

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 125 (1999)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Usinage direct de céramiques dentaires  
**Autor:** Kaestli, Françoise  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-79616>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.03.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Usinage direct de céramiques dentaires

Par Françoise Kaestli,  
rédactrice

Le bridge dentaire tout en céramique offre aux patients la garantie d'un support solide, biocompatible et fort esthétique. Fruit d'un nouveau procédé de fabrication, sa réalisation englobe la préparation de la poudre céramique, l'élaboration de logiciels pour le relevé informatisé des empreintes et leur transfert à une fraiseuse. La mise au point de la machine de mesure et d'usinage, ainsi que la conception des bancs de tests font partie intégrante de ce projet. Dépassant en rapidité, précision et durabilité, les techniques de moulage et d'ajustage manuel actuellement utilisées, le procédé met le patient au bénéfice d'une prothèse high tech, sans support métallique, qui devrait à court terme devenir meilleur marché que les bridges métal-porcelaine traditionnels. Les essais cliniques en cours doivent confirmer prochainement les performances attendues.

## La céramique, rien que la céramique

Les prothèses actuelles, surtout celles couvrant plusieurs dents (bridge), se composent d'un support métallique recouvert de porcelaine. Alors que l'utilisation de métal en bouche est parfois contestée et que les exigences concernant la durée de vie de ces bridges augmentent, les chercheurs de l'Université et de l'École polytechnique de Zurich se tournent vers la céramique libre de métal. Or sans support métallique, la porcelaine dentaire traditionnelle ne se prête pas à la réalisation de bridges, ses propriétés mécaniques (résistance à la flexion, ténacité) étant trop faibles pour répondre aux charges considérables auxquelles un bridge, notamment situé à l'arrière de la mâchoire, est soumis. En 1995, le Département de prothèses dentaires et de sciences des biomatériaux dentaires<sup>1</sup> de l'Université de Zurich s'est donc lancé le défi d'un bridge tout en céramique, dont la résistance, la longévité et l'aspect esthétique surpassent les exigences appliquées aux prothèses traditionnelles. Alors que ce projet – intégré au programme prioritaire de recherche en matériaux et placé sous la coordination du professeur Heinz Lüthy – approche aujourd'hui de son terme, plusieurs avancées techniques dans la préparation des poudres et au niveau

des procédés de fabrication ont pu être obtenues. L'association étroite, au sein du département de prothèses dentaires, entre cliniciens, techniciens-dentistes et chercheurs, ainsi que l'apport de l'équipe du professeur Gauckler de l'Institut pour les matériaux non métalliques de l'EPFZ, ont en effet contribué à instaurer un réel travail pluridisciplinaire associant des compétences en mécanique, physique, matériaux et informatique. Quant au lien immédiat avec les patients et les techniciens-dentistes, il a permis d'apporter au fur et à mesure des développements les corrections indispensables au confort d'utilisation et à la qualité du produit.

## L'automatisation partielle du processus

La réalisation d'une prothèse ou d'un bridge exige les interventions successives du dentiste et du technicien ; le déroulement du projet a été mené de manière à ne pas bouleverser les opérations d'élaboration et à préserver le travail créatif du technicien.

Avec le nouveau procédé, les premières étapes de fabrication restent identiques : préparation des dents, prise d'empreinte (moule négatif), création d'un modèle en plâtre (modèle positif de la dentition du patient). Ensuite, une prothèse en résine modelée par le technicien remplace la forme en cire jusqu'ici préparée pour la coulée du métal des prothèses traditionnelles. Cette prothèse est alors palpée automatiquement sur une



Le bridge, tout en céramique et recouvert de porcelaine (à gauche), offre une esthétique supérieure au bridge avec un support métallique (à droite) - (photo A. Fehér)

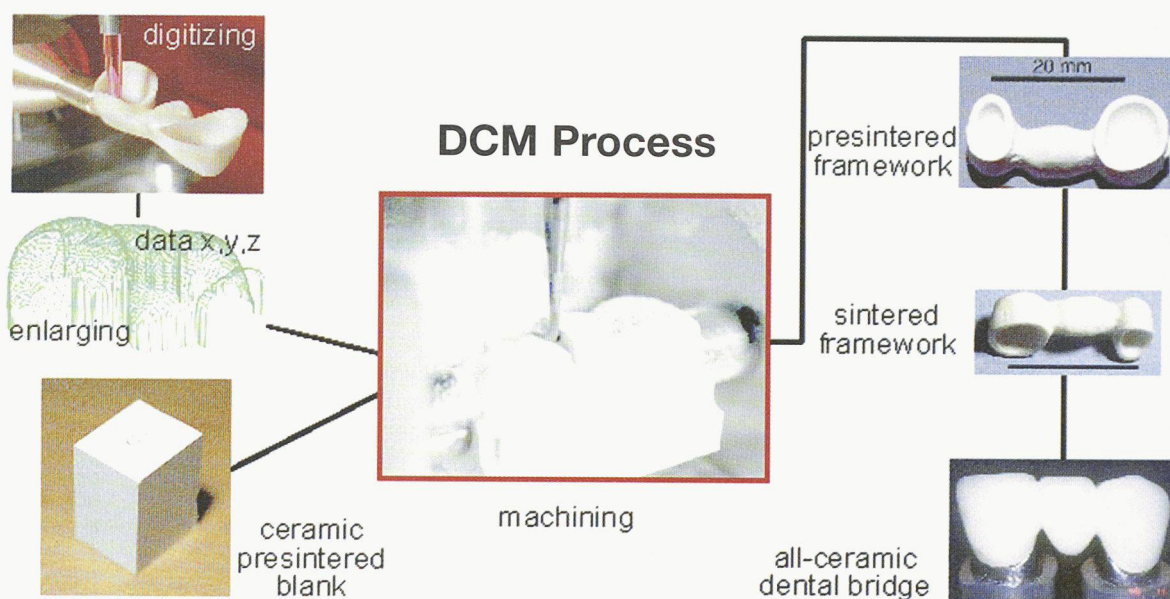
installation conçue à cet effet et les données sont digitalisées pour être transmises à un programme d'usinage qui va, à partir d'un cylindre de céramique pré-fritté, fraiser directement le bridge définitif, face interne et externe, avec une tolérance de l'ordre du micron. Le modèle informatisé aura préalablement été élargi afin de prendre en compte la rétraction qui surviendra à la cuisson finale. Cette dernière opération dure de quatre à huit heures et se déroule dans un four, à une température d'environ 1500°C. Appelé *Direct Ceramic Machining* (DCM), ce procédé donne à la prothèse sa forme définitive, la seule intervention ultérieure étant le revêtement par une couche de porcelaine qui donnera à la dent son aspect esthétique (luminosité, teinte). Ce dernier travail est effectué par le technicien-dentiste.

Pour qu'une opération d'usinage aussi précise puisse être effectuée avec une qualité de surface impeccable sur de la céramique, plusieurs obstacles ont dû être levés : l'option choisie par Frank Filser, candidat au doctorat, a été d'usiner la céramique au stade pré-fritté, soit lorsque le matériau est plus tendre et aussi plus friable qu'à l'état fritté, où il devient trop long et trop coûteux (usure des outils) à fraiser.

Si la poudre céramique choisie – de l'oxyde de zirconium en l'occurrence – est disponible sur le marché depuis quelques années, sa préparation jusqu'au stade de

<sup>1</sup>Ce département fait partie de l'École de médecine dentaire de l'Université de Zurich.





Le procédé de fabrication de la prothèse céramique: les opérations de prise de données et d'usinage dans un bloc d'oxyde de zirconium pré-fritté sont automatisées (Direct Ceramic Machining) - (photo ETH-Ceramics)

cylindre pré-fritté recèle en revanche quelques tours de mains que Frank Filser se garde de révéler. Le cahier des charges de la céramique frittée spécifie une résistance à la flexion, une isotropie (surtout une rétraction au frittage identique dans toutes les directions), et une homogénéité de microstructure très élevées. Or avec 0,4 micron, la taille des grains formant la microstructure est extrêmement réduite et il faut maîtriser le comportement ultérieur de la céramique au frittage et s'assurer de sa reproductibilité. L'équipe de l'EPFZ s'en est chargée et a mené de nombreux tests pour prévoir la contraction exacte de la céramique, en fonction des para-

mètres physiques choisis; celle-ci atteint 20 à 30 % selon les conditions d'expérimentation.

Les programmes de saisie des données géométriques, les logiciels de transfert vers la machine à fraiser, ainsi que la machine elle-même ont été développés en interne à l'Institut de matériaux non métalliques et un prototype commercialisable est en voie d'élaboration. Les industriels ont en outre déjà témoigné leur intérêt à utiliser un tel système pour l'usinage en petites séries de formes céramiques complexes.

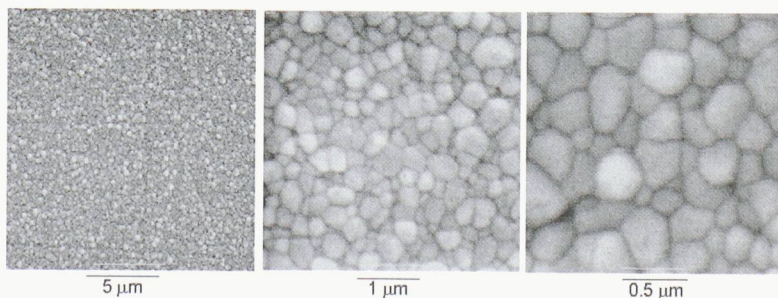
#### Tests in vitro

Un banc de tests a été conçu pour évaluer la résistance à la flexion des bridges tout en céramique.

Dans un premier temps, l'adéquation de l'installation a été contrôlée: il s'agissait de reproduire des conditions de charges proches de celles rencontrées dans la bouche. Après plusieurs essais on a obtenu, sur ce banc, des fractures identiques à celles observées dans la bouche des patients porteurs de bridges en oxyde d'aluminium infiltrés de verre. Dans un deuxième temps, on a testé les bridges céramiques: ils s'avèrent deux à trois fois plus solides que le matériau précité. Ce résultat est encourageant et devrait être confirmé lors des tests cliniques.

#### Résultat des études cliniques attendu

Sous la direction du professeur Schärer, les études cliniques sont en cours, pour évaluer les prothèses. Plus d'une vingtaine de bridges céramique ont été posés en bouche et sont régulièrement contrôlés. Le processus de fabrication est également optimisé afin de réduire les temps d'usinage. Le coût principal étant engendré par le développement de la machine à digitaliser et à usiner, une baisse substantielle de son prix devrait prochainement la rendre accessible au technicien, ce qui permet-



Pour obtenir une céramique aux propriétés mécaniques élevées, la poudre d'oxyde de zirconium doit posséder des grains de très petite taille (0,4 micron), homogènes. Ici un agrandissement de la microstructure de la poudre (photo ETH-Ceramics)

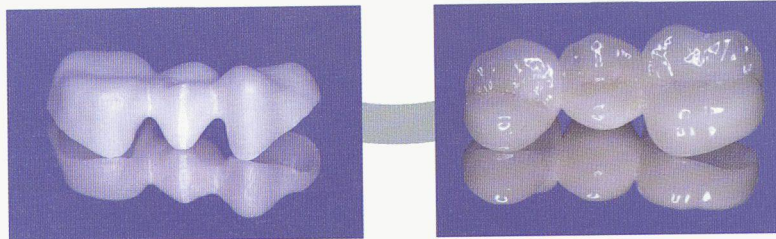


trait de proposer une prothèse céramique à un prix équivalent, voire inférieur, à celui des prothèses métal-porcelaine pour des performances techniques supérieures. Outre ses qualités techniques et esthétiques et contrairement au métal, la céramique présente encore l'avantage de n'être pas opaque aux rayons X, ce qui permet au dentiste de suivre l'évolution d'une carie qui se propagerait sous le bridge.

**Cliniciens et scientifiques main dans la main**

Pour le professeur Lüthy, cette expérience a montré de façon éclatante l'intérêt des scientifiques à travailler avec des cliniciens et des techniciens, à la satisfaction de tous. Avec l'automatisation d'une partie du processus, le technicien conserve le côté artistique de son travail, soit le façonnage esthétique sur la porcelaine, tandis que l'opération à moindre valeur ajoutée du coulage de métaux disparaît.

Même s'il a initialement fallu confronter des langages diffé-



Le support de céramique à sa sortie d'usinage (à gauche), recouvert d'une couche de porcelaine et prêt à être implanté (à droite) - (photo A. Fehér)

rents, la vision globale du problème d'emblée assurée par la polyvalence du groupe de recherche a permis une avance rapide et des ajustements immédiats, si bien que d'autres projets entre la faculté de médecine et l'école polytechnique prolongeront cette expérience de collaboration.

**Remerciements**

Que MM. Lüthy et Filser trouvent ici l'expression de mes remerciements les plus chaleureux: ils m'ont communiqué leur enthousiasme et ont répondu avec beaucoup de disponibilité à mes questions.

**Références**

- F. FILSER, H. LÜTHY, P. SCHÄRER, L. GAUCKLER: «All-Ceramic Dental Bridges by Di-

rect Ceramic Machining (DCM)», in «Materials in Medicine, Materials Day», Department of Materials, ed. M.O. Speidel, P.J. Uggowitzer, vdf Hochschulverlag AG, ETH Zürich, Zurich, mai 1998, p. 165-189

- H. LÜTHY, F. FILSER, L. GAUCKLER, P. SCHÄRER: «High Reliable Zirconia Bridges by Direct Ceramic Machining (DCM)», *Journal of Dental Research*, vol. 77, 1998, p. 762, abstract N° 1045

- F. FILSER, H. LÜTHY, P. SCHÄRER, L. GAUCKLER: «All-Ceramic Restorations by New Direct Ceramic Machining Process (DCM)», *Journal of Dental Research*, vol. 77, 1998, p. 762, abstract N° 1046

- «Vollkeramik statt Metall-Porzellan» *SMM (Schweizer Maschinenmarkt)* 25/1998, p. 25

- RETO GERBER: «Mit Voll-Keramik in die Zukunft» *Schweiz. Monatszeitschrift, Zahnmed* 7 (108) 1998, p. 692

**L'Institut pour les matériaux non-métalliques de l'EPFZ**

Dirigé par le professeur Ludwig Gauckler, cet institut oriente ses activités de recherche vers le développement de matériaux aux propriétés inhabituelles, tout en se souciant de trouver de nouveaux procédés de mise en œuvre. L'étude des propriétés de ces matériaux, l'élaboration de céramiques à nano-structure et la simulation thermodynamique des équilibres de phase font également partie des activités scientifiques de l'institut. Les matériaux étudiés sont principalement des céramiques fonctionnelles et structurales: céramiques à haute résistance et fiabilité, oxydes à conduction mixte ionique et électronique pour des applications énergétiques, ainsi que matériaux supra-conducteurs à haute température critique.

Alliant des compétences en sciences des matériaux, chimie et physique, une trentaine de collaborateurs y travaillent et la collaboration avec d'autres groupes de recherche est largement favorisée.

**Le département de prothèses dentaires et de sciences des biomatériaux dentaires de l'Université de Zurich**

Sous la direction du professeur Peter Schärer, ce département regroupe trois activités bien distinctes: la clinique, les recherches menées par l'unité de «sciences des biomatériaux dentaires», ainsi que les activités dans le domaine de la technique dentaire.

C'est en tant que responsable de l'unité de recherche que le professeur Heinz Lüthy a lancé le projet de bridge dentaire tout en céramique et il en est le coordinateur auprès du Programme prioritaire de recherche en matériaux du FNRS.

Le département regroupe plus d'une vingtaine de collaborateurs (cliniciens, techniciens et chercheurs) et il assure aussi la formation des dentistes.