

Le couple céramique-céramique dans les arthroplasties totales de hanche.

Dr Thierry THIRION

Le 20 février 2020

CHU Sart-Tilman

Liège - Belgique



Table des matières

- Introduction
- Définitions
- Matériaux
 - Généralités
 - Biocompatibilité
 - Propriétés mécaniques
- Biolo^x® CoC
- Diamètre des têtes prothétiques dans les PTHs
- Têtes en céramique de grand diamètre
- Conduite à tenir devant une rupture d'insert ou de tête céramique
 - Recommandations 2019
- Conclusions

Introduction

- Le couple CoC dans les PTH
 - Forte résistance à l'usure => éviter l'ostéolyse induite par des produits d'usure (résultant de l'utilisation d'un polyéthylène...)
 - Espoir d'augmenter la longévité des implants surtout chez les jeunes sujets à une haute demande fonctionnelle.
- In vitro
 - Très faible taux d'usure, haute résistance à toute forme de corrosion, bonne résistance mécanique.
- Les résultats cliniques et radiologiques
 - sont très satisfaisants à moyen et long terme.
- MAIS...

Introduction

- ??? Risques
 - Fracture d'implants,
 - Usure accélérée dans certaines conditions (têtes zircone...),
 - Difficultés de reprise,
 - Existence de bruits articulaires...
- « Les céramiques utilisées dans les PTHs sont des céramiques industrielles denses qui ne peuvent souffrir d'aucune imperfection dans leur fabrication, leur dessin et leur technique de pose, pour justifier leur utilisation chez les gens jeunes et actifs ».

Définitions

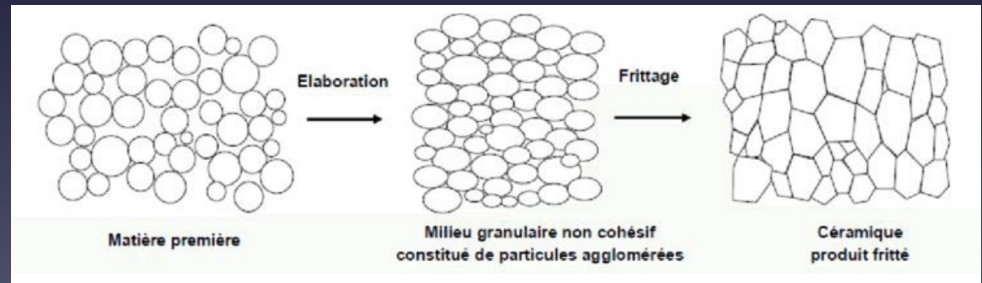
- Vient du grec *keramos* (= terre cuite)
- En chirurgie prothétique, on utilise des céramiques bio-inertes fabriquées par *frittage*, très denses et offrant une grande résistance à l'usure.
- Alumine, Zircane et composites Alumine-Zircane.

Définitions



- Frittage

– Le **frittage** est un procédé de fabrication de pièces consistant à chauffer une **poudre** sans la mener jusqu'à la **fusion**. Sous l'effet de la chaleur, les grains se **soudent** entre eux, ce qui forme la **cohésion** de la pièce.





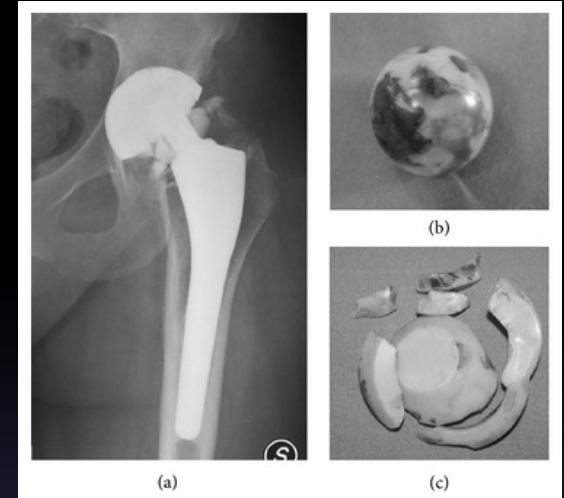
Matériaux



- 1970, le Dr Pierre Boutin développe avec Ceraver une PTH utilisant une tête et un insert en céramique d'alumine.
 - Risque de fracture.
- 1985, introduction de la céramique de zircone (BioloX) dont la production sera abandonnée en 2001 pour de raisons technique.
 - Usure importante, elle n'est pas suffisamment stable.
- 1995, introduction de la céramique d'alumine pure de 3^{ème} génération (BioloX Forte) à permit de diminuer le taux de rupture entre 2 et 4/1000 avec un taux de survie de 99 % à 20 ans.

Matériaux

- D'une manière générale, en raison de la fragilité des composants en alumine et les conséquences catastrophiques des éventuelles ruptures, l'utilisation des couples CoC est restée relativement confidentielle jusqu'au début des années 2000.





Matériaux

- **Céramique Biolox Delta (CeramTec)** - introduite en 2003.
 - Alumine 82 % (matrice).
 - Zircone 17 % (renfort) réparti de manière homogène.
 - Plaquettes d'oxyde de Strontium = barrière à la propagation de la fissure inter-granulaire.
 - Elle possède une ténacité deux fois plus élevée que l'alumine pure.
 - Résistance accrue à la propagation des fissures (taux de rupture de 0,25/1000 (DURETE et RESISTANCE))

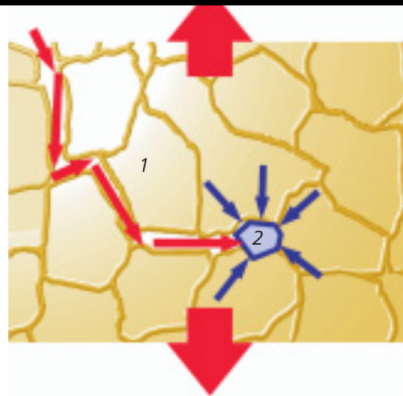


Fig. 2
The principle of transformation toughening by nano-sized, yttria-stabilized, zirconia particles, which are dispersed in the alumina matrix.
1. Alumina 2. Zirconia

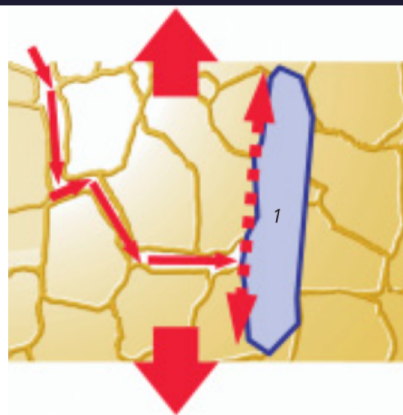


Fig. 3
The principle of reinforcement by platelet-like crystals in an alumina matrix.
1. Platelet-like crystal


Matériaux

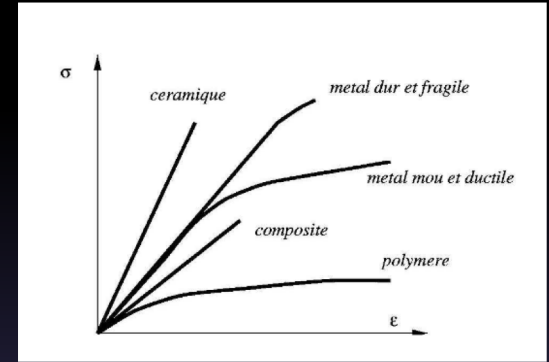
- Cette plus grande ténacité vise à :
 - Exclure le risque de rupture in vivo,
 - Diminuer l'épaisseur des composants acétabulaires.
- Les ruptures d'alumine sont rencontrées principalement au niveau de l'insert acétabulaire et lors de l'utilisation de têtes à col court.

Biocompatibilité

- Sous forme massive, réponse cellulaire pauvre.
- In vitro, sous forme particulaire, peu de signes d'activation cellulaire. Beaucoup moins qu'avec le PE ou les particules métalliques.
- Chez l'homme, le très faible taux d'ostéolyse des PTH alumine-alumine à long terme corrobore ces résultats.
 - Cas d'usure tête zircone-PE (rugosité de la céramique qui altère le PE)

Propriétés mécaniques

- Dureté
 - Résistance exceptionnelle à l'usure à 3 composants.
 - La présence de particules métalliques à l'interface :
 -  interruption du film de lubrification et bruits.
- Comportement sous contrainte
 - Comportement élastique jusqu'à la rupture sans déformation plastique.
 - L'alumine possède le module d'élasticité le plus élevé.



Module d'élasticité de différents matériaux (céramiques, polymères, métaux)

	Module de Young (GPa)
Alumine (Al_2O_3)	380
Zircone (ZrO_2)	210
Alliage Titane ($TiAl_6V_4$)	110
Alliage Cr-Co	200
Acier 316L	200
Polyméthylmétacrylate (PMMA)	3
Polyéthylène (UHMWPE)	0,5
Os cortical	24

Propagation des fissures - Ténacité

Propagation brutale des fissures

- Lorsque la zone de concentration de contrainte atteint le facteur d'intensité critique de matériau, la fissure se propage brutalement et l'implant casse.
- On peut augmenter la résistance à la rupture en :
 - Améliorant la qualité intrinsèque du matériel,
 - Utilisant un matériau composite (ajout de la zircone à l'alumine).

Propagation lente des fissures

- Même si le facteur d'intensité de contrainte reste inférieur au facteur d'intensité de contrainte critique les fissures peuvent se propager entraînant la rupture.
- On peut augmenter ce seuil en :
 - Optimisant la microstructure du matériel,
 - Utilisant des stabilisants qui diminuent la transformabilité des grains.

Couple de friction CoC

- Les inserts cotyloïdiens :
 - Modulaires,
 - Pré-assemblés.
- Céramique la plus utilisée :
 - Céramique composite Delta.
 - Réduire l'épaisseur de l'insert et augmenter le diamètre de la tête (28 à 48mm).
- Il est difficile de déterminer une épaisseur minimale à respecter pour la céramique composite.



BIOLOX® Ceramic-on-Ceramic

Reference	Survival rate % (revision for any reason)	Follow-up in years
Toni et al. Hip Int. 2017 ⁸	93%	17,40
Kang et al JoA 2015 ⁹	98,90%	15,00
Steppacher et al SemArthrop 2011 ¹⁰	97,20%	14,00
Kusaba et al DKOU 2013 ¹¹	98,20%	14,00
Lee et al Sem Arthrop 2013 ¹²	96,20%	13,00
Kim et al Int Orthop 2013 ¹³	99%	12,40
Imbuldeniya et al ISTA 2013 ¹⁴	96,50%	11,50
Lee et al JBJS 2010 ¹⁵	99%	10,00
Kusaba et al SemArthrop 2011 ¹⁶	97,60%	10,00
Hsu et al SemArthrop 2011 ¹⁷	96,30%	10,00
D'Antonio et al CORR 2012 (System 1) ¹⁸	100%	10,00
D'Antonio et al CORR 2012 (System 2) ¹⁹	98,60%	10,00
Yoon et al CORR 2012 ²⁰	98,90%	10,00
Chana et al BJJ 2013 ²¹	96,50%	10,00
D'Antonio et al CORR 2014 ²²	97%	10,00
Epinette & Michael Jarthrop 2014 ²³	98,60%	10,00
Yoo et al JoA 2013 ²⁴	96,90%	9,80
Wang et al Arthrop. Today 2016 ²⁵	97,30%	9,40
Tozun et al Int Orthop 2014 ²⁶	97,80%	8,20
Choy et al ClinOrthopSurg 2013 ²⁷	98,10%	7,80
Kim et al. JoA 2017 ²⁸	99,70%	7,80
Kim et al Int Orthop 2014 ²⁹	100%	7,40
Kang et al JoA 2014 ³⁰	97,90%	6,50
Aoude et al JoA 2015-online ³¹	98,50%	6,00

- Les couples CoC montrent d'excellents résultats cliniques à moyen et long termes.
- Ils ont les caractéristiques d'usure les plus faibles de toutes les articulations.
- L'ostéolyse est extrêmement rare dans les couples CoC.
- Sûr en termes de libération d'ions métalliques.
- Les phénomènes de corrosion au niveau de l'interface céramique/cône est atténuée.

BIOLOX® Ceramic-on-Ceramic

Les couples en céramique sont une solution sûre et très efficace pour la révision des PTHs.

Ceramic bearings are a safe, effective, and highly successful solution for revision THA

Study	Number of hips	Index Revisions due to Aseptic Loosening (%)	Mean followup in years (range)	Bearing Used for Revision	Fractures (%)	Kaplan Meier Survival (Re-Revision)
Hannouche et al. ⁴²	110	83%	9.3 (5 to 27)	COC, 28% (31/110); C-PE, 58% (64/110); M-PE, 14% (15/110);	–	83.1% “revision for mechanical failure” at 10 years
Chang et al. ⁴³	42	64% (27/42)	5.4 (3.2 to 8)	COC, 100% (alumina)	–	100% (no re-revisions)
Yoo et al. ⁴⁴	64	59% (38/64)	9.8 (7.0 to 13.1)	COC, 100% (alumina)	–	96.9 % at 7 years
Jack et al. ⁴⁵	165	98%	4.8 (2.1 to 12.5)	COC, 100% (100 alumina, 65 delta)	2 alumina heads	96.6% femur, 94% acetabulum at 8.3 years
Khatod et al. ⁴⁶	629	14.3%	5	C-PE (13.7%)	–	86.8% at 5 years

Table 1: Summary of clinical outcomes reported for ceramic bearings in Revision THA

BIOLOX[®] Ceramic-on-Ceramic

- Les infections prothétiques sont désastreuses. Elles sont moins fréquentes avec les couples CoC car :
 - Il y a moins de particules d'usure,
 - La céramique est plus inerte => diminution de réaction tissulaire localement.

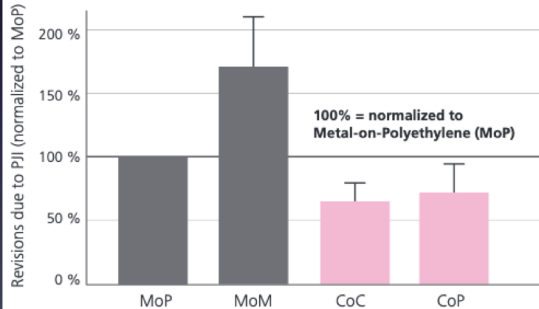
Il peut en résulter « un effet protecteur » contre les infections de PTHs.

BIOLOX[®] Ceramic-on-Ceramic

Le risque de révision pour infection est plus faible pour les couples de friction
céramique/céramique

Risk for revision for infection is lowest in case of CoC bearings

Periprosthetic Joint Infection (PJI) 9 Registries; 827,306 THAs^{a-i}



- Bozic KJ, Ong K, Lau E, Kurtz SM, Vail P, Rubash H. Risk of Complication and Revision Total Hip Arthroplasty Among Medicare Patients with Different Bearing Surfaces. CORR 2010;468;2357-2362
- Trebse R, Levasic V, Kovac S. Prosthetic Joint Infections and bearings. Hip International 2014;24(5), 533
- Alijanipour P, Restrepo C, Smith L, Parvizi J, Malkani A. Periprosthetic joint infection: Could Bearing Surface Play a Role? Presentation 45th Annual Meeting Eastern Orthopaedic Association 2014
- Smith L, Alijanipour P, Restrepo C, Maltenfort M, Parvizi J, Malkani A. Periprosthetic joint infection: Could Bearing Surface play a Role? Abstract, 45th Meeting of the Eastern Orthopaedic Association 2014, 197
- 12th Annual Report: National Joint Registry for England, Wales and Northern Ireland, 2015

- Falcioni S, Ancarani C, Bordini B, Pichierri M, Stea S. Influence of articular coupling on septic loosening of total hip arthroplasty. Abstract EHS 2014
- Varnum C, Pedersen AB, Kjaesgaard-Andersen P, Overgaard S. Comparison of the risk of revision in cementless total hip arthroplasty with ceramic-on-ceramic and metal-on-polyethylene bearings. Acta Orthopaedica 2015;86(3)
- Graves SE, Lorimer M, Bragdon C, Muratoglu O, Malchau H. Reduced risk of revision for infection when a ceramic bearing surface is used. Abstract ISTA 2015
- Pitto RP, Sedel L. Periprosthetic Joint Infection in Hip Arthroplasty: Is There an Association Between Infection and Bearing Surface Type? Clin Orthop Relat Res 2016;DOI 10.1007/s1999-016-4916-y

BIOLOX[®] Ceramic-on-Ceramic

- Aucun risque d'allergie connu pour les couples CoC.
- Une réaction pathogène aux particules de céramique est très peu probable.
- Plus de 3 millions de couples de frottement CoC implantés dans le monde.
- Excellents résultats cliniques et fonctionnels à court et moyen termes avec les couples CoC de grande taille.

Orthopride 2014

Prevalence of bearings				
	CoC	CoP	MoP	MoM
Germany ¹	8%	61%	31%	<1%
France (private hospitals) ²	43%	22.4%	35.2%	1.2%
France (public hospitals) ³	32%	11.2%	54.8%	2%
UK ⁴	16.5%	22.4%	59.4%	0.7%
Italy (Region Emilia-Romagna) ⁵	62%	26%	11%	1%
Korea ⁶	86%	13%	1%**	0%**
Australia ⁷	25.6%	23%	44.6%	6.8%

**Estimation

Numbers and percentages of bearing surfaces in primary total hip replacements

	Number	Percentage of total (%)
Ceramic-ceramic	4.418	53,1
Ceramic-polyethylene	2.602	31,3
Metal-polyethylene	913	11,0
Metal-metal	154	1,9
Other	227	2,7
Total number of procedures [missing]	8.314 [43]	100

BIOLOX[®] Ceramic-on-Ceramic

- Diminution du risque de luxation par :
 - Augmentation du diamètre de la tête fémorale,
 - Particulièrement les luxations tardives (usure du PE) ?

Attribuable à :

- Une capsule plus épaisse et plus fibreuse,
- Diminution de l'atrophie graisseuse des muscles périprothétiques (différence de réponse tissulaire aux produits d'usure) ?

Le diamètre des têtes fémorales dans les PTHs

- Les tête de grand diamètre (min 36 mm) se sont imposées progressivement :
 - 5 % en 2005, 26 % en 2009 et 35 % en 2011 (Registre Anglo-Gallois).
 - 45,6 % en 2014 en Belgique (Orthopride)
- Diminution du risque de luxation.
- Volonté actuelle de réduire les coûts des complications des PTH :
 - Les taux de reprise pour instabilité varient fort selon les pays (10 % en France en 2012).

Table 3.5 Femoral head size in primary hip replacement

Head size (mm)	Number	Percentage of total (%)
22	180	2,1
28	1906	21,9
32	2525	29
36	3491	40,1
40	221	2,5
44	133	1,5
48	84	1
50	40	0,5
Total number of procedures [missing]	8699 [830]	98,6

Note: Head sizes which are used in <0,5% of the cases are not included in the table.

91 %

Indications des révisions de PTHs

Figure 3.9 Revision burden according to age category

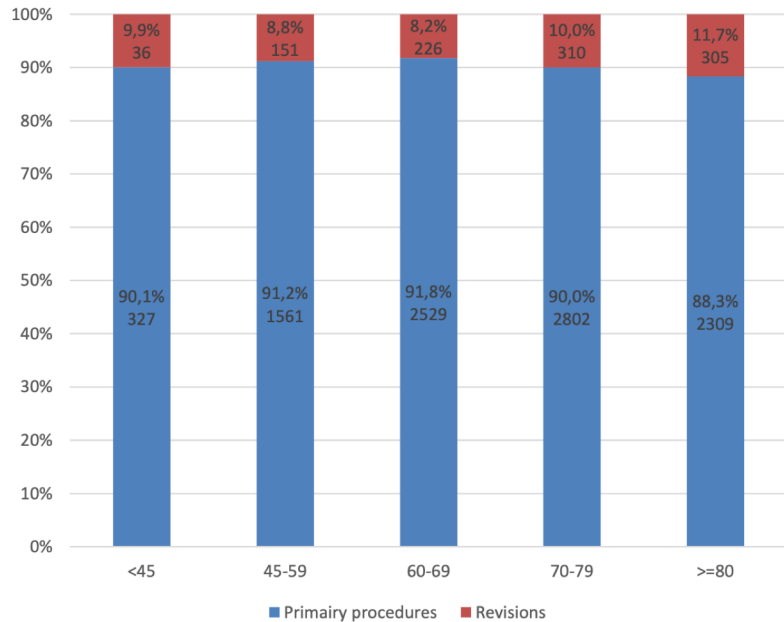
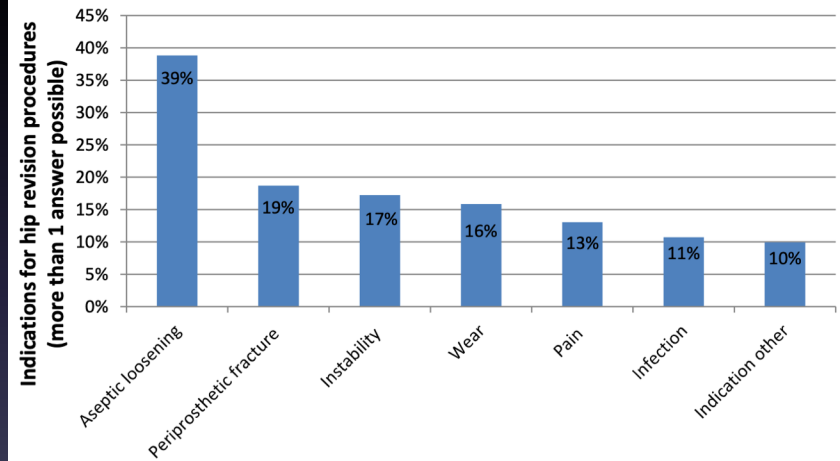


Figure 3.10 Indications for hip revision procedures



Têtes de grand diamètre

Le développement des couples dur/dur et l'introduction de PE réticulé ont permis la réintroduction de ce concept.

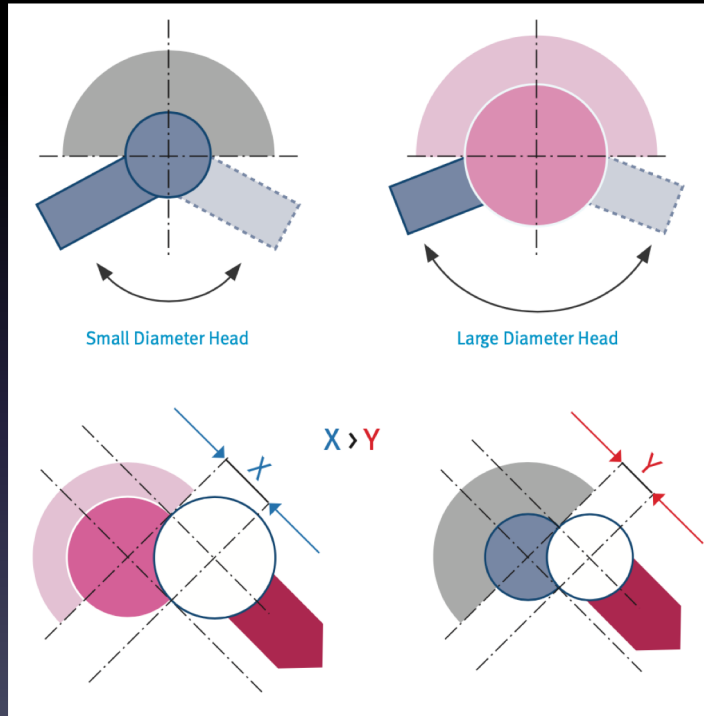
Avantages

- Stabilité,
- Augmentation des amplitudes articulaires,
- Diminution du risque d'effet came col-cupule.

Risques (l'Histoire nous l'a appris...)

- Risque d'usure majoré (PE conventionnel),
- Contraintes élevées en cas de cupule verticale :
 - Favorise un travail en subluxation et en micro-séparation?
- Risque de délamination de l'insert du à un angle d'ouverture élevé.

Têtes de grand diamètre



- L'utilisation de têtes prothétiques de grand diamètre (36 mm et plus) permet théoriquement :
 - Un accroissement de la mobilité articulaire,
 - Une augmentation de la stabilité de l'articulation.

Têtes en céramique de grand diamètre

Cupules modulaires

- Epaisseur du métal-back plus importante de 4,0 à 4,5 mm.
- Inserts de 4 mm minimum (52 – 36).
 - Pour la céramique d'alumine, 6,0 mm minimum (52 – 32).
- Donc épaisseur minimum de 8,0 mm.

Cupules pré-assemblées

- Epaisseur du métal-back de 2,0 à 2,5 mm.
- Inserts fins de 2,5 à 3,0 mm.
- Donc épaisseur minimale de 5,0 mm.
- Ce type de cupule permet aux industriels d'autoriser des têtes de grands diamètres (de 40 à même 50 mm) avec des inserts fins.



Têtes en céramique de grand diamètre

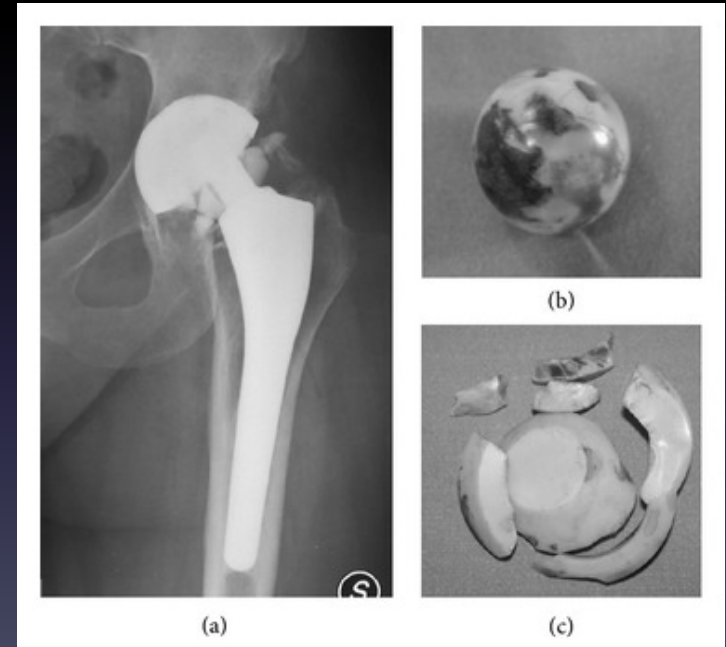
- Le squeaking... Premier signe de disfonctionnement du couple ?
 - Ce phénomène est plus fréquent avec les hanches de grands diamètres (40 mm) mais l'origine exacte reste incertaine.
 - Discontinuité du film de lubrification qui majore les phénomène de friction :
 - À diamètre de tête identique, la friction du CoC est 2x supérieure au MoM.
 - MacDonnel et coll rapportent 31 % de hanche « bruyantes » dans une série de Delta Motion de grand diamètre.
 - Prévalence globale dans la littérature de 2 à 21 %.

Têtes en céramique de grand diamètre

- Risque d'usure majoré du cône morse avec les têtes en céramique lié à une augmentation des contraintes en torsion (25 Nm vs 10 Nm).
- Les modifications ont porté essentiellement sur le versant acétabulaire, il n'y a pas eu de modification des tiges et/ou des cônes morses pour s'adapter aux grands diamètres de tête.
- **N'oublions pas que les diamètres qui ont fait preuve de leur efficacité sont nettement plus petits que ceux couramment utilisés actuellement !**

Conduite à tenir devant une rupture d'insert ou de tête céramique

- En 2001 et 2002, à l'occasion de la crise sanitaire des têtes zircone de la Société Desmarquet et faisant suite à la décision de retrait par l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (AFSSAPS) de toutes les céramiques à base de zirconium, la SOFCOT avait édité un guide de bonnes pratiques ainsi qu'un arbre décisionnel sur la conduite à tenir.



Conduite à tenir devant une rupture d'insert ou de tête céramique

- **Recommandations de 2002 SOFCOT :**

- *Il s'agit souvent d'une explosion de la tête.*

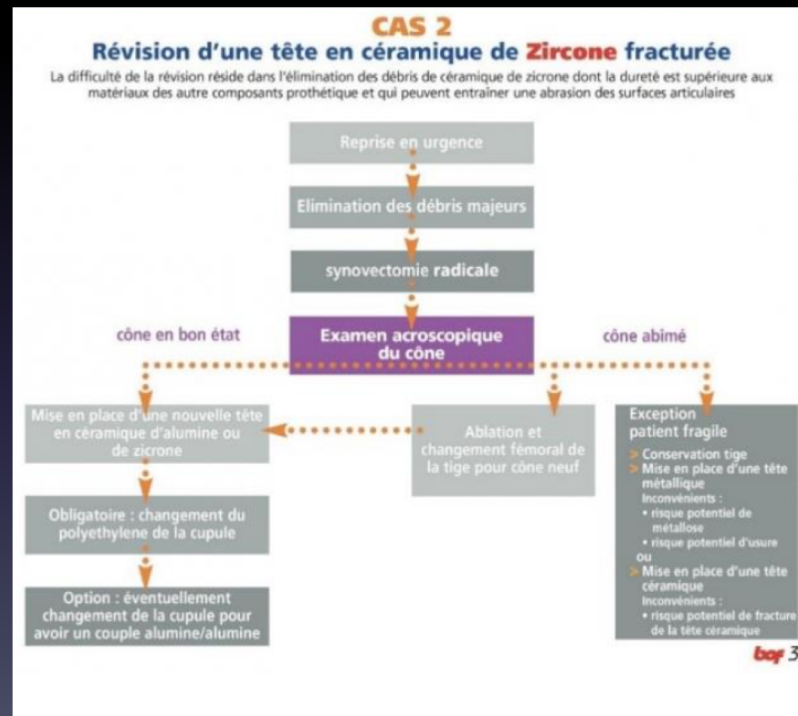
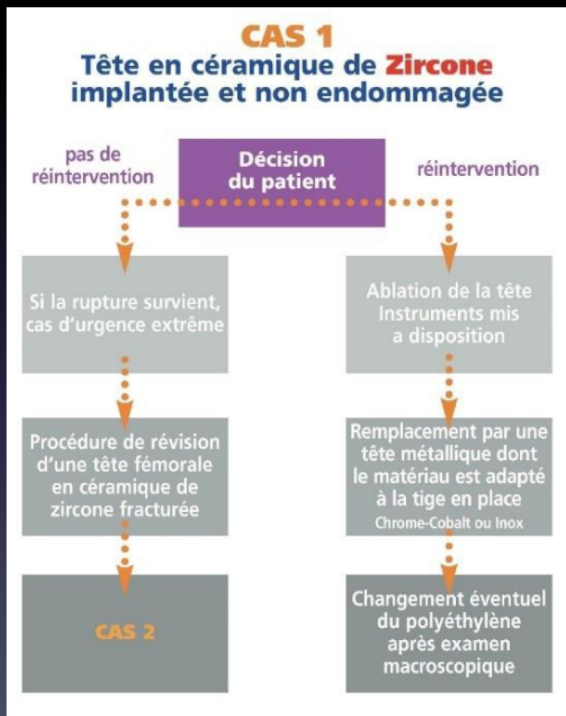
- *L'ablation complète de tous les fragments de céramique,*
- *Une synovectomie extensive,*
- *Le changement de cône, par changement de tige si nécessaire, est conseillé afin que puisse être mise en place une nouvelle tête en céramique,*
- *Le changement de la cupule cotyloïdienne monobloc ou de l'insert en polyéthylène d'une cupule modulaire est nécessaire.*



Conduite à tenir devant une rupture d'insert ou de tête céramique

- Dans tous les cas :
 - Si la mise en place d'une tête métallique supprime les risques de ruptures itératives, elle expose à une usure précoce par présence d'un troisième corps plus ou moins inclus dans le polyéthylène et peut nécessiter une reprise en moins de 2 ans avec une métallose majeure.
 - Il faut faire une déclaration de Matéριοvigilance et conserver les pièces explantées.
 - Toute décision opératoire doit être évaluée en fonction de l'état local et de l'état général du patient.

Conduite à tenir devant une rupture d'insert ou de tête céramique



Conduite à tenir devant une rupture d'insert ou de tête céramique : **recommandations 2019**

Procédure recommandée

- Priorité à la récupération des données de l'intervention initiale.
- Utiliser un nouveau couple Céramique/Céramique du même fabricant.
- Il faut aussi que « tête et tige » (insert et cupule) soient du même fabricant.

Procédure non recommandée

- Remettre une bille céramique sur un cône Morse altéré.
Problème : il n'y a pas de score quantitatif.
- Utiliser une tête métallique (surtout en acier, bien que les têtes Cr-Co sont plus résistantes).
- Recourir à une cupule à double-mobilité (risque de métallose par incorporation de débris de céramique dans le polyéthylène au niveau de la grande articulation).
- Appairer des implants céramiques de calibres adaptés mais de 2 fabricants différents (ex : CeramTec-Ceraver) ; en effet, le débattement articulaire (clairance) est variable suivant les fabricants.

Couple céramique/céramique

Rupture de la bille céramique

- **Une nouvelle bille céramique est recommandée.**
- Apprécier l'état du cône Morse :
 - S'il paraît **macroscopiquement correct** : une bille céramique neuve, ou une bille sur un manchon métallique est recommandée.
 - S'il est **manifestement altéré**, une bille céramique neuve avec manchon métallique est recommandée, sinon il faut changer la tige.
 - **Le recours à une bille métallique est de principe contre-indiqué** (proscrire une tête en acier, mais éventuellement une bille Cr-Co peut s'avérer un moindre mal chez le sujet très âgé et fragile, lorsque la tige est bien fixée ou inextirpable).
 - Si le cône Morse est **détruit**, il doit être changé, ce qui nécessite une révision de la tige fémorale si « non modulaire ».

Rupture de l'insert céramique d'une cupule modulaire

- **Dans la mesure du possible : changer la cupule :**
 - Eventuellement un insert en polyéthylène de la même marque (surtout si l'emmanchement conique est abimé),
 - **Éviter le recours à une cupule double mobilité**, même en face d'une bille en céramique.
- **Rupture d'une cupule monobloc en céramique (jamais décrit !)**
 - **Idéalement, recourir à une cupule modulaire avec insert céramique compatible avec la tête céramique conservée** (même céramiste, même laboratoire, calibre adapté).

Couple céramique/PE : rupture de la bille céramique

Au niveau fémoral

- Une nouvelle bille céramique est recommandée.
- Apprécier l'état du cône Morse :
 - S'il paraît **macroscopiquement correct** : une bille céramique neuve, ou une bille céramique sur un manchon métallique.
 - S'il est **manifestement altéré**, une bille céramique neuve avec manchon métallique est recommandée ou un changement de tige.
 - Si le cône Morse est **détruit**, il doit être changé, ce qui nécessite une révision de la tige fémorale si « non modulaire ».
 - **Le recours à une bille métallique est vivement déconseillé.**

Au niveau acétabulaire

- Le PE doit être changé.
- Si **cupule cimentée monobloc** : révision complète et cimentage d'une cupule tout polyéthylène de calibre interne correspondante à celle de la tête de révision (idéalement du même fabricant, mais non impératif).
- Si **insert dans une cupule modulaire** : changement pour un nouvel insert en polyéthylène de marque identique et de calibre interne adapté à la tête de révision, (difficile si on ne connaît pas la marque de la prothèse), voire en céramique si disponible (chez le jeune, mais discutable chez le sujet âgé +++).

Recommandations générales

- L'ablation d'un insert en céramique doit se faire avec une technique adaptée et un ancillaire approprié (ventouse) fourni par le fabricant. **Eviter de fracturer volontairement la céramique !**
- Planifier et de préparer l'intervention et se procurer tout le matériel adéquat.
- Retirer les implants de la façon la plus atraumatique possible. Pour ce faire, la récupération des informations précises sur les implants initiaux (fabricant, tailles, nature précise des implants, etc. ...) est capitale.
- Lors de la réimplantation d'une tête (ou d'un insert) céramique, Il faut utiliser une technique adaptée :
 - Ne pas abimer le cône lors de la reprise (protection nécessaire),
 - Cône propre et sec,
 - Impaction indispensable, symétrique (dans l'axe du cône) et douce,
 - Éviter les cols longs.

Recommandations : conclusions

- Devant une révision d'un couple céramique-céramique pour fracture d'un ou des deux éléments, il est recommandé d'utiliser un couple céramique-céramique.
- En cas d'impossibilité ou de circonstances particulières il est possible, dans le cadre d'une procédure dégradée, d'utiliser un couple céramique-polyéthylène. **Dans tous les cas, l'utilisation d'une cupule à double mobilité est de principe contre-indiqué.**
- La fragmentation volontaire d'un insert céramique afin de retirer celui-ci n'est pas une pratique recommandée, il est nécessaire de s'informer sur la technique nécessaire à la reprise et se procurer au préalable tout le matériel pour obtenir une ablation la plus atraumatique possible.

Conclusions

- Une prothèse totale de hanche utilisant un couple de friction céramique moderne montre des résultats encourageant à moyen et long termes avec une diminution du risque d'infection, d'ostéolyse et de descellement prothétique.
- L'utilisation d'un couple CoC Delta permet en outre une diminution du taux de fracture et du taux de luxation tardive.
- La genèse des bruits de grincement liés à une majoration des forces de friction reste une préoccupation...

Merci

