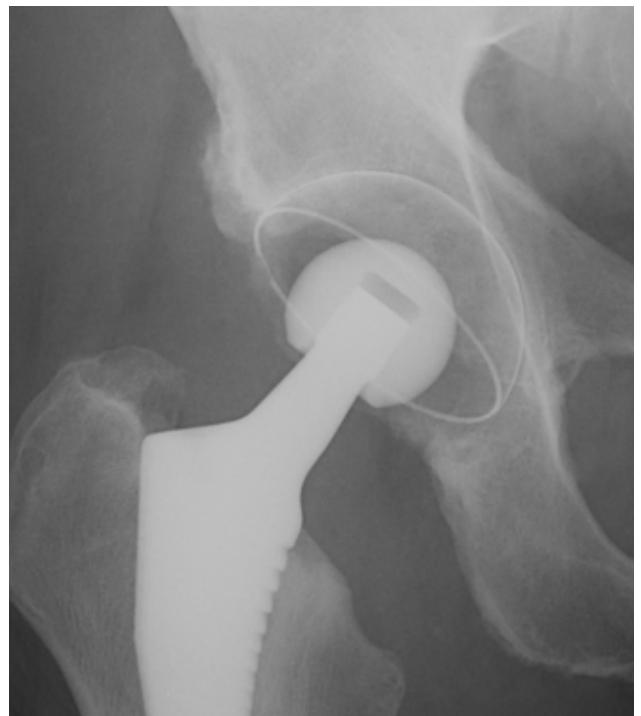


Figure 3. Calcul VCE et couverture externe prothétique

- Inclinaison de l'implant cotyloïdien : l'inclinaison de l'implant était analysée dans le plan frontal, par rapport à la ligne des U radiologiques. Cette mesure a été réalisée sur les clichés post-opératoires immédiats, à deux mois et au dernier recul.

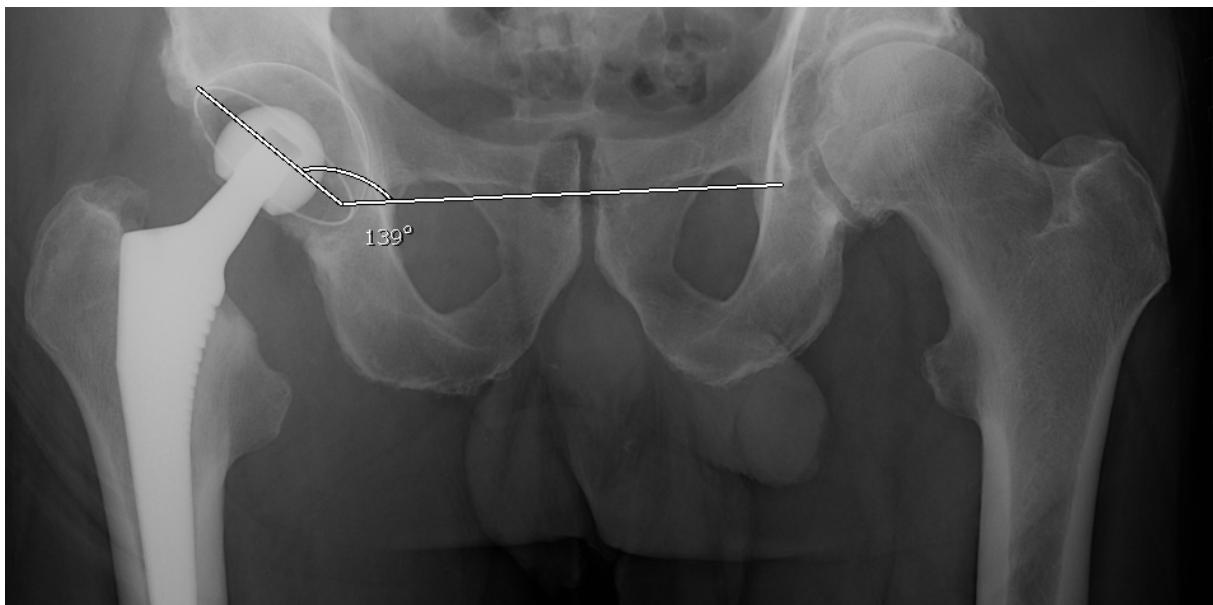


Figure 4. Calcul inclinaison de l'implant cotyloïdien

- Usure : l'usure du polyéthylène a été évaluée par la technique de Livermore (42), sur le cliché du bassin de face. Cette mesure a été réalisée par comparaison du premier cliché post-opératoire et du cliché au dernier recul.
- Trame osseuse : nous avons recherché la présence de géodes sur les clichés de face et de profil et leurs localisations en fonction des zones de De Lee et Charnley. Nous avons détaillé les modifications de la trame osseuse en zone portante. La trame osseuse était notée comme densifiée, inchangée, estompée, ou disparue (figures 5, 6, 7).



Figure 5. Trame osseuse inchangée avec diminution de la condensation supéro-externe



Figure 6. Trame osseuse densifiée avec diminution de la condensation supéro-externe

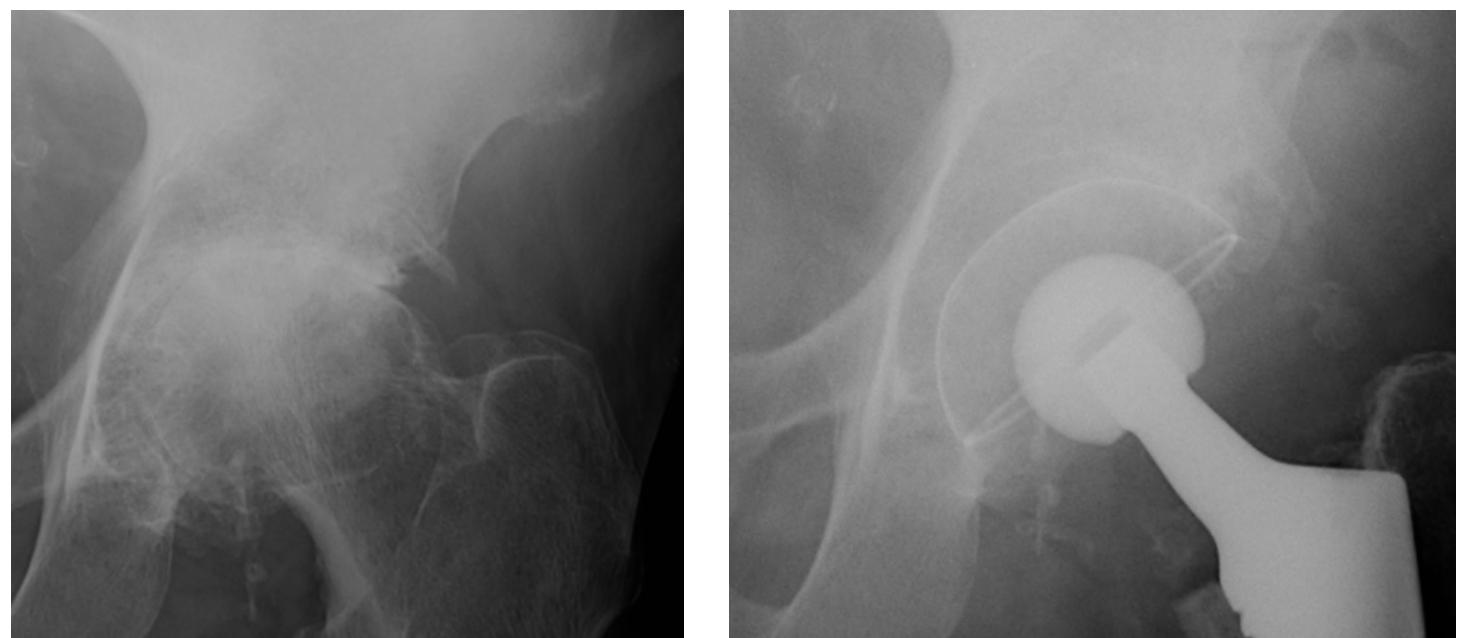


Figure 7. Trame osseuse estompée

- Calcifications péri-prothétiques: elles ont été évaluées par la classification de Brooker (43).
- Ostéointégration : nous avons recherché la présence d'un liseré péri-prothétique au dernier recul. Un liseré était considéré présent s'il était visible à l'œil nu, correspondant à une épaisseur supérieure ou égale à 1mm.

2.3. Analyse de la microarchitecture osseuse

En nous basant sur les travaux étudiant l'évolution de la trame osseuse autour de l'implant prothétique après pose de métal back, nous avons décidé de réaliser une analyse de texture de l'évolution de la trame osseuse en zone portante, au niveau de la zone 2 de De Lee et Charnley.

L'analyse a été faite sur les radiographies de bassin de face. Les images étaient encodées en 8 bits (256 niveaux de gris : noir=0, blanc=255), permettant l'accès aux données évaluables par des techniques mathématiques basées sur l'analyse de texture que l'œil humain ne peut pas évaluer (32) (35). L'os apparaît blanc, les autres tissus noirs.

2.3.1. Définition de la région d'intérêt (ROI)

La ROI utilisée était située en zone 2 de De Lee et Charnley. Elle a été sélectionnée sur la radiographie du bassin de face. Sa surface couvrait un carré de 512 pixels de côté (correspondant à la zone d'analyse utilisée par le logiciel d'analyse de texture). La région d'intérêt restait à distance de l'os sous-chondral et des corticales.

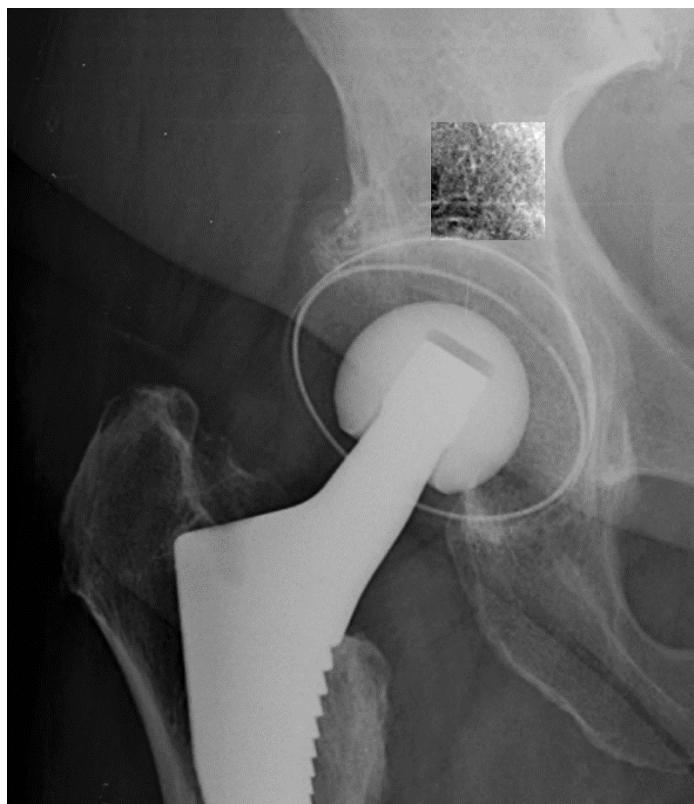


Figure 8. Zone de sélection de la ROI, à distance des corticales de l'os coxal et de l'os sous-chondral

2.3.2. Traitement des images

Afin de pouvoir comparer les images au cours du temps et nous affranchir des différences liées au diffusé des rayons X, à la différence d'échelle, ainsi qu'aux variations du calibrage des appareils radiographiques au cours du temps, nous avons procédé à un traitement numérique des images, nous permettant d'obtenir des images comparables entre elles pour chaque patient.

L'échelle des radios était modifiée directement sur le logiciel Synapse, à l'aide de calques numériques, nous permettant d'agrandir la tête prothétique à son diamètre connu (28mm ou 32mm).

Les images ont été ensuite traitées à l'aide du logiciel Photoshop® ; agrandies pour obtenir la ROI voulue (512*512px) centrée en zone 2 de De Lee et Charnley. Par égalisation des histogrammes, nous avons obtenu une même distribution des niveaux de gris sur les images. A l'aide du logiciel, nous avons sélectionné la même région d'intérêt sur les radiographies successives de chaque patient.

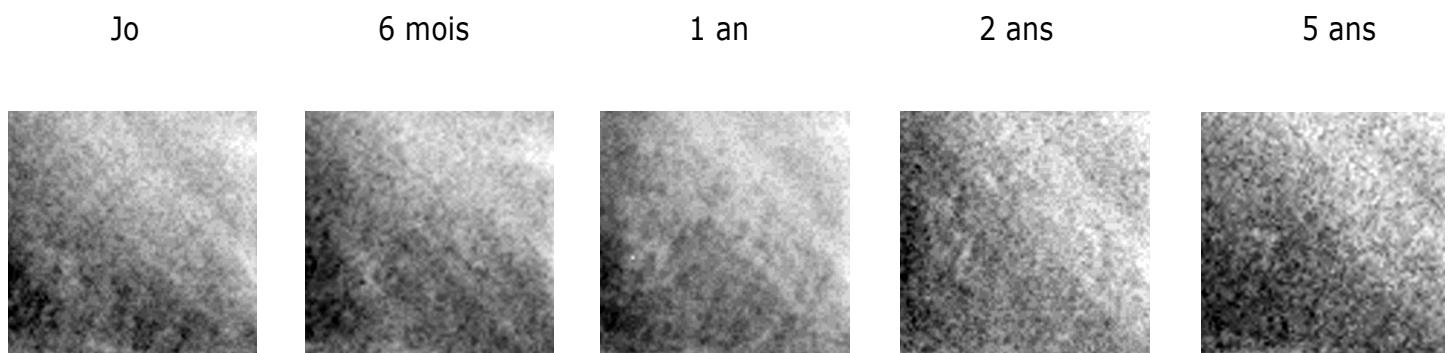


Figure 9. Evolution trame osseuse chez le même patient, de Jo à 5 ans, sur la ROI

2.3.3. Analyse de texture

L'analyse de texture a utilisé des méthodes fractales dont les bases mathématiques ont été présentées (34) (35). Le logiciel utilisé a été développé au laboratoire GEROM (Groupe d'Etudes sur le Remodelage Osseux et les bioMatériaux - Dir. Pr. D. Chappard), CHU Angers pour le projet SCIMEX, projet industriel régional, dont la fiabilité a été prouvée en orthopédie par Mallard et al. (44).

Les paramètres suivants, calculés par géométrie fractale, ont été analysés :

- Méthode des gratte ciels (D_{sky}) : cette méthode a été initialement décrite par Caldwell (31).

Les pixels constituant une image peuvent être considérés comme des gratte-ciels dont la hauteur est représentée par le niveau de gris du pixel. Cette méthode permet d'analyser l'évolution de la microarchitecture du tissu osseux dans sa globalité.

- Méthode des couvertures dynamiques, utilisant l'un des trois éléments structurant balayant l'image : croix et vecteur (horizontal et vertical).

Cette méthode a été décrite par Peleg (45), en utilisant les propriétés de dilatation et d'érosion d'une image. Ces éléments structurants différents et orientés permettent une analyse séparée des composants longitudinaux, transversaux, et l'aspect en nid d'abeille de la microarchitecture du tissu osseux.

La dimension fractale obtenue avec la croix ($D+$) et celles obtenues avec un vecteur horizontal ($D-$), ou vertical ($D\|$) ont été déterminées. Le vecteur horizontal analyse les travées osseuses horizontales, le vecteur vertical les travées osseuses verticales, la croix teste l'aspect en nid d'abeille du réseau trabéculaire.

Ces valeurs ont été exprimées en pourcentage, la dimension fractale initiale (à J0) de chaque patient étant définie comme le zéro. Les variations de pourcentage de dimension fractale ont été définies pour chaque patient.

Pour chaque paramètre fractal, les résultats ont été exprimés en moyenne \pm erreur standard de la moyenne (SEM), ce qui permet de tenir compte de la fluctuation de l'effectif au cours du temps.

2.4. Analyse statistique

Le recueil de données a été effectué sur le logiciel Microsoft Excel®. Les calculs statistiques ont été analysés avec le logiciel Systat® (Systat, San José, CA, version 13.00.05). Nous avons utilisé différents types de tests statistiques :

- Pour l'analyse clinique, deux types de tests ont été utilisés :
 - Un test *t* de Student pour comparer deux groupes appariés.
 - Un test de Kruskal-Wallis pour comparer plusieurs groupes non appariés.
- Pour l'analyse fractale, nous avons procédé à une analyse de variance, et utilisé comme test post-hoc le test de Différence Significative Minimale (Fisher LSD).

Dans tous les cas, un $p < 0,05$ était considéré comme significatif.

RESULTATS

Sur les 44 patients inclus (46 hanches) :

- 36 patients (38 hanches) ont été revus avec un recul moyen de 61 mois (47-74).
- 1 patiente a été réopérée à 23 mois de l'intervention, au 4^{ème} épisode de luxation. Il a été réalisé chez elle un changement unipolaire, avec pose d'une cupule à double mobilité. Elle a été exclue de l'analyse.
- 2 patients sont décédés de causes indépendantes. Leur prothèse était toujours en place. Ils ont été exclus de l'analyse.
- 5 patients ont été perdus de vue et ne se sont pas présentés aux consultations de suivi, après 6 mois, ni au dernier recul.

L'analyse statistique a été réalisée sur 38 cotyles RM Pressfit®.

L'analyse de texture a, quant à elle, porté sur 37 hanches revues au recul moyen de 61 mois, la qualité des radios d'une patiente étant jugée trop médiocre pour pouvoir être interprétée.

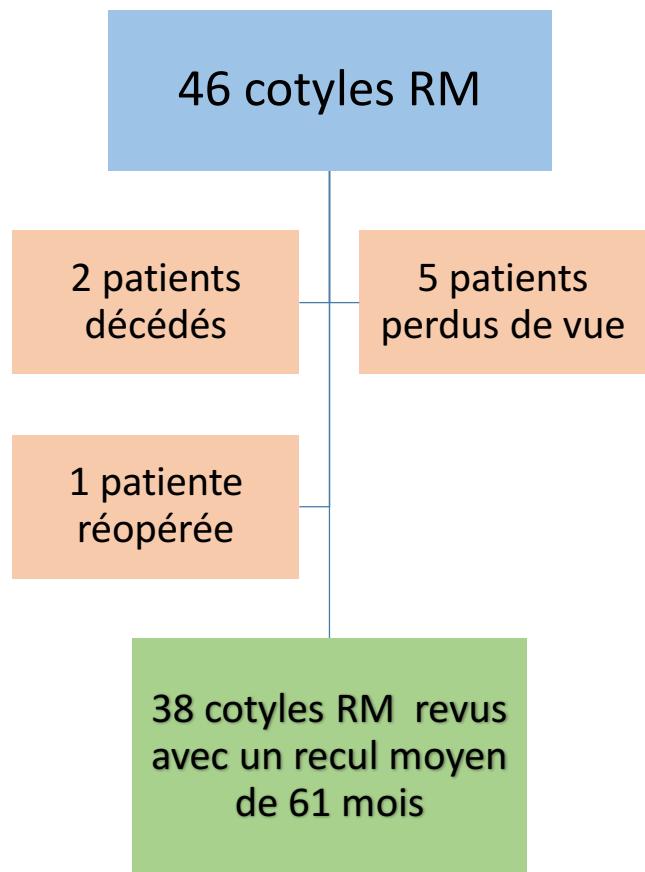


Figure 10. Diagramme de flux

1. Complications per et post opératoires

Aucune complication peropératoire n'a été constatée.

Nous avons relevé 5 complications post-opératoires (13%).

Une patiente (2,6%) a présenté, à J13, au cours d'une chute mécanique, une fracture péri prothétique de type Vancouver B1, ayant nécessité une ostéosynthèse fémorale, associée à un changement de tige. L'implant cotyloïdien n'a pas nécessité de changement. Les suites ont été favorables.

Une patiente (2,6%) a présenté, à un mois, au cours d'une chute mécanique, une fracture péri prothétique de type Vancouver AG, traitée orthopédiquement, avec mise en décharge pour un mois. L'implant cotyloïdien n'a pas nécessité de changement. Les suites ont été favorables.

Deux patientes (5,2%) ont présenté une luxation prothétique. L'une a présenté une luxation postérieure précoce, à J7. Celle-ci a été réduite sous anesthésie générale par manœuvre externe, associée à une immobilisation dans une attelle de Zimmer pour 3 semaines. Elle n'a pas présenté de récidive au dernier recul.

L'autre a présenté une luxation postérieure à 20 mois post-opératoire, avec 3 récidives en moins de 2 mois. Elle a été réopérée à 23 mois, avec changement unipolaire, et mise en place d'un implant cotyloïdien à double mobilité.

Un patient (2,6%) a été réopéré à 9 jours de l'intervention pour une infection précoce du site opératoire à *Staphylococcus Aureus* métiS. Nous avons procédé à un lavage articulaire avec changement des implants mobiles, associé à une bi-antibiothérapie pour une durée totale de 3 mois. Les suites ont été favorables.

2. Résultats cliniques

Sur les 44 patients inclus, nous avons revu 36 patients, pour un total de 38 hanches, au recul moyen de 61,63 mois (47-74).

Le score de Postel-Merle d'Aubigné passait de 11,51 en préopératoire à 16,44 au dernier recul, soit un gain moyen de 4,97.

Le gain était statistiquement significatif selon le test *t* de Student pour séries appariées, avec un $p<0,0001$.

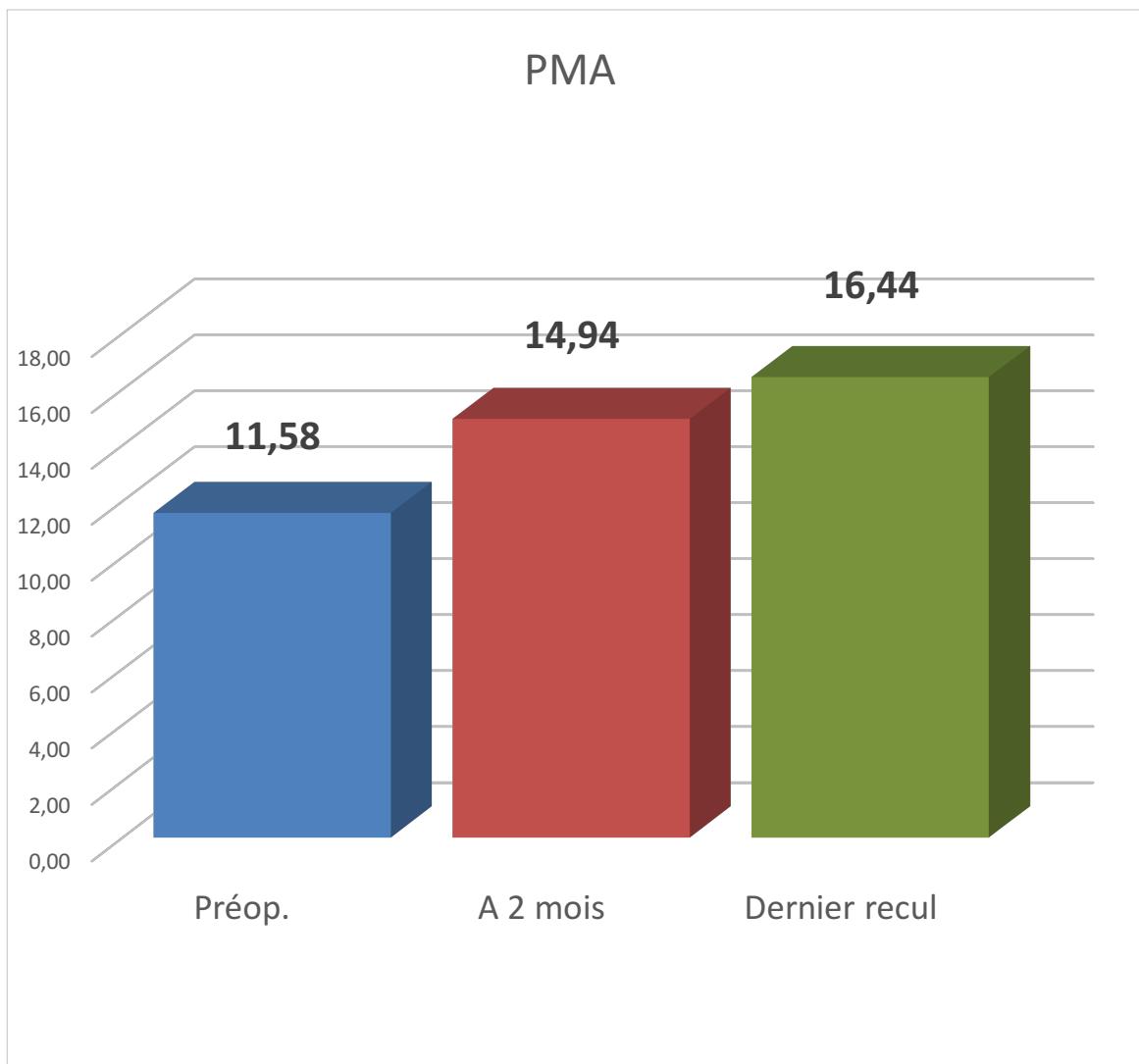


Figure 11. Evolution score PMA moyen

Le score de Harris passait de 60,87 en préopératoire à 90,26 au dernier recul, soit un gain moyen de 29,39.

Le gain était statistiquement significatif selon le test *t* de Student pour séries appariées, avec un $p < 0,0001$.

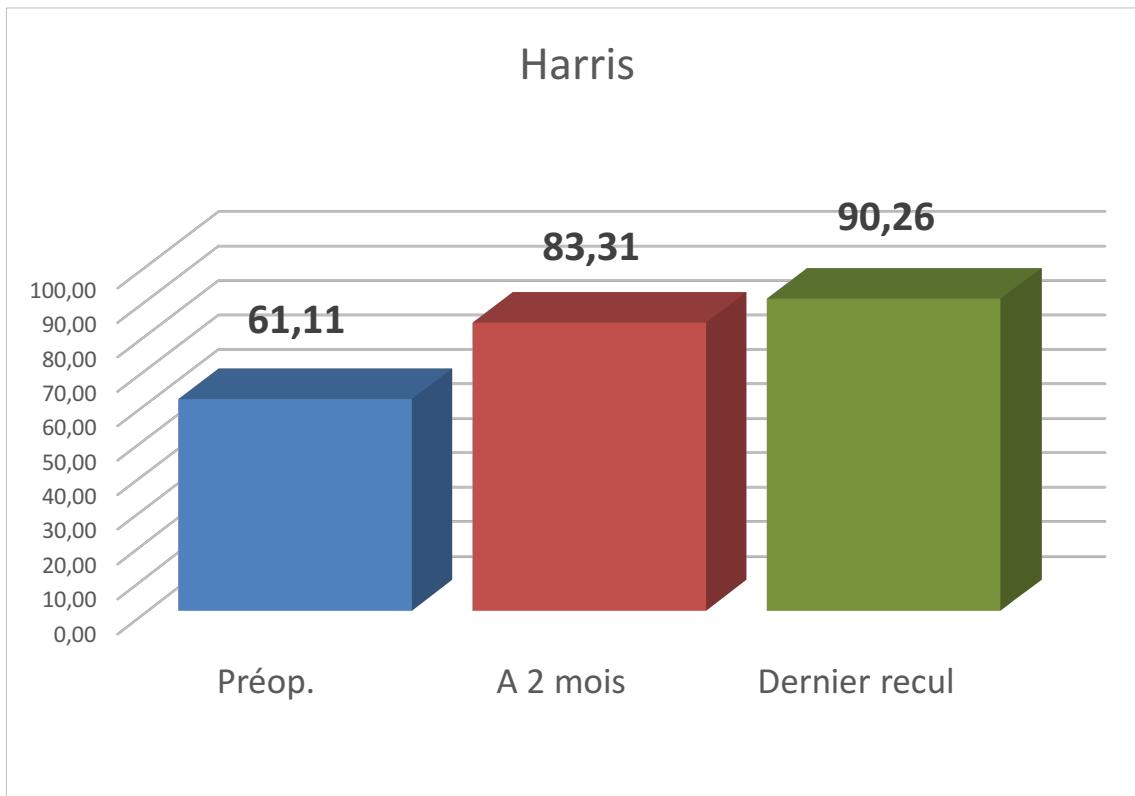


Figure 12. Evolution score Harris moyen

Parmi les 38 hanches analysées, il y avait 21 très bons résultats (Harris>90), 11 bons résultats (Harris>80), 5 résultats moyens (Harris>70), et un mauvais résultat (score de Harris côté à 69).

Chez les patients présentant un résultat moyen, nous avons observé deux complications précoces. L'une avait présenté une luxation précoce, l'autre un sepsis. L'arthroplastie totale de hanche d'une autre de ces patientes faisait suite à un échec d'ostéosynthèse (pseudarthrose sur vissage de col du fémur). Nous avons diagnostiqué, chez un des patients, un myélome, deux ans après l'arthroplastie, qui a dégradé les résultats fonctionnels. Les items déficitaires étaient : la douleur et la durée du périmètre de marche, pour 4 patients, la mobilité et la descente des escaliers pour un patient.

Le mauvais résultat est arrivé chez un patient pour qui l'indication était une coxarthrose primitive n'ayant pas présenté de complications, sans malposition des implants. Les items déficitaires étaient la douleur et le soutien à la marche.

Quinze patients présentaient une inégalité de longueur, n'excédant pas 1cm. Nous avons comparé ces patients aux patients présentant des membres inférieurs de même longueur, en analysant les scores de Harris et PMA au dernier recul. Nous n'avons pas mis en évidence de différence statistiquement significative selon le test de Kruskal-Wallis ($p= 0,45$ et $p=0,52$).

Un patient présentait un syndrome du psoas au dernier recul, qui altérait son résultat fonctionnel (Harris à 76, PMA à 15). L'implant cotyloïdien posé avait une cupule de 54mm de diamètre. Le patient ne souhaitait pas une ré intervention pour changement unipolaire.

3. Résultats radiographiques

L'analyse radiographique a porté sur les 38 hanches vues au dernier recul. Seuls 21 patients présentaient un bilan complet, avec des radiographies numériques à chaque consultation.

L'angle de couverture externe préopératoire était en moyenne de $32,4^\circ$. Trois patients présentaient un défaut de couverture externe ($VCE < 25^\circ$). Quatre patients présentaient une couverture externe incomplète, après arthroplastie. Aucun d'entre eux ne présentait de défaut préopératoire de couverture externe.

L'inclinaison moyenne de l'implant cotyloïdien était de 43,8° en post opératoire immédiat, et au dernier recul. Six hanches présentaient un cotyle horizontal (inclinaison<40°), 8 un cotyle vertical (Inclinaison>50°). Nous n'avons pas observé de mobilisation d'implants dans le plan frontal au dernier recul.

Nous n'avons pas mis en évidence d'usure du polyéthylène sur la radiographie (usure infra-millimétrique pour tous les patients) par la technique de Livermore.

Nous avons évalué la présence d'ossifications péri-prothétiques en utilisant la classification de Brooker. Au dernier recul, 11 hanches (29%) présentaient des ossifications, 7 au stade 1, 1 au stade 2 et 3 au stade 3. Nous avons comparé ce groupe de patients au groupe de patients indemnes d'ossification ectopique, en comparant les scores de Harris et PMA. Nous n'avons pas retrouvé de différence statistiquement significative entre ces deux groupes, selon le test de Kruskal-Wallis ($p=0,19$).

Nous avons mis en évidence des géodes chez 4 patients (10,5%), 3 en zone 1 et une en zone 2. Deux géodes situées en zone 1 étaient visibles sur les clichés préopératoires, les 2 autres géodes sont apparues sur les clichés à 1 an. Ces géodes étaient non évolutives à la révision, à 5 ans.

Concernant l'analyse qualitative de la trame osseuse, 3 hanches présentaient une trame osseuse plus dense, 29 hanches une trame inchangée et 6 hanches une trame estompée, voire disparue, par rapport aux radiographies préopératoires. Parmi ces hanches, nous avons observé une harmonisation de la trame osseuse, avec disparition de la condensation sous-chondrale pathologique préopératoire, dans 21 cas (55%).

Une hanche présentait un liseré péri prothétique supérieur à 1mm, d'aspect non évolutif au cours du temps. Le patient était asymptomatique.

4. Analyse de texture

Nous avons analysé 21 dossiers radiographiques complets, de j0 à 5 ans, 6 dossiers présentant un contrôle radiographique manquant, 4 présentant 2 contrôles radiographiques manquants. Tous les patients analysés ont été revus à J0, 6 mois et 5 ans.

Une patiente a été exclue de l'analyse, la qualité de ses radiographies étant jugée médiocre et ne pouvant pas être interprétée de manière adéquate (clichés radiographiques extraits d'une goniométrie).

Nous avons observé une augmentation statistiquement significative de la dimension fractale au cours du temps, pour toutes les mesures à 5 ans.

Cette augmentation était de 2,67% à 5 ans par la méthode des gratte-ciels. L'augmentation était statistiquement significative à 1 an, 2 ans et à 5 ans (figure 13).

Cette augmentation était de 2,44% à 5 ans par la méthode utilisant l'élément structurant croix. L'augmentation était statistiquement significative à 6 mois, 1 an, 2 ans et à 5 ans (figure 14).

Cette augmentation était de 1,72% par la méthode utilisant le vecteur horizontal. L'augmentation était statistiquement significative à 1 an et à 5 ans (figure 15).

Cette augmentation était de 1,82% par la méthode utilisant le vecteur vertical. L'augmentation était statistiquement significative à 1 an et à 5 ans (figure 16).

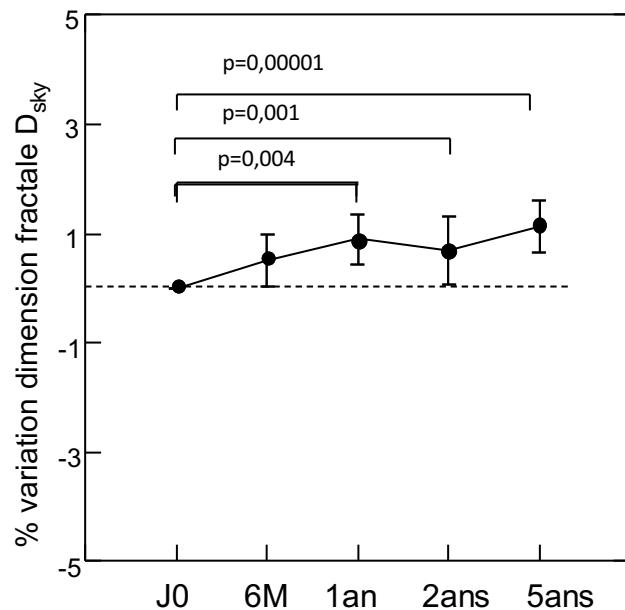


Figure 13. Variation dimension fractale par méthode des gratte-ciels

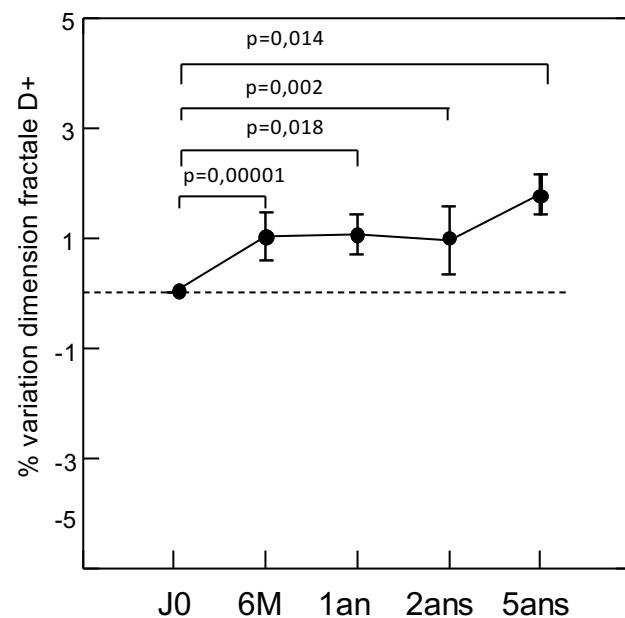


Figure 14. Variation dimension fractale en utilisant l'élément structurant « croix »

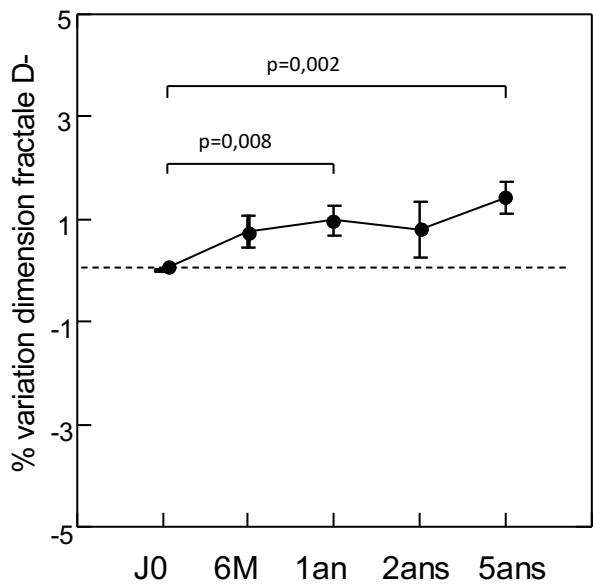


Figure 15. Variation dimension fractale par méthode « vecteur horizontal »

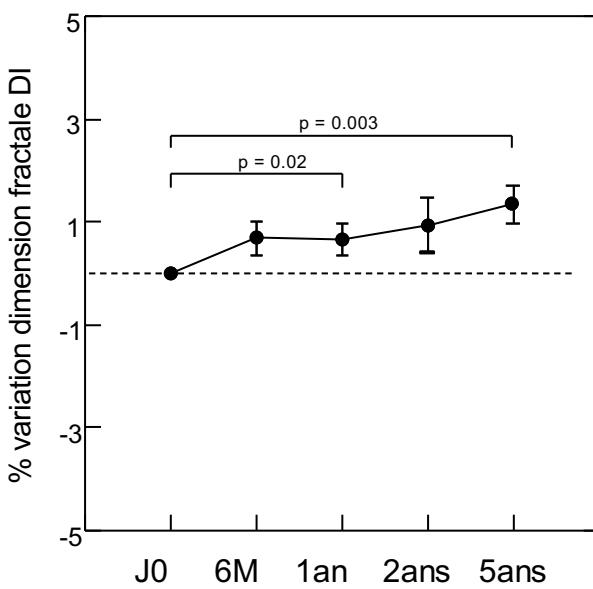


Figure 16. Variation dimension fractale par méthode « vecteur vertical »

DISCUSSION

1. Résultats cliniques

Aujourd’hui, les résultats à long terme des prothèses totales de hanche de première intention, cimentées et non cimentées, sont de mieux en mieux connus avec des taux de survie importants (2). Ihle (19), dans son travail publié en 2008, rapporte 94% de survie à 20 ans pour le cotyle RM Classic®.

Récemment, les publications concernant l’implant RM Pressfit®, rapportent des taux de 100% de survie à 5 ans pour Erivan et Al (21) ainsi que Wyss et Al (22), et 96,8% à 4 ans pour Lafon et Al (20). Notre série rapporte des résultats similaires, avec 97,4% de survie à 5 ans. Cet implant nécessite néanmoins d’être évalué à long terme.

Nos résultats cliniques sont comparables à ceux retrouvés dans la littérature, à savoir une amélioration statistiquement significative des scores fonctionnels ainsi que des douleurs après arthroplastie (2) (18) (19) (20) (21) (22).

Notre série présente néanmoins un taux non négligeable de complications (13%).

Deux patientes ont présenté une fracture péri prothétique en post-opératoire, portant sur l’implant fémoral. Ces fractures sont survenues chez des patientes plus âgées, avec plus de comorbidités que les autres patients de la série, ce qui peut expliquer une qualité osseuse moindre. Aucune documentation sur une éventuelle ostéoporose n’a été réalisée. Les suites ont été favorables chez ces deux patientes.

Nous présentons un taux deux fois plus élevé de luxations par rapport au registre suédois (5,2% contre 2,6%), ainsi qu'à la littérature. Nous ne l'expliquons pas par une malposition des implants, ou un défaut technique peropératoire.

Notre taux de sepsis, lui aussi est supérieur à celui habituellement retrouvé dans la littérature (2,6% contre moins de 1%). Celui-ci s'explique par le faible effectif de notre série. Par ailleurs ce malade n'a pas présenté de récidive après traitement adapté (lavage, changement des implants mobiles, et antibiothérapie).

Nous expliquons nos résultats fonctionnels médiocres et mauvais, touchant 15,6% de notre effectif, par différentes raisons. Deux ont eu une complication précoce (luxation ou sepsis), altérant le résultat fonctionnel dans le domaine de la mobilité. L'un avait un syndrome du psoas et ne souhaitait pas de ré-intervention ; aucune exploration complémentaire n'a été effectuée afin d'objectiver cette complication. Le patient a suivi un traitement médical. Une de ces patientes a été opérée en seconde intention, après une faillite d'ostéosynthèse du col du fémur, ce qui péjore les résultats ultérieurs. Un myélome a été diagnostiqué chez un malade deux ans après arthroplastie, entraînant une augmentation de l'item portant sur la douleur. Le dernier patient a présenté une cruralgie post-opératoire, qui a entraîné une amyotrophie quadriceps ainsi que la persistance d'une symptomatologie douloureuse.

2. Résultats radiologiques

Seulement 21 patients présentaient un dossier radiographique complet. Chez 17 patients, les clichés à 1 an ou 2 ans manquaient, et nous ont empêché de réaliser une analyse exhaustive.

Quatre hanches présentaient une couverture externe post-opératoire insatisfaisante (<80% de couverture). Tous ces évènements sont survenus lors de la pose des 15 premiers implants de la série. Cela traduit la courbe d'apprentissage de maniement de l'ancillaire du cotyle RM Pressfit. En effet, le pressfit de cet implant est de 1,6mm. Afin de le positionner dans sa position adéquate, nous préférons, maintenant, fraiser une taille impaire au-dessus du diamètre nominal du cotyle définitif, pour éviter ces problèmes. Nous ne rencontrons pas de problèmes de mobilisation des implants en raison d'un pressfit insuffisant en utilisant ce procédé.

L'inclinaison moyenne de l'implant cotoyoïdien dans le plan frontal était de 43,8°, pour une inclinaison recommandée à 40°. Nos résultats étaient comparables à ceux retrouvés pour le cotyle RM Pressfit et RM vitamys dans la littérature (20) (21) (22) (46). Huit hanches présentaient un cotyle vertical (inclinaison>50°), 5 un cotyle horizontal (inclinaison<40°). Ces défauts de positionnement sont survenus pour plus de la moitié lors de la pose des vingt premières arthroplasties, et traduisent probablement la courbe d'apprentissage nécessaire aux chirurgiens du service pour se familiariser avec l'ancillaire. Nous n'avons objectivé aucune mobilisation secondaire d'implant, ce qui confirme l'excellente tenue primaire de cet implant.

Onze patients ont présenté des ossifications hétérotopiques post-opératoires. Ce taux est plus élevé que ceux relevés par Wyatt et Al (46). Nous n'avons pas d'information pour la voie d'abord utilisée dans ce travail ; la voie antérieure semble être moins pourvoyeuse de calcifications que la voie postérieure, que nous utilisons dans le service (47). Ces patients ne présentaient pas de différence statistiquement significative en termes de résultats fonctionnels par rapport au reste de la série. Afin de nous affranchir de ces ossifications, nous administrons à nos patients des anti-inflammatoires non stéroïdiens pendant les 48 heures suivant l'arthroplastie. Il est à noter que, parmi les onze patients ayant développé ces calcifications, deux n'avaient pu recevoir ce traitement pour des raisons de contre-indications médicales.

Nous n'avons pas mis en évidence d'usure du polyéthylène, par la méthode d'évaluation de Livermore (usure inframilliétrique). Ceci s'explique par le faible recul de notre série (5 ans), l'usure moyenne de l'implant RM Pressfit® évaluée 0,06mm par an (21), le couple de frottement utilisé alumine/PE (48) et le manque de précision de la console informatique utilisée pour évaluer cette usure.

Nous avons observé un liseré péri prothétique supérieur à 1mm, témoin d'une absence d'ostéointégration de l'implant dans l'acétabulum. Ce liseré était néanmoins non évolutif au cours du temps ; nous n'avons pas observé de mobilisation de l'implant. De plus ce patient présentait des scores fonctionnels excellents au dernier recul (PMA 17/ HHS 99). Il serait intéressant de suivre l'évolution de ce patient à plus long terme. Ces résultats sont comparables à ceux publiés au sujet de cet implant (20) (21) (22).

Concernant l'analyse qualitative de la trame osseuse, nous avons observé une harmonisation de la trame osseuse, avec disparition de la condensation sous-chondrale pathologique préopératoire, dans 21 cas, et un estompelement de la trame osseuse dans seulement 6 cas. Ces résultats, déjà montrés par Lafon et Al avec la même méthode d'analyse (20) confirment l'excellente tolérance de l'os coxal à l'égard de l'implant RM Pressfit, ainsi que son module de Young proche de celui de l'os le faisait supposer.

3. Justification de la méthode d'analyse de l'évolution de la trame osseuse

L'étude du remodelage osseux péri prothétique et du transfert des contraintes après arthroplastie totale de hanche (analyse de l'évolution de la trame osseuse et du réseau trabéculaire) s'est développée pour analyser les causes mécaniques de faillite des arthroplasties.

La méthode la plus utilisée fait appel à l'étude scannographique de la hanche. Cette méthode permet, de façon précise et fiable, d'étudier l'aspect de la trame osseuse et du réseau trabéculaire, en 3 dimensions, sur des coupes fines et précises. Parallèlement à ces travaux, Wright (9) a mis au point une méthode définissant la densité minérale osseuse en absorptiométrie biphotonique DXA (Dual energy X-ray Absorptiometry). Cette méthode permet d'analyser de façon indirecte le comportement du réseau osseux (49), avec une

fiabilité comparable à celle d'une analyse par TDM. Elle présente l'avantage d'être moins irradiante (environ 1000 fois moins).

Ces méthodes présentent l'avantage d'être standardisées. Les travaux de recherche, nombreux, ont permis d'analyser l'évolution et le comportement du tissu osseux péri prothétique. Elles restent toutefois difficiles à transposer utiliser en pratique clinique quotidienne, en raison de l'irradiation causée, ou du coût et de la complexité de leur mise en œuvre.

La radiographie est utilisée en pratique médicale quotidienne. Les images qui en résultent sont une projection en deux dimensions d'interprétation considérée comme approximative et peu précise (27). La numérisation des images radiographiques, encodées en 256 niveaux de gris, permet l'utilisation de nouveaux outils informatiques, comme l'analyse de texture, utilisant des méthodes mathématiques euclidiennes et fractale, dont les bases ont été exposées (32) (35). Ces techniques nous permettent d'observer des modifications que l'œil humain ne peut évaluer.

L'analyse de texture, dans l'étude du tissu ostéo-articulaire, a fait l'objet de nombreux travaux de recherche, notamment dans la recherche sur l'ostéoporose et l'arthrose (36) (37) (38). Elle s'est révélée être fiable, très précise, permettant de déceler des changements précoce dans l'organisation de la microarchitecture du tissu osseux, de l'organisation des travées osseuses, avant que ces changements ne se traduisent cliniquement (44). Cette méthode se révèle, de plus, peu invasive, d'utilisation relativement aisée.

En pratique clinique quotidienne, l'analyse de texture a déjà été utilisée dans le dépistage du cancer du sein, en neurologie, en cytologie et en pathologie osseuse métabolique.

Dans le cadre de l'étude du remodelage osseux péri prothétique après arthroplastie totale de hanche, seuls Wilkie et al (39), ont utilisé cet outil afin de démontrer que les modifications micro-architecturales du tissu osseux se traduisaient par des modifications macro-architecturales entraînant une ostéolyse péri prothétique.

Afin d'analyser l'évolution du comportement du tissu osseux péri prothétique, dans le suivi de nos patients porteur d'un cotyle RM Pressfit, il nous est apparu que l'analyse de texture, utilisant l'analyse fractale, était un outil intéressant. En effet, nous utilisions une base de données déjà présente, les radiographies de bassin des patients, réalisées dans le cadre du suivi clinique et radiographique systématiques des patients porteurs d'une arthroplastie totale de hanche. Par traitement numérique, ces radiographies ont pu être comparées au cours du temps, chez chaque patient. Nous avons pu réaliser une analyse sur cinq ans, et analyser les changements micro-architecturaux au cours du temps. Une analyse en DXA, ou par étude scannographique nous aurait fourni un aperçu du tissu osseux à un instant t , sans nous permettre d'en analyser l'évolution. Par ailleurs, la radiographie étant beaucoup moins irradiante que ces examens, nous n'avons pas exposé nos patients à un risque accru.

4. Interprétation de l'analyse fractale

Nous avons observé une augmentation statistiquement significative de la dimension fractale du tissu osseux péri prothétique, en zone 2 de De Lee et Charnley, au cours du temps, sur toutes les valeurs analysées.

Par la méthode des gratte-ciels, analysant la microarchitecture du tissu osseux, nous avons observé une augmentation de la dimension fractale statistiquement significative à 1 an, 2 ans et 5 ans. L'élément structurant « croix », analysant l'aspect en nid d'abeille du réseau trabéculaire a montré une augmentation statistiquement significative de la dimension fractale à 6 mois, 1 an, 2 ans et 5 ans. Les éléments structurant « vecteur horizontal » et « vecteur vertical » ont montré une augmentation statistiquement significative à 1 an et 5 ans.

Ces résultats nous montrent, par augmentation de la dimension fractale, une complexification du réseau osseux trabéculaire au cours du temps dans la ROI étudiée. Cette complexification du réseau trabéculaire traduit un processus adaptatif de remodelage et de réorientation des axes trabéculaires selon la loi de Wolff d'adaptation du tissu osseux aux contraintes qui s'exercent sur lui (50).

L'os trabéculaire péri cotyloïdien est constitué de travées osseuses orientées dans les trois plans de l'espace, résultant de la biomécanique de la hanche, permettant une répartition des contraintes et des charges harmonieuses sur l'articulation de la hanche.

Pour les os longs, les travées osseuses sont orientées préférentiellement dans un plan de l'espace, et les modifications d'organisation des travées s'observent principalement sur les travées verticales et horizontales. Ainsi, dans notre travail, nous avons mis en évidence des modifications plus importantes sur l'organisation en nid d'abeilles, et l'organisation globale du réseau trabéculaire, que sur les travées horizontales et verticales.

Ce travail nous permet d'appréhender le comportement du réseau trabéculaire autour de l'implant RM Pressfit, en zone 2 de De Lee et Charnley. On observe une densification du tissu

osseux, plus importante sur l'aspect en nid d'abeille que dans l'organisation verticale et horizontale des travées osseuses.

Nous ne pouvons, néanmoins, pas interpréter de façon plus précise ces changements. Nous n'avons pas d'informations quant à la nature de cette évolution. S'agit-il d'une création de nouvelles travées ? Y-a-t-il un épaississement des travées déjà préexistantes ?

L'utilisation d'implant cotyloïdiens metal back entraîne une modification des contraintes appliquées à l'os, et du comportement du tissu osseux en conséquence. Moore (51) définit 5 signes d'ostéointégration pour les implants metal back : présence de travées supérolatérales, inféromédiales, en zone 2 de De Lee et Charnley, absence de liseré et stress shielding médial (zone 2 de De Lee et Charnley). La présence de 3 de ces signes témoigne d'une ostéointégration satisfaisante avec une valeur prédictive positive de 97%.

Ce stress shielding est expliqué par le remodelage osseux péri prothétique, lié à la rigidité de la partie metal back de la cupule (52) (53). Il a été retrouvé par différents auteurs, qui ont réalisé des études radiographiques, scannographique ou par DXA (9) (10) (11) (12) (13) (15) (23). Degas (25) et Mueller(10), dans des travaux différents, en comparant des cupules cimentées à des cupules metal back, montrent une différence statistiquement significative de l'évolution de la densité osseuse, avec une diminution observée seulement sur les cupules metal back.

L'utilisation de metal back rigide, utilisée au départ pour s'affranchir des problèmes liés au couple de frottement et à l'usure du polyéthylène pose de nouveaux problèmes : à l'heure du vieillissement de la population, avec des implants à durée de vie limitée, la qualité moindre

de l'os trabéculaire en zone 2, ainsi que la raréfaction de la trame, favorise le descellement aseptique des implants et complique les reprises chirurgicales (15).

L'utilisation d'implants sans ciment moins rigides semble pouvoir apporter de nouvelles solutions. Grillo (24), en 2008, rapporte des résultats prometteurs sur la cupule Trabecular Metal®.

A l'instar de Lafon et al (20), nous avons, grâce à notre méthode originale d'analyse de l'évolution de la trame osseuse, mis en évidence l'absence de stress shielding à 5 ans dans cette zone de faiblesse de l'acétabulum après mise en place d'une PTH. Nous avons même trouvé un remodelage osseux en faveur d'une fabrication d'os trabéculaire à 5 ans. Ces résultats apparaissent très intéressants dans la mesure où le cotyle RM-Pressfit® semble entraîner une répartition des contraintes harmonieuse, confirmées par l'analyse qualitative de l'évolution de la trame osseuse au cours du temps.

Nos résultats, bien que très prometteurs, nécessitent d'être validés par comparaison avec d'autres séries de cupules metal back, en utilisant la même méthode d'analyse de texture.

5. Points forts et points faibles de l'étude

Le point fort majeur de cette étude réside dans son originalité. Il s'agit, en effet, à notre connaissance, de la deuxième étude seulement, utilisant l'analyse de texture comme outil

pour apprécier l'évolution de la trame osseuse péri prothétique après arthroplastie totale de hanche. Wilkie et al (39), en 2008, ont utilisé cet outil pour démontrer que les modifications de la trame osseuse se détectaient avant l'apparition d'une ostéolyse radiologique. Il s'agit d'un outil fiable, n'exposant pas le patient à un risque accru d'irradiation, puisque nous utilisons le dossier radiographique de suivi classique des patients. Notre travail confirme les excellents résultats exposés dans la littérature concernant le comportement des hanches prothétiques avec implantation du cotyle RM Pressfit® (20) (21) (22). Ce travail nous a permis, de plus, d'étudier l'évolution du stock osseux au cours du temps, avec des mesures répétées à 6 mois, 1 an, 2 ans et 5 ans.

Le choix de la zone analysée est pertinent. En effet, l'analyse de texture a été réalisée sur la zone la plus touchée par l'ostéolyse après arthroplastie totale de hanche. En effet, plusieurs auteurs ont montré l'apparition d'une ostéolyse en zone 2 de De Lee et Charnley, dans les années suivants la pose de cotyle metal back.

Les patients ont tous été revus par un examinateur indépendant. Cela renforce l'objectivité dans la retranscription des résultats, cliniques et radiographiques.

Les résultats de ce travail sont néanmoins à nuancer. Il s'agit d'une étude rétrospective, ce qui diminue sa puissance. De plus, l'effectif de la série est réduit. Nous avons décidé de n'inclure que les patients présentant un couple de frottement alumine/PE, afin d'obtenir les résultats les plus homogènes possibles. Par ailleurs, nous avons inclus seulement les patients opérés la première année de la pose de cet implant, afin d'avoir un recul de 5 ans au minimum. Un nombre non négligeable (17%) de patients ont été perdus de vue, décédés ou réopérés et leurs résultats n'ont ainsi pu être analysés.

Nous avons fait le choix de n'analyser qu'une seule région d'intérêt, par la méthode d'analyse fractale (zone 2). A postériori, nous pensons qu'analyser l'évolution de la trame osseuse dans les 5 zones décrites par De Lee et Charnley aurait rendu ce travail plus exhaustif et augmenté son impact.

CONCLUSION

L'implant cotyloïdien RM Pressfit nous permet d'obtenir des résultats cliniques et radiologiques comparables aux autres implants cotyloïdiens utilisés dans les PTH, à moyen terme.

L'implant RM Pressfit, par sa biomécanique proche de celle de l'os, permet de préserver le tissu osseux. Notre méthode d'analyse a mis en évidence une complexification de la trame osseuse dans la zone de faiblesse des implants sans ciment au cours des 5 années suivant la pose de l'implant. Par ce travail, nous confirmons les résultats très prometteurs de ce cotyle, à moyen terme. Cela permettrait de simplifier les reprises ultérieures, en diminuant le geste de reconstruction osseuse.

Cette hypothèse ne pourra être confirmée qu'en augmentant le recul, en élargissant la série et en continuant d'analyser la microarchitecture. De plus, il serait intéressant de comparer cette série à une série de cotyle metal back, par analyse de texture, pour objectiver la meilleure conservation du stock osseux, avec le cotyle RM Pressfit, par rapport aux autres implants sans ciment.

REFERENCES

1. Buckwalter AE, Callaghan JJ, Liu SS, Pedersen DR, Goetz DD, Sullivan PM, et al. Results of Charnley total hip arthroplasty with use of improved femoral cementing techniques. a concise follow-up, at a minimum of twenty-five years, of a previous report. *J Bone Joint Surg Am.* 2006 Jul;88(7):1481–5.
2. Hailer NP, Garellick G, Kärrholm J. Uncemented and cemented primary total hip arthroplasty in the Swedish Hip Arthroplasty Register. *Acta Orthop.* 2010 Feb;81(1):34–41.
3. Massin P, Chappard D, Flautre B, Hardouin P. Migration of polyethylene particles around nonloosened cemented femoral components from a total hip arthroplasty-an autopsy study. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2004 May 15;69(2):205–15.
4. Engh CA, Bobyn JD, Glassman AH. Porous-coated hip replacement. The factors governing bone ingrowth, stress shielding, and clinical results. *J Bone Joint Surg Br.* 1987 Jan;69(1):45–55.
5. Boutin P, Christel P, Dorlot JM, Meunier A, de Roquancourt A, Blanquaert D, et al. The use of dense alumina-alumina ceramic combination in total hip replacement. *J Biomed Mater Res.* 1988 Dec;22(12):1203–32.
6. Dorr LD, Wan Z, Longjohn DB, Dubois B, Murken R. Total hip arthroplasty with use of the Metasul metal-on-metal articulation. Four to seven-year results. *J Bone Joint Surg Am.* 2000 Jun;82(6):789–98.
7. Eskelinen A, Remes V, Helenius I, Pulkkinen P, Nevalainen J, Paavolaisten P. Uncemented total hip arthroplasty for primary osteoarthritis in young patients: a mid-to long-term follow-up study from the Finnish Arthroplasty Register. *Acta Orthop.* 2006 Feb;77(1):57–70.
8. Kim Y-H, Yoon S-H, Kim J-S. Changes in the bone mineral density in the acetabulum and proximal femur after cementless total hip replacement: alumina-on-alumina versus alumina-on-polyethylene articulation. *J Bone Joint Surg Br.* 2007 Feb;89(2):174–9.
9. Wright JM, Pellicci PM, Salvati EA, Ghelman B, Roberts MM, Koh JL. Bone density adjacent to press-fit acetabular components. A prospective analysis with quantitative computed tomography. *J Bone Joint Surg Am.* 2001 Apr;83-A(4):529–36.
10. Mueller LA, Schmidt R, Ehrmann C, Nowak TE, Kress A, Forst R, et al. Modes of periacetabular load transfer to cortical and cancellous bone after cemented versus uncemented total hip arthroplasty: a prospective study

using computed tomography-assisted osteodensitometry. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc.* 2009 Feb;27(2):176–82.

11. Mueller LA, Voelk M, Kress A, Pitto RP, Schmidt R. An ABJS Best Paper: Progressive cancellous and cortical bone remodeling after press-fit cup fixation: a 3-year followup. *Clin Orthop.* 2007 Oct;463:213–20.
12. Sabo D, Reiter A, Simank HG, Thomsen M, Lukoschek M, Ewerbeck V. Periprosthetic mineralization around cementless total hip endoprosthesis: longitudinal study and cross-sectional study on titanium threaded acetabular cup and cementless Spotorno stem with DEXA. *Calcif Tissue Int.* 1998 Feb;62(2):177–82.
13. Schmidt R, Muller L, Kress A, Hirschfelder H, Aplas A, Pitto RP. A computed tomography assessment of femoral and acetabular bone changes after total hip arthroplasty. *Int Orthop.* 2002;26(5):299–302.
14. Pitto RP, Bhargava A, Pandit S, Munro JT. Retroacetabular stress-shielding in THA. *Clin Orthop.* 2008 Feb;466(2):353–8.
15. Cohen G RP. Cohen GRéultats de 76 prothèses totales de hanche sans ciment à revêtement complet d'hydroxyapatite avec un recul minimum de cinq ans. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Réparatrice de l'Appareil Moteur*, 95(4, supplement 1): 74-84, 2009.
16. DeLee JG, Charnley J. Radiological demarcation of cemented sockets in total hip replacement. *Clin Orthop.* 1976 Dec;(121):20–32.
17. Kim S-Y, Kim D-H, Kim Y-G, Oh C-W, Ihn J-C. Early failure of hemispheric hydroxyapatite-coated acetabular cups. *Clin Orthop.* 2006 May;446:233–8.
18. Pakvis D, Biemond L, van Hellemond G, Spruit M. A cementless elastic monoblock socket in young patients: a ten to 18-year clinical and radiological follow-up. *Int Orthop.* 2011 Oct;35(10):1445–51.
19. Ihle M, Mai S, Pfluger D, Siebert W. The results of the titanium-coated RM acetabular component at 20 years: a long-term follow-up of an uncemented primary total hip replacement. *J Bone Joint Surg Br.* 2008 Oct;90(10):1284–90.
20. Lafon L, Moubarak H, Druon J, Rosset P. Cementless RM Pressfit Cup: a clinical and radiological study of 91 cases with at least four years follow-up. *Orthop Traumatol Surg Res OTSR.* 2014 Jun;100(4 Suppl):S225-229.
21. Erivan R, Eymond G, Villatte G, Mulliez A, Myriam G, Descamps S, et al. RM Pressfit® cup: good

preliminary results at 5 to 8 years follow-up for 189 patients. *Hip Int J Clin Exp Res Hip Pathol Ther.* 2016 Jul 25;26(4):386–91.

22. Wyss T, Kägi P, Mayrhofer P, Nötzli H, Pfluger D, Knahr K. Five-year results of the uncemented RM pressfit cup clinical evaluation and migration measurements by EBRA. *J Arthroplasty.* 2013 Sep;28(8):1291–6.
23. Pitto RP, Mueller LA, Reilly K, Schmidt R, Munro J. Quantitative computer-assisted osteodensitometry in total hip arthroplasty. *Int Orthop.* 2007 Aug;31(4):431–8.
24. Grillo J-C, Flecher X, Bouvenot J, Argenson J-N. [Bone remodeling around cementless tantalum cups]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 2008 Dec;94(8):740–5.
25. Digas G, Kärrholm J, Thanner J. Different loss of BMD using uncemented press-fit and whole polyethylene cups fixed with cement: repeated DXA studies in 96 hips randomized to 3 types of fixation. *Acta Orthop.* 2006 Apr;77(2):218–26.
26. Stepniewski AS, Egawa H, Sychterz-Terefenko C, Leung S, Engh CA. Periacetabular bone density after total hip arthroplasty a postmortem analysis. *J Arthroplasty.* 2008 Jun;23(4):593–9.
27. Walde TA, Weiland DE, Leung SB, Kitamura N, Sychterz CJ, Engh CA, et al. Comparison of CT, MRI, and radiographs in assessing pelvic osteolysis: a cadaveric study. *Clin Orthop.* 2005 Aug;(437):138–44.
28. Kitamura N, Leung SB, Engh CA. Characteristics of pelvic osteolysis on computed tomography after total hip arthroplasty. *Clin Orthop.* 2005 Dec;441:291–7.
29. Schmidt R, Pitto RP, Kress A, Ehremann C, Nowak TE, Reulbach U, et al. Inter- and intraobserver assessment of periacetabular osteodensitometry after cemented and uncemented total hip arthroplasty using computed tomography. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2005 Jun;125(5):291–7.
30. Engh CA, Sychterz CJ, Young AM, Pollock DC, Toomey SD, Engh CA. Interobserver and intraobserver variability in radiographic assessment of osteolysis. *J Arthroplasty.* 2002 Sep;17(6):752–9.
31. Caldwell CB, Moran EL, Bogoch ER. Fractal dimension as a measure of altered trabecular bone in experimental inflammatory arthritis. *J Bone Miner Res Off J Am Soc Bone Miner Res.* 1998 Jun;13(6):978–85.
32. Chappard D, Chennebault A, Moreau M, Legrand E, Audran M, Basle MF. Texture analysis of X-ray radiographs is a more reliable descriptor of bone loss than mineral content in a rat model of localized disuse induced

by the Clostridium botulinum toxin. *Bone*. 2001 Jan;28(1):72–9.

33. Ranjanomennahary P, Ghalila SS, Malouche D, Marchadier A, Rachidi M, Benhamou C, et al. Comparison of radiograph-based texture analysis and bone mineral density with three-dimensional microarchitecture of trabecular bone. *Med Phys*. 2011 Jan;38(1):420–8.
34. Feltrin GP, Stramare R, Miotto D, Giacomini D, Saccavini C. Bone fractal analysis. *Curr Osteoporos Rep*. 2004 Jun;2(2):53–8.
35. Lespessailles E, Chappard C, Bonnet N, Benhamou CL. Imaging techniques for evaluating bone microarchitecture. *Jt Bone Spine Rev Rhum*. 2006 May;73(3):254–61.
36. Faulkner KG, Pocock N. Future methods in the assessment of bone mass and structure. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2001 Jul;15(3):359–83.
37. Majumdar S, Link TM, Millard J, Lin JC, Augat P, Newitt D, et al. In vivo assessment of trabecular bone structure using fractal analysis of distal radius radiographs. *Med Phys*. 2000 Nov;27(11):2594–9.
38. Buckland-Wright JC, Lynch JA, Macfarlane DG. Fractal signature analysis measures cancellous bone organisation in macroradiographs of patients with knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 1996 Oct;55(10):749–55.
39. Wilkie JR, Giger ML, Engh CA, Hopper RH, Martell JM. Radiographic Texture Analysis in the Characterization of Trabecular Patterns in Periprosthetic Osteolysis. *Acad Radiol*. 2008 Feb;15(2):176–85.
40. Harris WH. Traumatic arthritis of the hip after dislocation and acetabular fractures: treatment by mold arthroplasty. An end-result study using a new method of result evaluation. *J Bone Joint Surg Am*. 1969 Jun;51(4):737–55.
41. Merle D'Augibn   R. [Numerical evaluation of hip function]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1970 Aug;56(5):481–6.
42. Livermore J, Ilstrup D, Morrey B. Effect of femoral head size on wear of the polyethylene acetabular component. *J Bone Joint Surg Am*. 1990 Apr;72(4):518–28.
43. Brooker AF, Bowerman JW, Robinson RA, Riley LH. Ectopic ossification following total hip replacement. Incidence and a method of classification. *J Bone Joint Surg Am*. 1973 Dec;55(8):1629–32.
44. Mallard F, Bouvard B, Mercier P, Bizot P, Cronier P, Chappard D. Trabecular microarchitecture in

established osteoporosis: Relationship between vertebrae, distal radius and calcaneus by X-ray imaging texture analysis. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2013 Feb;99(1):52–9.

45. Peleg S, Naor J, Hartley R, Avnir D. Multiple resolution texture analysis and classification. *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell.* 1984 Apr;6(4):518–23.
46. Wyatt M, Weidner J, Pfluger D, Beck M. The RM Pressfit vitamys: 5-year Swiss experience of the first 100 cups. *Hip Int J Clin Exp Res Hip Pathol Ther.* 2017 Jan 20;0.
47. Newman EA, Holst DC, Bracey DN, Russell GB, Lang JE. Incidence of heterotopic ossification in direct anterior vs posterior approach to total hip arthroplasty: a retrospective radiographic review. *Int Orthop.* 2016 Sep;40(9):1967–73.
48. Derbyshire B, Fisher J, Dowson D, Hardaker C, Brummitt K. Comparative study of the wear of UHMWPE with zirconia ceramic and stainless steel femoral heads in artificial hip joints. *Med Eng Phys.* 1994 May;16(3):229–36.
49. Skinner HB, Kilgus DJ, Keyak J, Shimaoka EE, Kim AS, Tipton JS. Correlation of computed finite element stresses to bone density after remodeling around cementless femoral implants. *Clin Orthop.* 1994 Aug;(305):178–89.
50. Frost HM. Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 2. Redefining Wolff's law: the remodeling problem. *Anat Rec.* 1990 Apr;226(4):414–22.
51. Moore MS, McAuley JP, Young AM, Engh CA. Radiographic signs of osseointegration in porous-coated acetabular components. *Clin Orthop.* 2006 Mar;444:176–83.
52. Goodman SB, Carter DR. Acetabular lucent lines and mechanical stress in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 1987;2(3):219–24.
53. Pilliar RM. Porous-surfaced metallic implants for orthopedic applications. *J Biomed Mater Res.* 1987 Apr;21(A1 Suppl):1–33.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Cotyle RM Pressfit	6
Figure 2: Tiges Avenir et Cerafit	7
Figure 3 : Calcul VCE et couverture externe prothétique	9
Figure 4: Calcul inclinaison de l'implant cotyloidien	10
Figure 5: Trame osseuse inchangée avec diminution de la condensation supéro-externe	11
Figure 6: Trame osseuse densifiée avec diminution de la condensation supéro-externe	12
Figure 7: Trame osseuse estompée	12
Figure 8: Zone de sélection de la ROI, à distance de l'os coxal et de l'os sous chondral	13
Figure 9: Evolution trame osseuse chez le même patient, de J0 à 5 ans, sur la ROI	14
Figure 10: Diagramme de flux	18
Figure 11: Evolution score PMA moyen	21
Figure 12: Evolution score Harris moyen	22
Figure 13: Variation dimension fractale par méthode des gratte-ciels	26
Figure 14: Variation dimension fractale par méthode des croix	26
Figure 15: Variation dimension fractale par méthode des vecteurs horizontaux	27
Figure 16: Variation dimension fractale par méthode des vecteurs verticaux	27

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I Caractéristiques population

5

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
MATERIEL ET MÉTHODES.....	4
1. Matériel	4
1.1. Population.....	4
1.2. Matériel prothétique	5
1.3. Technique opératoire.....	6
2. Méthode.....	8
2.1. Suivi clinique.....	8
2.2. Suivi radiographique.....	8
2.3. Analyse de la microarchitecture osseuse.....	12
2.3.1. Définition de la région d'intérêt (ROI)	13
2.3.2. Traitement des images	14
2.3.3. Analyse de texture	15
2.4. Analyse statistique	16
RESULTATS.....	17
1. Complications per et post opératoires.....	19
2. Résultats cliniques.....	20
3. Résultats radiographiques	23
4. Analyse de texture.....	25
DISCUSSION	28
1. Résultats cliniques.....	28
2. Résultats radiologiques	30
3. Justification de la méthode d'analyse de l'évolution de la trame osseuse ..	32
4. Interprétation de l'analyse fractale	34
5. Points forts et points faibles de l'étude.....	37
CONCLUSION.....	40
REFERENCES.....	41
LISTE DES FIGURES.....	47
LISTE DES TABLEAUX	48
TABLE DES MATIERES.....	49
ANNEXES.....	I

ANNEXES

Annexe 1 : Score de Postel et Merle d'Aubigné

18 pour une hanche parfaite, 0 pour un très mauvais résultat

DOULEUR		MOBILITE			MARCHE-STABILITE
		Pas d'attitude vicieuse	Attitude vicieuse en flexion ou RE	Attitude vicieuse en ABD, ADD ou RI	
6	Aucune	Flexion $\geq 90^\circ$	Aucune	Aucune	Normale ou illimitée
5	Rare Légère	70° à 90°	Aucune	Aucune	Limitée ou légère boiterie si prolongée Canne pour longues distances Pas d'instabilité
4	Après 30mn à 1h de marche	50° à 70°	Abaïsser la note de 1 point	Abaïsser la note de 2 points	Canne pour sortir Boiterie nette Légère instabilité
3	Après 10 à 20mn de marche	30° à 50°			Canne en permanence Instabilité 2 cannes
2	Avant 10mn de marche	$< 30^\circ$			Béquilles
1	Immédiatement à La marche				Marche impossible
0					

Annexe 2 : Score fonctionnel de Harris

100 pour une hanche parfaite, 0 pour un très mauvais résultat

DOULEUR (44)

- 0 : - Totalement invalide, douleurs permanentes même au lit
10 : - Douleur marquée, limitation grave des activités
20 : - Douleur modérée mais tolérable, entraînant quelques limitations à l'activité ordinaire ou du travail, occasionnelle pouvant exiger des médicaments anti-douleur plus forts que les antalgiques mineurs
30 : - Légère douleur, aucun effet sur les activités habituelles. Peut parfois survenir après une activité inhabituelle. Peut prendre des antalgiques mineurs
40 : - Légère, occasionnelle, n'entraînant aucune limitation des activités
44 : - Aucune

PERIMETRE DE MARCHE (11)

- 0 : - lit et chaise
2 : - dans la maison
5 : - 10 à 15 minutes
8 : - 30 minutes
11 : - illimité

ACTIVITES – CHAUSSURES – CHAUSSETTES (4)

- 0 : - incapacité de mettre les chaussettes ou nouer les lacets
2 : - avec difficulté
4 : - avec aisance

TRANSPORT PUBLIC (1)

- 0 : - impossible d'utiliser les transports publics (bus)
1 : - capable d'utiliser les transports (bus)

BOITERIE (11)

- 0 : - sévère ou incapable de marcher
5 : - modérée
8 : - légère
11 : - aucune

SOUTIEN (11)

- 0 : - deux bâquilles ou incapable de marcher
2 : - deux cannes
3 : - une bâquille
5 : - canne la plupart du temps
7 : - canne pour de longues promenades
11 : - aucune

ESCALIERS (4)

- 0 : - impossible de monter et descendre
1 : - possible mais de manière non orthodoxe
2 : - normalement, à l'aide d'une rampe
4 : - normalement, sans la rampe

ASSIS (5)

- 0 : - impossible de s'asseoir confortablement sur une chaise
3 : - sur une chaise pendant 30 minutes
5 : - confortablement sur une chaise ordinaire pendant une heure

MOBILITES (5)

si flexion 0-110°, si abduction 0-20°, si adduction 0-15°, si rotation externe 0-15°.

En dehors de ces limites il faut attribuer les 5 points de la façon suivante

multiplier le nombre de degrés possibles dans le volant de mobilité que présente la hanche par l'index qui lui correspond

Flexion entre 0 et 45° : nombre de degrés multiplié par 1.0

Flexion entre 45 et 90° : nombre de degrés multiplié par 0.6

Flexion entre 90 et 110° : nombre de degrés multiplié par 0.3

Abduction entre 0 et 15° : nombre de degrés multiplié par 0.8

Abduction entre 15 et 20° : nombre de degrés multiplié par 0.3

Abduction >20° : nombre de degrés multiplié par 0

RE entre 0 et 15° : nombre de degrés multiplié par 0.4

RE >15° : nombre de degrés multiplié par 0

RI qq soit le nbre de degré : nombre de degrés multiplié par 0

Adduction entre 0 et 15° : nombre de degrés multiplié par 0.2

Total maximum : 100.5 qui donneront donc les 5 points pour le chapitre mobilité

ABSENCE D'ATTITUDE VICIEUSE (4)

1 point pour moins de 30° de flessum

1 point pour moins de 10° d'adductum

1 point pour moins de 10° d'attitude vicieuse en rotation interne

1 point pour inégalité de longueur de moins de 3.2 cm

Cotyle sans ciment RM Pressfit : revue clinique et radiologique d'une série de 46 patients à 5 ans

RESUME

Introduction : L'arthroplastie totale de hanche sans ciment est une intervention courante produisant d'excellents résultats cliniques. Leur survie à long terme est néanmoins grevée par le descellement cotyloïdien engendré par une modification de la répartition des charges péricotyloïdiennes. C'est dans ce contexte qu'a été développé le cotyle RM Pressfit®, entraînant une répartition plus harmonieuse de ces contraintes. Le but de ce travail était d'analyser l'évolution de la trame osseuse dans les cinq ans suivant l'arthroplastie, sur les radiographies, par analyse fractale.

Matériel et méthode : Nous avons analysé une série monocentrique, de 46 hanches, revus régulièrement dans les cinq ans suivant la chirurgie. Les résultats fonctionnels ont été analysés par deux scores : PMA et HHS. Les complications ont systématiquement été recherchées. L'évaluation radiographique a été réalisé sur des radiographies numérisées en charge du bassin de face et de la hanche opérée : ont été évalués la couverture externe, l'inclinaison frontale du cotyle, l'usure du polyéthylène, l'ostéointégration ainsi que l'évolution de la trame osseuse. L'évolution de la microarchitecture du tissu osseux a été évalué en zone 2 de De Lee et Charnley, par analyse fractale, sur les radiographies de face, à J0, 6 mois, 1 an, 2 ans et 5 ans. Ont été évalués les paramètres suivants : méthode des gratte ciels, méthodes des couvertures dynamiques (croix et vecteur horizontal et vertical).

Résultats : Sur les 38 hanches analysées, nous avons relevé 5 complications post-opératoires, et constaté une augmentation statistiquement significative des scores fonctionnels au dernier recul. Sur l'analyse radiographique, nous n'avons retrouvé qu'un seul liseré périprothétique, non évolutif. Nous avons observé une harmonisation de la trame osseuse à 5 ans post-opératoire. Nous avons observé une augmentation statistiquement significative de la dimension fractale au cours du temps, pour toutes les mesures à 5 ans.

Conclusion : L'implant RM Pressfit nous a permis d'obtenir des résultats cliniques et radiologiques comparables aux autres implants sans ciment. Par ailleurs, ses propriétés mécaniques lui permettent de ne pas engendrer de modifications de la répartition des charges sur le cotyle, et de préserver le stock osseux. Ce travail nécessite néanmoins d'être évalué à plus long terme.

Mots-clés : arthroplastie totale de hanche sans ciment/ cotyle sans ciment/ analyse fractale/ remodelage osseux

RM Pressfit cementless hip prosthesis: clinical and radiological study of 46 patients with a five year follow-up

ABSTRACT

Introduction: Total non-cement hip arthroplasty is a common procedure that produces excellent clinical results. Nevertheless, their long-term survival is aggravated by the acetabular loosening caused by the change in the distribution of periacetabular loads. It is in this context that the RM Pressfit® has been developed, with a more harmonious distribution of these stresses. The aim of this work was to analyze the evolution of the bone fracture within five years after the arthroplasty, on the radiographs, by fractal analysis.

Material and method: We analyzed a monocentric series of 46 hips, reviewed regularly within five years after surgery. The functional results were analyzed by two scores: PMA and HHS. Complications were systematically investigated. Radiographic evaluation was carried out on digitized radiographs in charge of the frontal pelvis and the operated hip: external coverage, frontal inclination of the acetabulum, wear of polyethylene, osseointegration, evolution of the bone weft. Evolution of the microarchitecture of trabecular bone was evaluated in the area #2 of De Lee and Charnley, by fractal analysis, on frontal X-rays, at D0, 6 months, 1, 2 and 5 years. The following parameters were evaluated: skyscrapers method, dynamic cover method (cross and horizontal and vertical vector).

Results: Of the 38 hips analyzed, we found 5 post-operative complications and found a statistically significant increase in functional scores at the last follow-up. On radiographic analysis, we found only one periprosthetic, non-evolutive border. We observed a postoperative harmonization of the bone weft at 5 years. We observed a statistically significant increase in the fractal dimension over time for all measurements at 5 years.

Conclusion: The RM Pressfit implant allowed us to obtain clinical and radiological results comparable to other implants without cement. Moreover, its mechanical properties allow it not to cause changes in the distribution of loads on the acetabulum, and to preserve the bone mass. However, this work needs to be assessed in the longer term.

Keywords: cementless total hip arthroplasty/cementless hip prosthesis/ fractal analysis/bone remodeling