



La zircone

Questions et Réponses

com)*i*dent



La zircone

Questions et Réponses

Les espoirs suscités par l'apparition de la zircone ont parfois incité certains à flirter avec ses limites d'utilisation, voire même à aller au-delà en s'affranchissant des précautions d'usage, tant ce nouveau matériau semblait prometteur.

La réalité clinique a rapidement soulevé de nombreuses questions, plus d'ailleurs au sujet de la pérennité de la partie cosmétique que de la solidité de l'infrastructure.

Les propriétés de la zircone sont exceptionnelles. Cependant, s'il est vrai que ce matériau ouvre de nouvelles perspectives en matière de technologie, il requiert néanmoins une attention particulière. Les précautions d'emploi à observer ne diffèrent pas fondamentalement des exigences actuelles en matière de prothèse, qu'elle soit métallo/céramique ou «tout céramique», notamment quant aux critères de préparation.

Devant l'incertitude de certains prescripteurs et utilisateurs, le COMIDENT s'est emparé de la question et a constitué une commission de réflexion afin d'y apporter des réponses.

A cette occasion on a constaté que deux autres groupes de réflexion existaient déjà autour de cette thématique : celui du Pôle Innovation dont Mr Alain LECARDONNEL est responsable et celui de l'AFNOR que dirigeait le Dr François LELIEVRE. Il a alors été décidé d'unir nos efforts.

Ce guide pratique précise l'état des connaissances actuelles sur la zircone et formule les recommandations essentielles que tout utilisateur soucieux d'efficacité se doit de respecter.

La zircone est-elle un matériau nouveau ?

**Existe
depuis
1985**

Le nom du métal, zirconium vient de l'arabe «zargon» (de couleur dorée), qui vient lui-même de deux mots persans «zar» (or) et «gun» (couleur). Le dioxyde de zirconium (ZrO_2) = la zircone (à ne pas confondre avec le ZIRCONIA qui est son nom Anglais mais aussi le nom commercial d'une céramique alumine chargée en zircone) est issu du minerai zircon ($ZrSiO_4$) qui a été découvert par le chimiste allemand Heinrich Klaproth en 1789. La zircone est utilisée depuis de nombreuses années dans l'industrie notamment en aéronautique et dans les secteurs de la mécanique et de la chimie. Ce n'est pas non plus un matériau nouveau dans le domaine bio-médical. Après de premiers travaux dans les années 60 elle a été utilisée dès 1985 comme bio-céramique en orthopédie : tête fémorale pour les prothèses de hanche, prothèse de genou et de doigt ce qui la qualifie comme bio-céramique inerte implantable. La zircone a également été utilisée dans d'autres applications du secteur dentaire : tenons radiculaires, implants, brackets.



Existe-t-il différentes variétés de zircone ?

Oui, car même s'il existe peu de fabricants de la matière première, les processus de pressée (axiale, isostatique, mixte), la température de frittage ainsi que le type de stabilisants utilisés (oxyde d'yttrium, oxyde de magnésium etc...), ont une influence sur le produit fini. De ces critères dépendent la taille des grains, la variété cristallographique et la densité: donc les propriétés physico-chimiques et

mécaniques. Lorsque la zircone est cuite à haute température de façon à être densifiée au maximum, sa dureté est très importante (1 200 Vickers) et son usinage devient très difficile, ce qui a conduit au développement de variétés de zircons ayant des propriétés chimiques identiques, mais pour lesquelles la densification par frittage n'est pas totale, de façon à conserver un aspect crayeux permettant de l'usiner plus aisément. Elle est ensuite recuite afin de terminer la densification et lui conférer ainsi ses propriétés mécaniques finales.

La zircone la plus couramment utilisée dans le secteur dentaire est la zircone Y-TPZ (Ytria Tetragonal Zirconia Polycrystal = Zircone Polycrystalline Tétragonale stabilisée à l'oxyde d'Yttrium).

- Certaines zircons totalement densifiées dites HIP (Hot Isostatic Pressing), ont subi avant usinage un traitement thermique à haute température et sous pression destiné à compacter au maximum le matériau et ainsi optimiser ses propriétés mécaniques.
- D'autres dites «crue» ou «verte» ont été traitées à une température inférieure à la température de sinterisation finale afin de leur conserver un côté légèrement friable pour l'usinage. Elles sont ensuite densifiées par re-cuisson à haute température ce qui confère aux deux types des propriétés mécaniques similaires et toujours répondant à l'exigence d'une résistance à la flexion > 800 MPa, requise par les normes internationales dans le cas de bridges de quatre éléments et plus (ISO 6872).

Quelle est la résistance mécanique de la zircone utilisée en médecine dentaire ?

La structure cristallographique de la zircone présente des caractéristiques très particulières qui expliquent pour une large part ses propriétés physico-chimiques. Il existe selon la température où se situe la zircone trois phases cristallographiques différentes :

- la zircone monoclinique : stable jusqu'à 1170°C
- la zircone quadratique : stable entre 1170°C et 2370°C
- la zircone cubique : stable de 2370°C jusqu'au point de fusion de 2690°C.

Lorsqu'il y a passage de la variété cristallographique quadratique à la variété monoclinique, a lieu une augmentation de volume de l'ordre de 3%.

L'addition d'une faible quantité d'oxyde (quelques pourcents) tels que MgO, CaO, Y_2O_3 , permet de stabiliser la phase haute température cubique jusqu'à la température ambiante. On obtient alors la zircone stabilisée.

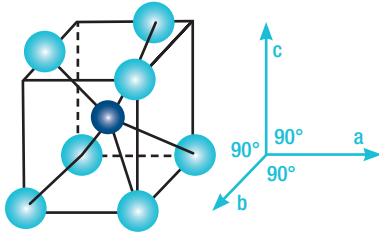
Par contre, si on met insuffisamment d'oxyde stabilisateur on obtient une zircone partiellement stabilisée (PSZ), formée d'un mélange de la phase cubique stabilisée et de la phase quadratique métastable.

Au cours du refroidissement du matériau la phase quadratique se transforme en phase monoclinique avec accroissement de volume de 3% provoquant une très légère microfissuration de la matrice stabilisée environnante. Ces microfissurations agiront dans ce cas en tant que dispersant de fissure critique en cours de propagation.

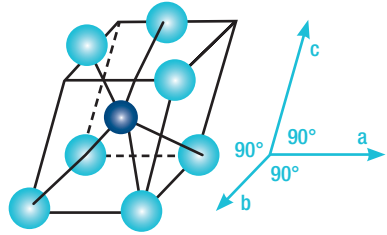
La zircone obtenue (PSZ) a une ténacité voisine de 11 MegaP√m, voire jusqu'à 15, dans certaines conditions.

La plupart du temps l'oxyde utilisé pour les céramiques dentaires est l'oxyde d'yttrium (Y_2O_3) à des teneurs comprises entre 2 et 5%.

SCHEMAS DES STRUCTURES CRISTALLOGRAPHIQUES QUADRATIQUE (OU TETRAGONALE) ET MONOCLINIQUE



Maille quadratique
 $a = b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



Maille monoclinique
 $a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$



Ion oxygène O^{2-}



Ion Zirconium Zr^{4+}

	ZIRCON	VITROCERAMIQUES		
		LEUCITE	DISIL. LITHIUM	ALUMINE
RÉSISTANCE À LA FLEXION (MPa)	800 à 1200	60 à 130	300 à 400	400 à 650
TÉNACITÉ K_{1c}^* (MPa)	7 à 15	0,7 à 1	1	3 à 6

* Résistance à la propagation de fissures

Les céramiques cosmétiques utilisées pour recouvrir la zircone ont une résistance mécanique généralement de l'ordre de 100 MPa, alors que les céramiques conventionnelles pour métal-céramique ont souvent une résistance mécanique légèrement inférieure, de l'ordre de 80 MPa.

Quelle est sa biocompatibilité ?

Grâce à une solubilité en milieu acide inférieure (norme ISO 6872) à $20\mu\text{g}/\text{cm}^2$ la zircone est considérée particulièrement résistante aux attaques chimiques. Elle est classifiée comme une bio-céramique inerte et répond à la norme d'évaluation biologique des dispositifs médicaux ISO 10993. Sa biocompatibilité a été largement documentée lors de son utilisation en chirurgie orthopédique (test de cytotoxicité, cultures d'ostéoblastes,...). Pour les céramiques dentaires la norme citée ci-dessus prescrit que leur radioactivité ne doit pas dépasser $1,00\text{ Bq/g}$ d'uranium 238 ce qui est le cas également avec les poudres de ZrO_2 actuelles (0.001 à 0.007 Bq/g). La norme DIN EN ISO 6872 définit les tests et essais à effectuer sur toute céramique dentaire : présence éventuelle de corps étrangers dans la poudre, mesure de résistance mécanique en flexion, de ténacité, taux de radioactivité.

Comment vieillit la zircone ?

Les propriétés mécaniques de tous les systèmes céramo/céramique ou métal/céramique diminuent en milieu humide.

Pour la zircone, le phénomène est dû à la transformation de la phase cristallographique tétragonale en phase monoclinique. Au terme de dix années de recul ce phénomène n'est cependant pas considéré comme critique.

Cette tendance à l'hydrolyse est quasiment neutralisée par l'adjonction d'additifs (oxyde d'yttrium, oxyde de magnésium, oxyde d'aluminium) limitant l'hydrolyse au niveau des joints des grains ainsi que par le contrôle de la taille des grains. De plus, les chapes en zircone sont recouvertes, soit de céramique cosmétique, soit de glasure, qui l'isolent du contact hydrique avec la salive (ce qui n'est pas le cas des prothèses de hanche où ces phénomènes critiques de vieillissement ont été observés suite à un processus de fabrication erroné).

Lors de la cuisson de la vitrocéramique sur la chape en zircone on obtient une excellente, adhésion entre la vitrocéramique et la chape elle-même car il s'agit de deux matériaux céramiques ce qui est différent du cas d'un couple métal/céramique où peuvent survenir des infiltrations au bord marginal. Ceci risque d'entraîner une oxydation à l'interface et donc une dégradation au cours du temps.

Les céramiques, comme tous les matériaux, sont sensibles aux procédés de mise en forme. Une sinterisation inappropriée de la zircone peut conduire à la formation de joints de grains perméables et à des transformations allotropiques augmentant les modifications de phase cristalline et favorisant ainsi une dégradation hydrolytique.

Ces types d'accidents aujourd'hui bien connus, paraissent maîtrisés, la poudre de zircone ayant été optimisée pour éviter ces phénomènes. De surcroît, les fabricants fournissent des indications précises pour les cycles de sinterisation finale des infrastructures, comme pour la cuisson des céramiques cosmétiques.

Les critères de préparation sont les mêmes que pour l'ensemble des systèmes dits «tout céramique».

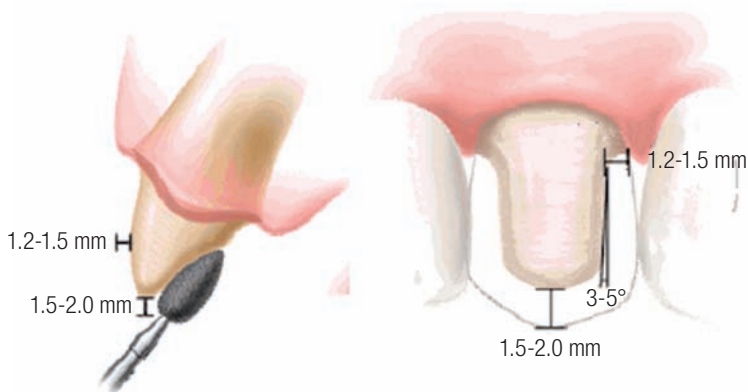
La préparation peut être réalisée au choix avec un congé ou avec un épaulement à angle interne arrondi garantissant un bord externe plat, et un angle externe $< 120^\circ$. Il faut s'efforcer d'atteindre une réduction de 1,5 à 2 mm côté occlusal, 1,5 mm

au tiers moyen et 1 mm côté cervical. L'angle vertical de la préparation doit être compris entre 3 et 5°. Toutes les zones de transition doivent être arrondies avec des surfaces de préférence lisses et régulières, et une finition doit être effectuée avec des fraises diamantées de 25 μm . Les angles vifs sont à proscrire ainsi que les contre-dépouilles et les congés en gouttière.

Un angle réalisé uniquement en céramique cosmétique avec un porte-à-faux non soutenu trop important ($> 1,5\text{ mm}$) peut s' ébrécher (phénomène dit de «chipping») lors du réglage de l'occlusion.

Au niveau des éléments intermédiaires de bridges, les sections minimums pour un pontique seront de l'ordre de 9 mm^2 pour des connexions postérieures et 6 mm^2 pour les antérieures. Elles seront augmentées de 30% pour une connexion entre deux pontiques, soit respectivement 12 et 8 mm^2 .

Quels sont les critères pour une bonne préparation ?

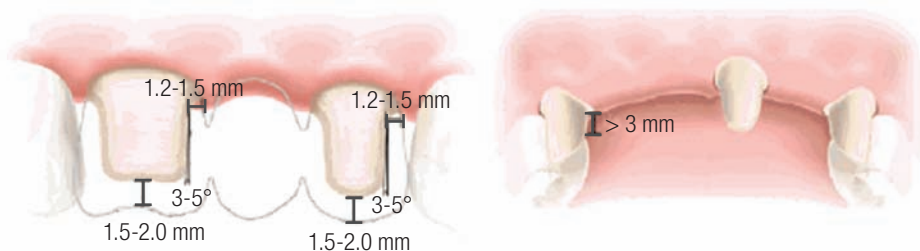


BRIDGE EN SECTEUR ANTÉRIEUR

- Éviter les angles aigus.
- Préparer la dent en effectuant une réduction d'une profondeur de 1,2 mm à 1,5 mm, augmentée de 0,3 mm en face occlusale, (1,5 à 1,8 mm).
- Sélectionner uniquement les cas permettant d'utiliser un connecteur de 3 mm de hauteur.

COMPLÉMENTS POUR LES BRIDGES EN SECTEUR POSTÉRIEUR

- Éviter les angles entre les surfaces circulaires et occlusales.
- Réaliser une réduction occlusale augmentée (entre 1,8 et 2 mm).
- Éviter les préparations trop coniques ou trop proches de la parallèle. La convergence idéale des parois circulaires se situe entre 3 et 5 degrés.
- La réduction de la paroi jouxtant le pontique sera augmentée de 0.3 mm (entre 1,5 et 1,8 mm).
- Sélectionner uniquement les cas permettant d'utiliser un connecteur de 4 mm de hauteur.



Ces épaisseurs doivent prendre en compte la nature et la coloration du pilier sous-jacent. Plus la chape est fine, moins elle masquera la teinte du pilier, surtout en présence d'amalgame ou d'inlay-core métallique.

Quelles sont les limites d'utilisation de la zircone ?

Il convient d'éviter les préparations avec des angles vifs, concevoir des infrastructures porteuses s'inspirant de l'homothétie et s'abstenir d'utiliser la zircone pour les grands bridges en extension ou quand l'épaisseur nécessaire en fonction de la situation n'a pu être respectée. Il est déconseillé de dépasser 20 mm de portée entre piliers. L'occlusion doit être parfaitement équilibrée.

- **Il est judicieux de réaliser plusieurs petits bridges en lieu et place d'un grand (principalement à la mandibule).**
- Les préconisations indiquées aux points 9 et 15, visant à contenir drastiquement les retouches des infrastructures des chapes ZrO_2 , sont en elles-mêmes une limite d'utilisation pour ce matériau.
- Comme pour toute prothèse, les cas de bruxisme et de mobilité dentaire représentent des contre-indications.

Quelles sont les règles essentielles de conception de l'armature ?

- L'armature doit présenter des formes avec des arrondis de 1,5 mm, exempts de tout angle.
- Ménager de manière homogène une épaisseur >1 et $<1,5$ mm de céramique cosmétique et supporter tous porte-à-faux qui ne doivent jamais excéder 1,5 mm.



ÉPAISSEUR DE PAROI POUR LES INFRASTRUCTURES		OCCLUSAL	CIRCULAIRE
UNITAIRES	molaires	0.8 mm $\geq$	0.6 mm $\geq$
	prémolaires	0.7 mm $\geq$	0.5 mm $\geq$
	antérieures	0.6 mm $\geq$	0.4 mm $\geq$
PILIERS DE BRIDGE	molaires	1.0 mm $\geq$	0.8 mm $\geq$
	prémolaires	0.9 mm $\geq$	0.7 mm $\geq$
	antérieures	0.8 mm $\geq$	0.6 mm $\geq$

Pour les piliers de bridges, l'armature doit être renforcée si nécessaire par un bandeau cervical palatin ou lingual de hauteur inversement proportionnelle au manque de réduction de la préparation du pilier et/ou des éléments intérieurs du bridge en prenant en considération également la hauteur disponible du côté occlusal. Des «bite-stops» peuvent être nécessaires.

- Les connecteurs du bridge doivent être conçus aussi larges et hauts que possible, en exploitant au maximum l'espace disponible. De sections arrondies et de profils concaves et jamais entaillés (par ex. avec un disque diamanté) lors d'éventuelles retouches.

Peut-on retoucher les chapes au laboratoire ou au cabinet ?

Il est préférable de ne pas retoucher l'armature en zircone.

Si vraiment nécessaire, il est néanmoins possible de le faire sous faible pression et sous irrigation avec des instruments diamantés (grain 25 μm) spécialement conçus pour le traitement de la zircone. Une cuisson de régénération est ensuite recommandée.

Il convient d'éviter tout échauffement superficiel trop important de la surface de la zircone (rougissement au point d'impact de l'instrument, coups de feu) qui entraîne un changement superficiel de phase cristallographique de la zircone.

Un travail sous irrigation est obligatoire à la turbine. Pour les utilisateurs de pièce à main, il est vivement conseillé de refroidir la pièce en zircone en la tenant avec une éponge humide par exemple.

Ce changement de phase s'accompagne de la modification de la maille cristalline de la zircone en surface engendrant des fissurations. Même si une re-cuisson de l'armature à 1 000°C pendant un quart d'heure peut permettre de revenir à l'état cristallographique initial, les fissures demeurent et fragilisent gravement l'armature. Le changement cristallographique superficiel s'accompagne également d'une modification du coefficient de dilatation de la zircone pouvant engendrer des risques de micro-fissurations de la céramique cosmétique. Ces remarques s'appliquent aussi bien au laboratoire qu'au cabinet dentaire. Un réglage occlusal de la céramique cosmétique peut être réalisé au cabinet à condition qu'il soit fait avec tact et mesure et en évitant, là aussi, tout échauffement excessif de sorte à éviter des phénomènes de «chipping».

**Ne jamais
utiliser des disques
de séparation
sur des armatures
préfrittées !**

Après les ajustements sur les infrastructures frittées, placer les armatures dans une cuve ultrasonique avec une solution d'isopropanol pour éliminer toute contamination des surfaces !

Quelle est l'influence du protocole de frittage de la zircone sur les propriétés finales ?

Comme la conception, les cycles de frittage ont une influence capitale sur les propriétés mécaniques finales de la restauration. Il est donc impératif de respecter scrupuleusement le protocole de frittage déterminé par le fabricant, fournisseur du bloc de zircone, pour atteindre les propriétés mécaniques et physico-chimiques voulues.

La température finale de frittage, la vitesse de montée en température, le temps de palier sont des facteurs qui influent sur la densité finale et donc les propriétés mécaniques du matériau ainsi que sur la taille des grains, bref, sur la pérennité de la restauration.

Le respect du bon cycle de frittage évite les porosités ainsi que l'apparition de grains trop gros ayant une influence négative sur les propriétés finales des éléments frittés et par là même sur leur vieillissement.



**Vérifier
régulièrement
le calibrage
des fours**

Faut-il utiliser une zircone blanche, colorée ou un liner ?

Ce choix influe uniquement sur le résultat esthétique de la prothèse car les propriétés mécaniques des zircons colorés sont très peu différentes de celles des zircons blancs qui, elles, nécessitent par contre, lorsque l'on souhaite réaliser des prothèses de teintes foncées, la mise en place d'un liner. Celui-ci présente généralement l'avantage d'améliorer la fluorescence de la restauration, grâce à l'ajout par le fabricant de composés fluorescents dans sa composition. Il existe différents types de liners plus ou moins transparents en fonction des besoins esthétiques visés et des gammes de produits. En cas d'utilisation directe d'une céramique dentine sur l'armature il est important que la première couche de céramique cosmétique soit parfaitement adhérente et donc fondue sur l'armature en zircone, ce qui suppose d'accroître de 10 à 30°C sa température de cuisson par rapport à une utilisation en stratification conventionnelle. En cas d'utilisation d'un liner il convient de tenir compte également de l'absorption de chaleur de l'armature et de s'assurer d'une cuisson suffisante du liner.

Non

- Il est inutile de sabler la zircone car la cohésion entre l'infrastructure et la céramique cosmétique est intrinsèquement très bonne.
- L'extrême dureté de la zircone rend le sablage peu efficace, voire nuisible, car il peut entraîner un échauffement superficiel et des transformations de phase s'il est pratiqué à une pression supérieure à 2 bar ou en utilisant un abrasif d'une granulométrie supérieure à 50µm.
- Si malgré tout on souhaite sabler, il est préférable de procéder à un nettoyage des armatures et une cuisson de régénération afin d'éviter la présence de grains d'alumine présentant un coefficient de dilatation différent de celui de la zircone.
- Le sablage de l'intrados avec de l'alumine silicoatée, préconisé parfois pour la technique de collage aux tissus dentaires, soulève trop d'incertitudes pour qu'il puisse être recommandé. Les stries laissées par l'usinage augmentent déjà la surface développée pour l'adhérence et ajoutent une rétention mécanique.

Convient-il de sabler les armatures ?



Comment cuire la céramique cosmétique ?

**Proscrire
toute
sous-cuisson**

On évitera les chocs thermiques en privilégiant des montées et descentes en température lentes et progressives qui doivent prendre en compte le nombre d'éléments et les volumes.

La faible conductivité thermique de la zirconie (de l'ordre de $3\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, contre 36 pour l'alumine et 300 pour l'or) nécessite une augmentation de 10 à 30°C de la température de cuisson des premières couches d'accrochage, et un palier prolongé à la pression atmosphérique, afin de laisser les températures s'uniformiser. Ceci est particulièrement vrai pour les éléments intermédiaires pleins de bridges absorbant beaucoup de chaleur pour lesquels il est nécessaire d'augmenter sensiblement la température de la première couche d'accroche.

Les couches suivantes peuvent être réalisées à la température normale de cuisson en se référant à la notice d'utilisation du matériau cosmétique. L'utilisation de plateaux de cuisson épais ou de laines de roche réfractaires peut provoquer une absorption excessive de chaleur et interférer de façon négative sur les résultats de la cuisson. Par conséquent, il est expressément recommandé d'utiliser des plateaux de cuisson à nids d'abeille. En cas d'utilisation d'un plateau de cuisson épais, la température de cuisson doit être augmentée de 10 à 30°C.



Comment fixer la zircone en bouche ?

Appliquer
un PRIMER
spécial
Zircone

Du fait de la difficulté de sabler ou de l'impossibilité de mordancer la zircone exempte de phase vitreuse, la rétention chimique (covalente) sera privilégiée. Le choix du matériau d'assemblage se fait généralement en fonction du potentiel rétentif de l'infrastructure et de la valeur de l'encastrement. Si l'on dispose d'un bon encastrement, on choisira un ciment de verre ionomère hybride ou un compomère alors que lorsque le pouvoir rétentif intrinsèque des préparations est plus faible, on s'orientera de préférence vers un matériau composite de collage «dual» après avoir appliqué un promoteur d'adhésion (PRIMER) spécifique à la zircone.

- La céramique cosmétique peut être retouchée en prenant les mêmes précautions que pour les CCM. Elle devra ensuite être repolie ou reglacée mécaniquement avec des polissoirs à particules diamantées ou sous utilisation de pâte diamantée sur contre-angle ou pièce à main.
- **Il faut s'abstenir de retoucher la zircone** notamment les intrados de chapes, le risque de fragilisation étant bien trop élevé.
- Si toutefois on ne peut l'éviter, il faut **éviter tout échauffement** en utilisant des fraises diamantées de granulométrie $\leq 25\mu\text{m}$ à la turbine sous spray, puis procéder à un glaçage mécanique avec des polissoirs à particules diamantées ou sous utilisation de pâte diamantée sur contre-angle ou pièce à main.

Peut-on retoucher la céramique cosmétique ou la zircone au cabinet ?

Peut-on sceller provisoirement la zircone ?

Comme pour toute restauration céramo/céramique, le scellement provisoire de la zircone est à proscrire, car le moindre mouvement de la restauration pourrait engendrer des sollicitations occlusales néfastes à l'intégrité de la prothèse.

- Du fait de la difficulté de meuler le matériau, il est très difficile de déposer une restauration à armature en zircone.
- La prothèse peut toutefois être découpée à la turbine à l'aide de fraises spécialement prévues à cet effet.
- **Dans tous les cas de figure, la dépose est synonyme de destruction définitive de la prothèse.**

Comment déposer la zircone ?

Quelles sont les normes existantes pour ces matériaux ?

La norme ISO 6872 «céramiques dentaires» : on y retrouve les tests de résistance mécanique de flexion 3 points, les tests de ténacité, de solubilité chimique, de mesure de radioactivité ainsi qu'un certain nombre de recommandations relatives à l'étiquetage des matériaux. **Il convient de s'assurer de la traçabilité et que la zircone que vous utilisez répond aux exigences du marquage CE.**



Remerciements

Le présent document a pu être réalisé grâce à la contribution
de plusieurs professionnels mentionnés ci-dessous :

Isabelle LENTZ • *3 M SANTE*

Georges BOURRELLY • *HENRY SCHEIN*

Didier CADIOU • *IVOCLAR VIVADENT*

Roger FARHADIAN • *NOBEL BIO CARE*

Bertrand HAAS • *SIRONA*

Andréa KADOLSKY • *VITA*

Jean-François LACROIX • *KOMET France*

Elodie LANG • *STRAUMANN*

Alain LECARDONNEL • *CNIFPD*

François LELIEVRE • *SOFRACED*

Fred PICALET • *BISICO*

Alexandre SAINT-AVIT • *DIADEM*

Guillaume VADBLEY • *KAVO France*

Le Comité Directeur du COMIDENT tient à leur exprimer ici sa reconnaissance
pour une coopération efficace,
réalisée dans un esprit d'ouverture et de consensus professionnel.

comident

8, rue Blanche, 75009 Paris

Téléphone : 01 48 74 11 08 • Télécopie : 01 42 85 20 32

Web : www.comident.asso.fr • e-mail : comident@wanadoo.fr