

Le couple céramique/céramique dans la prothèse totale de hanche de Pierre Boutin

Une innovation française

Laurent Sedel

Paris

Résumé – Le couple de frottement céramique d'alumine a été initié en France par Pierre Boutin, un chirurgien de Pau. Marquée au début par les problèmes mécaniques de fracture, son utilisation s'est généralisée. Les améliorations successives du produit ont permis progressivement d'en faire un matériel très performant. Caractérisé par une usure très faible, expliquant l'absence de réactions macrophagiques, il est aussi remarquable par la tolérance surtout chez des patients jeunes ou actifs, ce qui évite les réinterventions précoces. De plus la génération d'un tissu fibreux dense explique la remarquable stabilité des prothèses l'utilisant. Actuellement, il est reconnu dans le monde comme le couple idéal dans la population la plus active et ceci repose sur les données des registres australiens ou anglais. En France, il représente actuellement 40 % des prothèses implantées, c'est aussi le cas en Corée (76 %) ou en Angleterre, en Allemagne. Aux États-Unis, il a été longtemps supplanté par le couple métal sur métal. À la suite des échecs documentés de ce couple, il reprend actuellement de l'importance, et ce, malgré les campagnes médiatiques sur la génération de bruits ou le risque de fractures qui sont en fait d'une grande rareté. Les taux de succès sont importants. Nous avons publié des chiffres à 20 ans : 10 % de réintervention. L'avantage principal est d'autoriser la pratique de sports à haut niveau de risque sans problème majeur.

Mots clés: prothèse de hanche, couple céramique sur céramique, instabilité de hanche, historique prothèse de hanche, fracture de céramique, réactions biologiques aux biomatériaux.

Abstract – Ceramic on ceramic couple in total hip was introduced in France by Pierre Boutin in the early seventies. Initial problems related to fractures or difficulties in setting ceramic onto metal were documented. Quickly it appeared many advantages of this material, resuming in absence of foreign body reaction, excellent longevity, and ability to practice sports without any problems. At the moment it is recognized to provide long term results without osteolysis. Moreover some recent datas insisted on the absence of long term dislocation. This could be related to the strong fibrous tissue generated by this material. Also, some papers do insist on the reduction in infection burden with this material. Nowadays, it represents about 40 % of couple implanted worldwide including France, Italy, UK, Germany and 76 % in South Korea. It is recommended to be applied in younger and more active patients. In the United States, it was preferred during years to use metal on metal. But due to many problems of this material including pseudo tumors, pain, revision burden, ceramic on ceramic use is increasing. We have published data's showing about 10 % revision at 20 years. Considering a good material quality, an excellent design of the construct and awareness of the surgeon, this material could be recommended for very long term implantation in the more active population. Problems of fracture or noise even of concern are very anecdotal and must be balanced with the documented advantages of this material.

Keywords: Hip prosthesis, ceramic on ceramic combination, hip instability, historical hip prosthesis, ceramic fracture, biological reactions to biomaterials.

Introduction

C'est un chirurgien français, Pierre Boutin (fig. 1), qui a eu l'idée d'inventer et de poser dès 1970 une prothèse totale de hanche dont le couple de friction était composé de céramique sur céramique.

En 1970, la prothèse totale de hanche inventée par John Charnley commençait à s'imposer en France. Elle était sur le marché depuis 1963 et était sur le point de remplacer les prothèses métal sur métal de Mac Kee-Farrar ou de Ring développées elles aussi en Angleterre. John Charnley avait bien

étudié les mécanismes du frottement des pièces prothétiques définissant le coefficient de friction du couple métal sur polyéthylène ; il avait insisté sur l'excellente qualité de celui-ci avec un implant fémoral à tête de 22,2 mm de diamètre face à une cupule en polyéthylène, et sur les problèmes d'usure de la cupule que pouvaient engendrer ce dessin et ces matériaux sur le long terme.

Pierre Boutin, exerçant dans une clinique de Pau après une carrière parisienne dans les équipes de Robert Judet et de Robert Merle d'Aubigné, inventa le couple céramique sur céramique un peu par hasard, grâce à une rencontre.



Figure 1. Pierre Boutin.

Historique

Il avait eu l'occasion de rencontrer le vice-président d'une société tarbaise, Ceraver[®], qui à l'époque possédait 80 % du marché mondial des isolants électriques pour lignes à haute tension. Cette société venait de bénéficier d'un marché important de céramiques de haute technicité, marché lié au développement du surgénérateur qui devait à terme remplacer les centrales nucléaires classiques. Ce vice-président suggéra la possibilité de fabriquer des prothèses de hanche en céramique d'alumine, matériau très résistant, en particulier à l'usure. Pierre Boutin se lança dans l'aventure ; il commença par s'implanter une bille d'alumine sous la peau puis introduisit dans le grand trochanter d'un chien une forme de prothèse. Ces études sommaires lui permirent d'avancer et, avec le concours d'un jeune ingénieur, Daniel Blanquaert, il implanta chez l'homme la première prothèse de hanche en céramique (avril 1970 [1]). Ces premières prothèses comportaient des pièces cimentées. Le problème essentiel à l'époque était la fixation de la bille ou tête en céramique sur la tige en acier ; au début, cette fixation se faisait par une colle, qui s'est avérée fragile, puis la céramique fut brasée sur une surface en métal, elle-même vissée sur la tige. C'est en 1976 que la survenue de plusieurs fractures de la jonction ou de la tête a conduit à changer le système.

À l'époque (1974), une équipe allemande menée par le professeur Heinz Mittlemeier d'une clinique de Homburg avait eu la même idée du couple céramique sur céramique. Elle proposait de fixer la bille sur le support métallique par le procédé du « cône Morse ». Les Français avaient breveté le couple céramique sur céramique et en particulier un système de rodage qui permettait d'avoir un jeu de moins de 100 microns entre les deux pièces.

Les deux équipes échangèrent leur savoir-faire, ce qui aboutit à deux modèles de prothèses : la prothèse française avait une tige en titane cimentée (premier exemple mondial d'une tige en alliage de titane) et une cupule cotyloïdienne

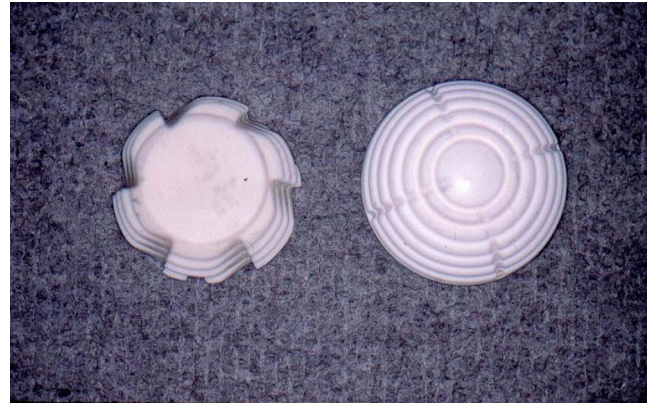


Figure 2. À gauche, prothèse sans ciment de H. Mittlemeier ; à droite, prothèse à cimenter Ceraver Osteal[®].

en céramique cimentée. Les Allemands lui préférèrent un système sans ciment (tige impactée et cotyle vissé) (fig. 2).

C'est l'histoire de ce couple de frottement qui s'est beaucoup développé en France, Allemagne, Angleterre et Italie que nous rapporterons ici en insistant sur ses qualités et aussi sur l'inquiétude que ce couple suscite dans des pays comme les États-Unis.

Citons d'autres expériences qui furent nombreuses au début :

- au Japon, le professeur Furuya dessina et implanta une cupule de hanche en alumine ;
- en Autriche, expérience de Salzer progressivement abandonnée ;
- en Allemagne, Peter Griss dans les années 1970, après d'importantes études *in vitro* et chez l'animal, implanta une prothèse avec une petite tête de 26 mm ; il observa plusieurs fractures et abandonna le concept.

Le couple céramique-céramique

Nous envisageons successivement :

- les qualités biologiques du couple alumine/alumine ;
- ses caractéristiques mécaniques ;
- les résultats cliniques ;
- les inconvénients du couple : fractures, bruits, coût ;
- les évolutions du concept ;
- les autres céramiques ;
- l'état actuel des lieux.

Description de la céramique utilisée en orthopédie

Il s'agit essentiellement de la céramique d'alumine, AL₂O₃, état le plus oxydé de l'aluminium. Ce produit est extrêmement stable. Sa fabrication comportant plusieurs phases est complexe et demande un savoir-faire et des équipements qui ne sont pas facilement accessibles. La poudre d'alumine, qui doit être très pure est compactée dans un moule, puis

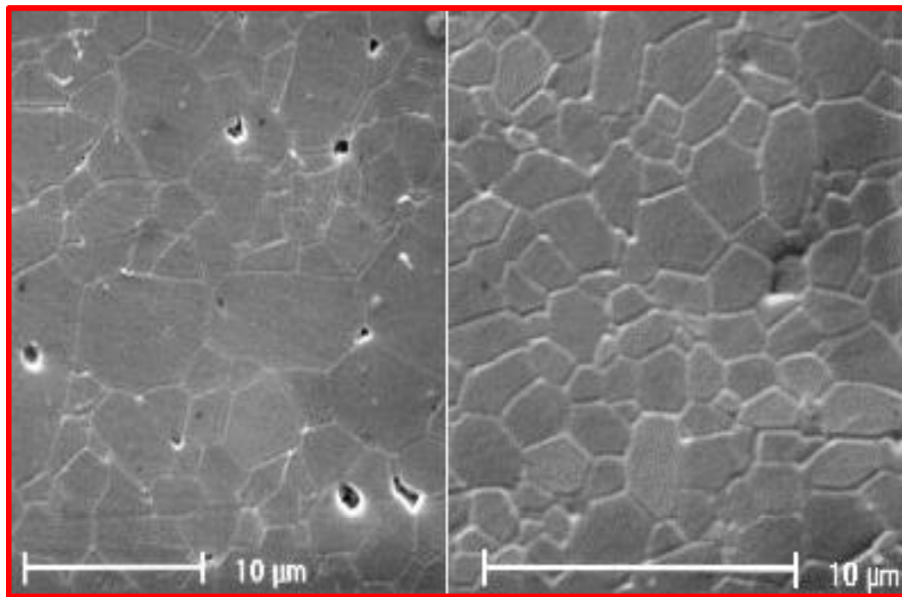


Figure 3. Images en microscopie électronique de différentes céramiques : à gauche, en 1985, taille des grains élevée et porosité importante ; à droite, après 1995, taille des grains de 2 μ et absence de porosité.

l'usinage permettent d'obtenir une forme primaire ou « crue ». Cette forme passe ensuite dans un four à très haute température selon des cycles connus. La forme présente alors un retrait qui représente 30 % de réduction de volume par rapport à la forme initiale ; un nouvel usinage et un traitement par HIP (*High Isostatic Pressure*) à très haute température et pression sont suivis par les phases de rodage puis de polissage. Lorsqu'on souhaite obtenir un couple céramique sur céramique, il faut que le jeu entre les pièces en contact soit compris entre 20 et 80 microns. Le bon matériau se caractérise par une pureté supérieure à 99 %, une densité élevée, une porosité faible, et une petite taille des grains régulièrement répartis. Au début, le produit n'était pas optimisé comme il le fut par la suite. Beaucoup de ses détracteurs se basent sur des résultats obtenus dans les années 1970 ou 1980, ignorant les améliorations apportées dans sa fabrication qui ont largement modifié et optimisé ses qualités (fig. 3).

Certes, il s'agit d'un matériau au comportement fragile. Ce terme ne signifie pas qu'il va se casser facilement, mais que le mécanisme de sa fracture est de type « fragile », c'est-à-dire exposé à la propagation d'une fissure à partir d'un défaut. Cette fissure se propagera d'autant plus facilement que le matériau est poreux ; si certains grains sont gros, la fissure pourra se propager facilement, aboutissant à une fracture catastrophique. Les céramiques actuelles sont cependant très résistantes et supportent des efforts de plus de 100 KN (environ 10 tonnes) pour une bille de 32 mm à col moyen. Il s'agit d'un matériel très dur (indice de dureté Vickers) et très rigide avec un module de Young de l'ordre de 300 000 gigapascals (GPa), soit deux fois plus que l'acier. De plus, ces qualités sont stables avec le temps, comme cela a été démontré par Gert Willmann sur des têtes implantées depuis plus de dix ans dont la résistance mécanique restait la même.

Qualité de frottement

Le frottement alumine sur alumine est de type « limite » ; il se produit de façon idéale avec un coefficient de frottement de 0,01 lorsque le jeu entre les pièces, dont les surfaces sont parfaitement lisses, est inférieur à 100 microns et qu'il persiste une discrète lame de liquide. La dureté du produit très élevée explique que l'usure soit très faible : environ 5 000 fois moins que le frottement métal sur polyéthylène et 3 000 fois moins que le couple alumine sur polyéthylène.

In vivo la quantité de débris détermine la survenue de réactions inflammatoires macrophagiques. L'absence ou le peu de débris engendrés par le couple céramique-céramique, entraînant peu de réactions biologiques, inflammatoires, apparaît avec le recul comme un des principaux avantages de ce couple de frottement [2-4].

Comportement biologique

Mis en présence de tissus vivants, l'alumine, sans doute en raison de son caractère très oxydé, ne déclenche aucune réaction; ceci explique pourquoi l'alumine sert souvent de contrôle négatif dans les études *in vitro* ou *in vivo* sur les biomatériaux. Différents modèles ont permis ces études : en culture cellulaire, dans le modèle du « calvaria » de souris, ou dans des modèles de type « air-pouch ». Cependant lorsque la quantité de débris est très importante, il peut y avoir des réactions inflammatoires. Le plus souvent, les réactions inflammatoires rapportées sont liées à des débris métalliques lorsque l'alumine entre en contact avec une pièce en métal. L'abrasion du métal crée des débris réalisant une métallose qui peut expliquer certaines réinterventions ; c'est aussi pourquoi le dessin des pièces métalliques supportant l'alumine, ainsi que leur positionnement, doit intégrer ces risques et être mûrement réfléchi.



Figure 4. Le premier cotyle à cimenter Ceraver® et le couple : tête de 32 mm de diamètre.

La plupart des auteurs insistent sur les réactions inflammatoires importantes au contact de prothèses comportant du métal ou du polyéthylène [5, 6].

Résultats cliniques

Les premières implantations du couple céramique sur céramique remontent à 1970.

Les difficultés de fixer la bille en céramique sur le support métallique ont conduit à réaliser en 1977 un assemblage par cône Morse selon un procédé inventé à la fin du XIX^e siècle par un ingénieur allemand. Ce cône Morse idéalement de 5° 40' permet l'assemblage et le désassemblage de deux pièces rigides.

À la même époque, la tige fémorale en alliage de titane (première utilisation de ce métal en prothèse articulaire) a été redessinée ; elle est rectangulaire et cimentée avec une embase s'appuyant sur le col fémoral sectionné ; celle-ci s'avérera très efficace puisqu'avec le recul très peu d'échecs lui sont redevables et qu'elle reste d'ailleurs toujours utilisée.

La survie de cette tige dépasse les 98 % à dix ans et reste très élevée à vingt ans [7].

Le premier cotyle massif était prévu pour être cimenté (fig. 4). Les premières implantations ont été faites en suivant la technique utilisée pour fixer un cotyle en polyéthylène (le ciment ne faisant que remplir les vides) puis on s'orientera vers une fixation primaire osseuse ; c'est cette dernière technique qui donnera les meilleurs résultats. En parallèle, Pierre Boutin a expérimenté un cotyle à trois tétons tout céramique non cimenté (fig. 5) qui a donné de bons résultats mais n'a pas été développé.

Dans les années 1980, il a été observé des échecs plus fréquents sur les cotyles céramique massifs cimentés chez les personnes âgées, ce qui a conduit à réserver le couple céramique/céramique aux patients plus jeunes et physiquement actifs, les plus âgés bénéficiant de cotyles en polyéthylène cimenté de type Charnley [8].



Figure 5. Cotyle sans ciment trois tétons de Boutin.

Pour les jeunes, et surtout les très jeunes, une technique de fixation sans ciment de cotyles massifs a été mise au point et réalisée, pour l'implantation de 150 prothèses de hanche avec des résultats à très long terme (plus de 30 ans), pour certains excellents.

Cependant, la fixation cimentée paraissant ne pas être un bon choix puisque beaucoup d'échecs sont imputables à la fracture du ciment, la cupule « métal back » sans ciment a fait son apparition en 1983 : anneaux vissés en titane et insert en céramique d'alumine. Ce système implanté sur 550 hanches a donné de bons résultats chez les patients les plus jeunes et actifs et lorsque l'os était de bonne qualité ; chez les autres, pour les reprises ou les fractures du cotyle, la fixation s'est avérée insuffisante et de nombreuses réinterventions ont été nécessaires.

En 1989, un nouveau système de « métal back » comportant une coque en alliage de titane, un grillage (au début soudé sur la coque) et un insert en alumine a été implanté ; les résultats ont été cette fois très bons avec des courbes de survie de plus de 90 % à 20 ans ; les échecs étaient presque exclusivement des descellements du cotyle [9], souvent liés à un défaut initial d'impaction. Les patients pouvaient faire du sport sans limitation et la plupart ont eu un résultat excellent en termes de douleur, mobilité et fonction ; Dans plus de 90 % des cas, pour le patient, il s'agissait d'une « hanche oubliée » : le meilleur résultat possible.

En 1997, un nouveau système de coque recouvert cette fois de rugosités et d'une fine couche d'hydroxyapatite a été mis en place (fig. 6), en même temps que l'on passait de la tige cimentée d'origine à la tige sans ciment. C'est ce matériel qui est toujours implanté maintenant depuis 20 ans et qui donne entière satisfaction.

Nous avons décrit l'évolution des pièces fournies par la société Ceraver® sous le contrôle de son président, Daniel Blanquaert. Ce développement a porté sur l'ensemble des pièces d'une prothèse de hanche (tige, couple céramique, cotyle), et sur les dessins des cônes et des coques métalliques. Ceci explique sans doute pourquoi ils ont observé peu d'échecs liés au matériau, le taux de fractures étant faible, sauf pendant les premières années. Ils ont conservé une tête de



Figure 6. Un système de coque recouvert de cette rugosité et d'une fine couche d'hydroxyapatite a été développé.

32 mm et seules les petites tailles avaient une possibilité de têtes de 28 mm.

Autres expériences

D'autres sociétés et surtout la firme CeramTec[®] de Plochingen en Allemagne ont développé l'utilisation de la céramique d'alumine pour les prothèses de hanches. CeramTec, au début, utilisait une prothèse dont la partie cotyloïdienne, vissée dans le bassin (fig. 2), a donné beaucoup de succès mais aussi quelques déboires. Puis ce fabricant a développé le couple qu'il revendait aux différentes sociétés de prothèses qui souhaitaient l'obtenir. D'autres compagnies ont créé des modèles comportant un couple céramique/céramique avec différents dessins, différents angles de l'insert dans le cotyle et différentes qualités de fabrication des cônes de la tige fémorale ; cela a donné lieu à des échecs : fractures de la tête de la prothèse développée par l'Hospital for Special Surgery de New York, sortie du liner lorsque l'angle est trop grand, fracture du rebord en céramique ou bruit lorsque le liner est rentré. Les premières prothèses avaient des têtes de diamètre 28 mm. Ces tailles relativement petites ont augmenté le risque de luxation, mais aussi, de subluxations.

D'autres problèmes ont été observés, en particulier pour la prothèse « Trident » de Stryker[®] qui avait un dessin de liner rentré par rapport à la surface du métal ; ce dessin, justifié pour éviter les contacts céramique/métal, s'est avéré être une erreur puisque le métal frottait souvent sur la tige, libérant des particules fines de métal qui ont été à l'origine de bruits ou grincements présentés comme des échecs retentissants par plusieurs équipes.

C'est William Walter, un chercheur australien, qui a le plus communiqué sur ces bruits tout en insistant sur le fait que peu

de prothèses devaient être réopérées pour cette raison ; cela a cependant entraîné un désamour relatif pour ce matériau surtout dans un pays comme les États-Unis où le moindre problème peut conduire le chirurgien et/ou le fabricant devant un juge ou un avocat. Les fractures pourtant exceptionnelles ont aussi été utilisées pour minimiser les qualités de ce matériau ; même si le taux de fracture n'a jamais été élevé, hormis au début de son utilisation, cet argument a été beaucoup utilisé pour discréditer la céramique.

Cet argument a aussi été utilisé pour tenter de contourner le problème ; ainsi d'autres céramiques ont vu le jour notamment en France, la zircone et la céramique Delta.

La zircone ou oxyde de zirconium est une céramique très différente de l'alumine. Elle a été développée en France par la société Saint-Gobain[®]. Elle est beaucoup plus résistante à la propagation d'une fissure, et donc moins susceptible de fracture au début. Cette résistance est liée à sa transformation d'une phase « tétragonale » en une phase « monoclinique ». Mais cette transformation de phase qui explique sa résistance explique aussi son absence de stabilité dans le temps. Il faut la stabiliser avec de l'yttrium. Cela donne lieu à différents problèmes dont l'apparition d'irrégularités de la surface qui augmentent le risque d'usure face au polyéthylène. La zircone étant un isolant thermique, on lui a aussi reproché d'entraîner une augmentation de la température dans la hanche en fonction, avec un risque de dénaturation des protéines vivantes et de brûlure expliquant des échecs à relatif court terme. À la suite d'autres déboires liés à un mauvais contrôle de sa fabrication, de nombreuses fractures sont survenues, d'où son interdiction sur le marché vers 2005. Actuellement, ce produit abandonné en Europe reste implanté au Japon.

La firme CeramTec[®] a développé depuis plus de dix ans la céramique Delta ou céramique composite comportant 82 %

d'alumine et 18 % de zircon. Ce produit actuellement très répandu présente des avantages en termes de résistance mécanique à court terme, mais laisse planer un risque dû à la transformation potentielle du composant zircon. Ce couple « cramique Delta/Polyéthylène highly cross linked » est le plus populaire dans certains pays, même si le recul clinique reste encore faible. Les arguments sont tirés des résultats des registres anglais ou australiens [10, 11], même si d'autres études laissent planer un doute [12, 13].

Parmi les autres tentatives d'utilisation du couple céramique sur céramique, il faut mentionner l'utilisation au Japon du couple céramique avec un système de fixation de l'alumine dans du polyéthylène visant à amortir les chocs de l'alumine trop rigide. Ceci a donné lieu à de nombreux échecs par défaut de fixation du « sandwich » ainsi réalisé et a été abandonné.

On a même observé une véritable « guerre » industrielle concernant l'utilisation du couple alumine ; les industriels américains concepteurs de prothèses devant acheter les produits à des fabricants de céramique, ce matériel ne leur rapporte pas suffisamment, ce qui explique une campagne de dénigrement systématique de ce couple. Diverses publications polémiques de qualité scientifique contestable tentent toujours de discréditer l'utilisation de la céramique aux États-Unis.

Cependant certains passent outre et des chirurgiens réputés comme William Capello ou Jonathan Garino ont été à l'origine du développement du couple céramique aux États-Unis. À ce propos, il est intéressant de noter les disparités d'utilisation de ce couple selon les pays, allant de 0 % en Suède, à 76 % en Corée du Sud [14, 15]. Pour la plupart des pays européens, comme l'Angleterre, l'Italie, l'Allemagne et la France, les chiffres sont autour de 30 %. Actuellement, la mode est plutôt au couple céramique/polyéthylène « highly cross linked », même si le recul pour ce couple ne dépasse pas 15 ans ; on attend les résultats à plus long terme chez des sujets jeunes et actifs, étant bien entendu que pour les patients de plus de 70 ans la plupart des produits sont suffisants. Les systèmes à double mobilité étant chez eux majoritaires, en particuliers en France.

Les données des registres

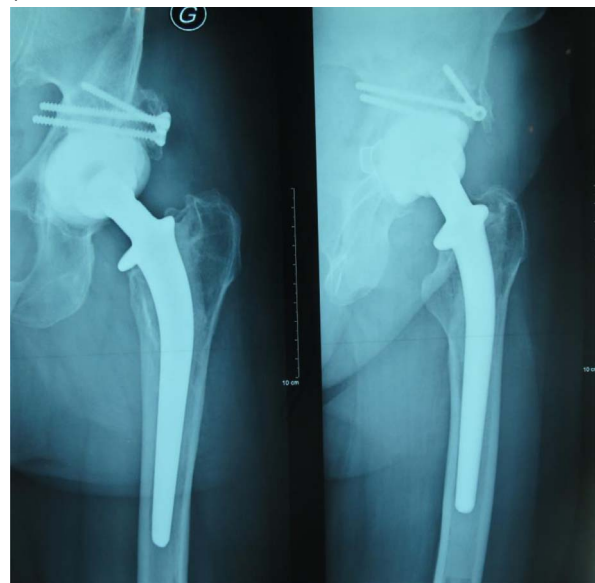
Depuis les années 1976, les Suédois ont été à l'origine de l'élaboration de registres qui recensent toutes les prothèses implantées en Suède mais nous ne pouvons pas bénéficier de leurs données car ils n'ont pas implanté de prothèses avec des couples céramique sur céramique [16]. Par contre les Australiens, les Anglais, les Néo-Zélandais qui ont commencé beaucoup plus tard la tenue de registres en ont inclus un certain nombre. Les résultats du couple céramique sur céramique sont très bons avec un taux de reprise à 10 ans de l'ordre de 5 % [10, 11].

Ceux du couple céramique sur « highly cross linked » (polyéthylène hautement réticulé) sont les meilleurs, bien qu'aient été implantées des prothèses à petite tête et beaucoup d'implants Trident® qui se sont avérés inférieurs en raison des bruits, mais le recul est un peu plus court.

Il a été observé quelques cas de fracture de céramique en raison sans doute de l'utilisation de têtes de 28 mm et de cônes



(a)



(b)

Figure 7. a. Deux ans après ostéosynthèse d'une fracture du cotyle chez une femme de 31 ans. b. Image radiologique 30 ans après la prothèse. La patiente a pu vivre normalement, a fait du sport et a eu deux enfants, sans aucune conséquence sur la hanche.

à 17° de pente pour les coques métalliques. Dans le registre néo-zélandais étudié minutieusement avec notre collègue Rocco Pitto, il apparaît que les causes d'échecs des couples céramique sur céramique sont essentiellement liées aux descellements de pièces cotyloïdiennes, comme dans notre expérience. En effet, le taux de fracture dans ces échecs est de 13 % et le risque de reprise pour bruits de 6 %.

Les données des registres doivent être interprétées avec prudence, parce qu'en premier lieu certains dessins de prothèses ne correspondaient ni à la qualité de la céramique optimale, ni au dessin optimal.

Si l'on compare les registres avec la série de Lariboisière/Saint-Louis concernant des malades suivis pour certains plus de 30 ans, on reste frappé par le maintien d'une qualité de résultat parfaite, avec possibilité de pratiquer des activités lourdes ou du sport, et des images radiologiques qui ne montrent aucun liseré, ni aucune image inquiétante (fig. 7 et 8).

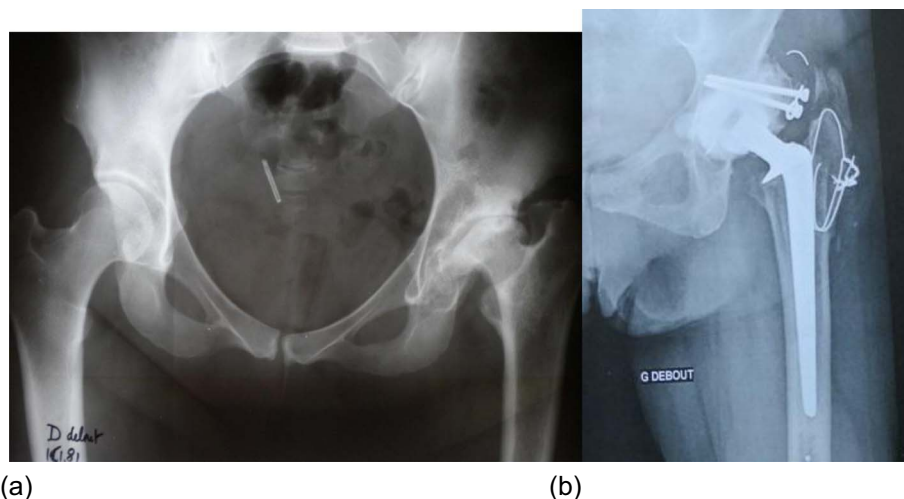


Figure 8. a et b. Femme de 28 ans présentant une coxa vara congénitale très invalidante. Image radiologique 31 ans après la prothèse : résultat toujours excellent.

Dans un travail de P. Hernigou comparant à long terme les résultats chez des patients jeunes opérés des deux côtés avec des prothèses dont la seule différence porte uniquement sur le couple de frottement (alumine/PE *versus* alumine/alumine), on recense plus de réinterventions pour instabilité ou luxation, mais aussi sur les tiges dans le couple alumine/polyéthylène [17, 18]. Ceci est sans doute lié à l'accumulation des débris de polyéthylène, non seulement dans la cavité articulaire, mais aussi au contact de l'extrémité supérieure du fémur ; l'ostéolyse de l'éperon de Merckel est aussi un marqueur de réactions inflammatoires. D'autres études à partir de registres ou de prélèvements per opératoires lors de révisions confirment ces données [19, 4].

Inconvénients du couple céramique/céramique

Les inconvénients de la céramique sont réels mais pas rédhibitoires. Le premier est la difficulté d'ajuster la taille de l'implant et l'offset puisqu'on ne possède que trois tailles de tête. Cela demande un planning préopératoire précis mais ne pose pas de problème avec l'expérience.

Le risque de fracture est très faible. Nous l'avons estimé à partir de nos publications à un risque de 1/2 000 pour une période de 10 ans. Nous avons retrouvé dans la littérature des chiffres équivalents, sauf si l'on se réfère aux chiffres donnés par les industriels qui n'ont sans doute pas connaissance de tous les événements ; cela reste comparable aux fractures des autres matériaux de prothèses : tige, insert en polyéthylène, ou rupture de pièces intermédiaires dans les modèles modulaires.

Les bruits sont fréquents mais représentent une gêne très relative : sensation de crissement dans certaines positions, très rarement fréquents et survenant à chaque pas ; le plus souvent, le bruit n'est pas perçu dans l'entourage. Ces bruits grâce au dessin de la « Ceraver[®] », cessant le plus souvent avec le temps, n'ont pas eu de conséquence en termes de reprises chirurgicales [20] ; il n'en est pas de même avec d'autres dessins où le bruit peut devenir un véritable handicap réclamant une réintervention comme cela a surtout été le cas avec la prothèse « Trident » de Striker[®].

Le coût du couple alumine est élevé, lié à la difficulté de production de ces matériaux ainsi qu'aux contrôles nécessaires. Cela explique sa faible utilisation dans des pays où la rentabilité est érigée en dogme, surpassant l'avantage pour les patients. L'absence de réinterventions à long terme chez des patients jeunes [21], ainsi que la qualité du résultat, devrait être prise en compte par les économistes dans une vision plus gestionnaire que comptable.

Parmi les avantages, nous avons vu la qualité des résultats, le peu de risque de réinterventions pendant des durées très longues, et la stabilité conférée à l'articulation qui semble être un élément majeur quand on sait que 22 % des réinterventions sur le couple métal/polyéthylène sont liées à des instabilités qui augmentent avec le recul [22].

Plus récemment, ces données ont pu être confirmées à partir du registre néo-zélandais : on observe deux fois moins de luxations à long terme en comparaison avec tous les autres couples [23, 24].

La survenue d'un tissu fibreux dense qui stabilise l'articulation reste inconnue dans ses causes intimes. Nous avons cependant pu la mettre en évidence en utilisant des IRM avec le logiciel « MAVRIC » qui élimine les artefacts liés aux métaux ; dans un travail récent, il a été montré que la néocapsule de hanche est significativement plus épaisse avec le couple céramique sur céramique qu'avec les autres couples (fig. 9a et b).

Une autre découverte, conséquence de l'analyse détaillée des registres, est la réduction de moitié des réinterventions pour infection [25]. La supériorité biologique, conséquence de la diminution des débris d'usure, explique sans doute ces éléments : l'absence de réactions inflammatoires à leur contact se traduit par moins de risque de développer une infection.

Conclusion

Avec près de 50 ans de recul, l'utilisation du couple céramique sur céramique pour les prothèses totales de hanche,

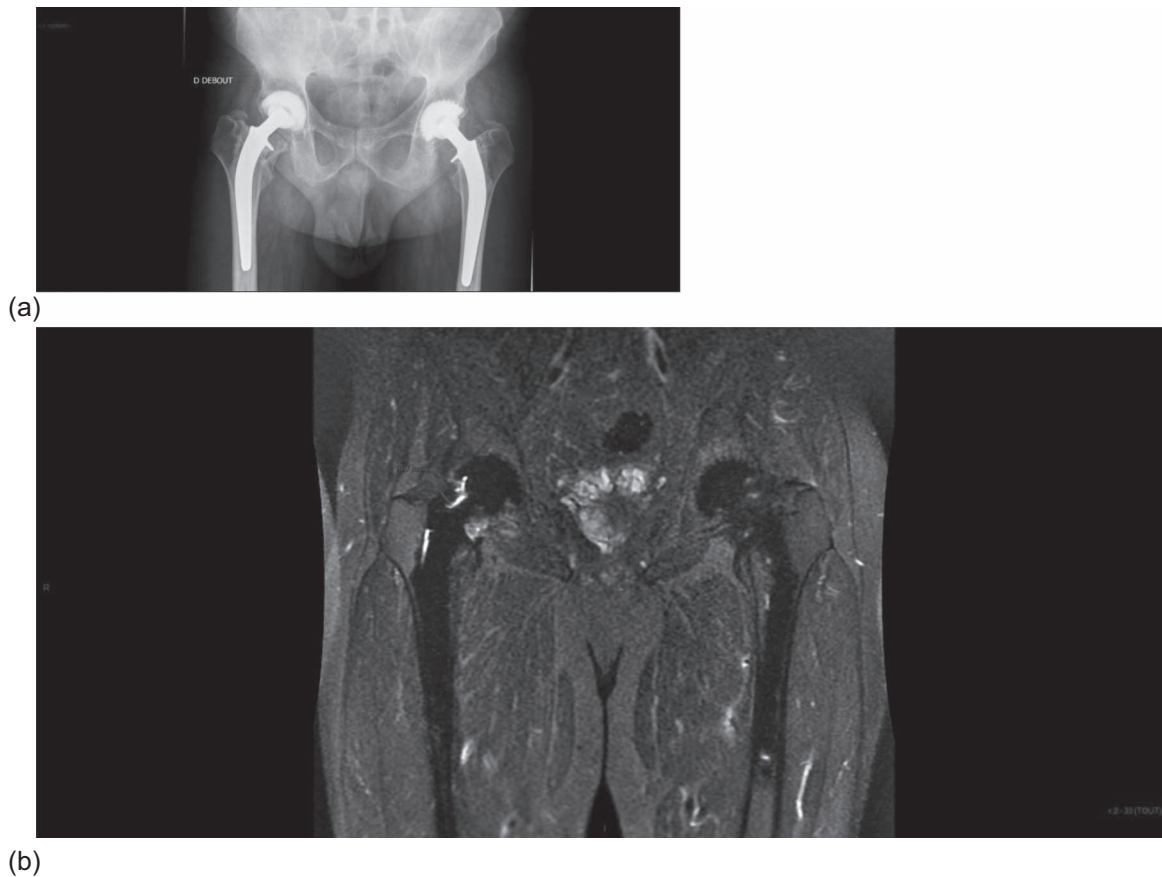


Figure 9. a. Image radiologique après 29 ans d'implantation d'une prothèse tout céramique. b. Aspect en IRM MAVRIC : la capsule droite mesure 10,7 mm d'épaisseur.

innovation française, apporte à long terme des avantages indéniables : qualité du résultat fonctionnel, stabilité de l'articulation, réduction du taux d'infection puisque dans plus de 90 % des cas on observe une hanche oubliée, ceci à condition d'assurer de bons dessins des pièces prothétiques, une excellente qualité de l'alumine et de la fixation des implants, et une éducation du chirurgien qui doit savoir utiliser ce produit.

Cela se fait aux dépens de quelques complications qui restent très anecdotiques : le bruit parfois, la fracture devenue exceptionnelle.

Le coût reste un véritable problème mais doit être mis en perspective avec la longévité de l'implantation, une réintervention coûtant beaucoup plus cher que le différentiel de prix entre prothèse standard et prothèse à couple céramique.

L'indication reste limitée aux patients jeunes et physiquement actifs avec une espérance de vie de plus de 20 ans ; pour les autres, les systèmes plus classiques peuvent être recommandés.

Références

- [1] Boutin P. Total arthroplasty of the hip by fritted aluminum prosthesis. Experimental study and 1st clinical applications. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1972; 58(3): 229-46.
- [2] Bozic K.J., Kurtz S.M., Lau E., Ong K., Vail T.P., Berry D.J. The epidemiology of revision total hip arthroplasty in the United States. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91: 128-133.
- [3] Vendittoli P.A., Riviere C., laVigne M., LaVoie P., Alghamdi A., Duval N. Alumina on alumina versus metal on conventional polyethylene: A randomized clinical trial with 9 to 15 years follow-up. *Acta Orthop.* 2013; 79: 181-190.
- [4] Hernigou P., Homma Y., Pidet O., Guissou I., Hernigou J. Ceramic-on-ceramic bearing decreases the cumulative long-term risk of dislocation. *Clin Orthop Relat Res.* 2013; 471: 3875-3882.
- [5] Pitto R.P., Garland M., Sedel L. Are ceramic-on-ceramic bearings in total hip arthroplasty associated with reduced revision risk for late dislocation? *Clin Orthop Relat Res.* 2015; 473: 3790-3795.
- [6] Hernigou P., Roussignol X., Delambre J., Poignard A., Flouzat-Lachaniette C.H. Ceramic-on-ceramic THA associated with fewer dislocations and less muscle degeneration by preserving muscle progenitors. *Clin Orthop Relat Res.* 2015; 473.
- [7] Hannouche D., Devriese F., Delambre J., Zadegan F., Tourabaly I., Sedel L., Chevret S., Nizard R. Ceramic-on-ceramic THA Implants in Patients Younger Than 20 Years. *Clin Orthop Relat Res.* 2016; 474: 520-527.
- [8] Willert H.G., Bertram H., Buchhorn G.H. Osteolysis in alloarthroplasty of the hip. The role of ultra-highmolecular weight polyethylene wear particles. *Clin Orthop.* 1990; 258: 95-107.
- [9] Sedel L., Simeon J., Meunier A., Villette J.M., Launay J.M. Relationship between tissues PGE2 level and the materials in use in failed total hip arthroplasty. *Arch. Für Orthop.* 1992; 111: 255-258.

- [10] Hannouche D., Zaoui A., Zadegan F., Sedel L., Nizard R. Thirty years' experience with alumina-on-alumina bearings in total hip arthroplasty. *Int Orthop*. 2011; 35: 207-213.
- [11] Hannouche D., Delambre J., Zadegan F., Sedel L., Nizard R. Is there a risk in placing a ceramic head on a previously implanted trunion? *Clin Ortho Relat Res*. 2010; 468: 3322-3327.
- [12] Dennis D., Komistec R., Bizot P., Sedel L. In vivo Dislocation of total hip: Comparison between metal/poly and Alumina/alumina. Presentation AAOS Dallas (USA) 03/2002.
- [13] Pitto R.P., Sedel L. Periprosthetic Joint Infection in Hip Arthroplasty: Is There an Association Between Infection and Bearing Surface Type? *Clin Orthop Relat Res*. 2016.
- [14] Johanson E., Digas G., Herberts P., Thanner J., Karrholm J. Highly crosslinked polyethylene does not reduce aseptic loosening in cemented THA 10-year findings of a randomized study. *Clin Orthop Relat Res*. 2012; 470: 3083-3093.
- [15] Garellick G., Karrholm J., Lindahl H., Malchau H., Rogmark C., Rolfson O. The 2014 Swedish Hip Arthroplasty Register.
- [16] Pitto R.P., Garland M., Sedel L. Are ceramic-on-ceramic bearings in total hip arthroplasty associated with reduced revision risk for late dislocation? *Clin Orthop Relat Res*. 2015; 473: 3790-3795.
- [17] Yoon P.W., Yoo J.J., Kim Y., Yoo S., Lee S., Kim H.J. The Epidemiology and National Trends of Bearing Surface Usage in Primary Total Hip Arthroplasty in Korea. *Clin Orthop Surg*. 2016 Mar; 8(1): 29-37.
- [18] Cogan A., Nizard R., Sedel L. Occurrence of noise in alumina-on-alumina total hip arthroplasty. A survey on 284 consecutive hips. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2011.
- [19] Hu D., Tie K., Yang X., Tan Y., Alaidaros M., Chen L. Comparison of ceramic-on-ceramic to metal-on-polyethylene bearing surfaces in total hip arthroplasty: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res*. 2015 Feb; 3(10): 22.
- [20] Boutin P., Christel P., Dorlot J.M., Meunier A., de Roquancourt A., Blanquaert D., Herman S., Sedel L., Witvoet J. The use of dense alumina-alumina ceramic combination in total hip replacement. *J Biomed. Mater. Res*. 1988; 22; 1203-1232.
- [21] National Joint Registry for England, Wales, Northern Ireland and the Isle of Man. 13th Annual Report, 2016, Available, at: <http://www.njrreports.org.uk/Portals/0/PDFdownloads/NJR%2013th%20Annual%20Report%202016.pdf>. Accessed October 12, 2017.
- [22] Australian Joint Replacement Registry Annual report 2016, Available at: <https://aoanjrr.sahmri.com/en/annual-reports-2016>. Accessed October 12, 2017.
- [23] Lerouge S., *et al.* Ceramic-ceramic and metal-polyethylene total hip replacements: comparison of pseudomembranes after loosening. *J Bone Joint Surg Br*, 1997; 79(1): 135-9.
- [24] Esposito C., *et al.* Periprosthetic tissues from third generation alumina-on-alumina total hip arthroplasties. *J Arthroplasty*. 2013; 28(5): 860-6.
- [25] Nich C., *et al.* Macrophages-Key cells in the response to wear debris from joint replacements. *J Biomed Mater Res A*, 2013; 101(10): 3033-45.