

# Alternatives thérapeutiques pour la restauration des dents non-vitales

## Mots clés :

Restauration  
Dent dépulpée  
Herméticité  
Couronne  
Tissu dur dent  
Composite  
Céramique



*Alternative treatments for the restoration of non-vital teeth.*

## Keywords :

Restoration  
Pulpless teeth  
Seal  
Crown  
Hard dental tissue  
Composite  
Ceramic

Giovanni Tommaso ROCCA\*, Serge BOUILLAGUET\*\*

\* Docteur en Médecine dentaire, Division de Cariologie et Endodontologie, Section de Médecine Dentaire, Faculté de Médecine, Université de Genève, Suisse .

\*\* Docteur en Chirurgie Dentaire, Docteur en Médecine Dentaire, Privat-docent de la Faculté de Médecine de Genève, Responsable de l'Unité d'Endodontie, Section de Médecine Dentaire, Faculté de Médecine, Université de Genève, Suisse.

**R**ésumé  
Si l'utilisation de couronnes céramo-métalliques supportées par des ancrages intracanalaires métalliques reste fortement répandue en Europe, de nombreux travaux mettent en évidence les limites et les risques liés à ce type de reconstruction après traitement endodontique. Le but de cet article est de discuter les fondements d'une approche thérapeutique moderne basée sur un concept d'invasivité minimale et visant à restaurer l'esthétique et la fonction des dents non-vitales. Différentes options de traitement faisant appel à des restaurations directes en composite, des restaurations indirectes de type endocrown, ou encore des couronnes céramo-céramiques sont décrites et illustrées à partir de différents cas cliniques.

**A**bstract  
Although metal-ceramic crowns supported by metal intracanal posts remains widely used in Europe, numerous works have demonstrated the limits and the risks related to this type of reconstruction after endodontic treatment. The purpose of this article is to discuss the foundations of a modern treatment approach based on a minimally invasive concept and aiming at restoring the aesthetics and function of non-vital teeth. Various treatment options as direct composite restorations, composite onlays, endocrowns or all-ceramic crowns are described and illustrated through various clinical cases.

Les dents ayant subi un traitement endodontique et qui présentent un délabrement coronaire important nécessitent la mise en place d'une couronne prothétique afin de restaurer l'esthétique et la fonction. Certaines études démontrent que le recouvrement cuspidien réalisé par la couronne prothétique assure un meilleur pronostic à long terme pour les dents dévitalisées (Salehrabi et Rotstein, 2004). D'autres études critiquent le caractère mutilant de ce type de construction et suggèrent l'utilisation de techniques de restauration moins invasives, basées sur l'utilisation de résines composites (Krejci et coll., 2003). En effet, les résines composites permettent de réaliser des préparations cavitaires plus conservatrices en tissus dentaires (Staehele 1999) et ce quel que soit le domaine d'application (Roshan et coll., 2003). La tendance actuelle est à la conservation maximale des structures dentaires résiduelles car cette approche influence positivement la longévité des traitements dentaires (Manhart et coll., 2004). Le but de cet article est de discuter les fondements d'une approche thérapeutique moderne basée sur un concept d'invasivité minimale et de présenter les étapes cliniques mises en œuvre pour illustrer ces nouveaux concepts de restauration des dents non-vitales.

## L'approche conventionnelle : couronne céramo-métallique sur *inlay-core*

Traditionnellement, la restauration des dents dévitalisées repose sur la mise en œuvre de différentes procédures cliniques qui comprennent la désinfection et l'obturation du système canalaire, la mise en place d'un tenon radulaire, ancrage de la future restauration coronaire, et enfin le scellement ou le collage de l'élément prothétique (Robbins et Schwartz, 2001). Dans certains cas, il faudra également avoir recours à une chirurgie parodontale afin d'exposer les limites périphériques de la préparation de la future couronne de façon à respecter l'espace biologique.

Si l'on se réfère à la littérature endodontique, il est clairement établi que la charge bactérienne contenue dans le système canalaire influence de façon significative le succès clinique à long terme des dents non-vitales. Alors que des taux de guérison approchant les 95 % sont observables en cas d'inflammation pulpaire irréversible ou de nécroses sans complications péri-apicales, les taux de guérison chutent aux alentours des 75 % lorsque l'infection radulaire s'accompagne d'une lésion péri-api-

The teeth having undergone an endodontic treatment and presenting a significant coronal destruction require a prosthetic crown placement to restore the aesthetics and function. Certain studies demonstrate that a prosthetic crown with cuspal coverage assures a better long-term prognosis in devitalized teeth (Salehrabi and Rotstein, 2004). Other studies criticize the mutilating and invasive character of this type of restoration and suggest the use of less invasive restorative techniques based on composite resins (Krejci et al., 2003). Indeed, cavity preparations for composite resin restorations are more conservative to dental tissues (Staehele 1999) and this concerns any domain of treatment (Roshan et al., 2003). The current tendency is for the maximal conservation of tooth structures because this approach positively influences the longevity of dental treatments (Manhart et al., 2004).

The purpose of this article is to discuss the foundations of a modern treatment approach based on the minimally invasive concept and to present the clinical steps to illustrate these new concepts of restoration for non-vital teeth.

## Conventional approach : metal-ceramic crown on post and core

Traditionally, the restoration of devitalized teeth is based on several clinical procedures which are disinfection and obturation of the canal system, placement of a radicular post anchoring for the future coronal restoration and finally sealing or cementing the prosthetic element (Robbins and Schwartz, 2001). In certain cases, a periodontal surgery will also be necessary to expose the peripheral preparation limit of the future crown so as to respect the biologic width.

From the endodontic literature, it is clearly established that the bacterial load contained in the canal system significantly influences the long-term clinical success of non-vital teeth. While the success rates approaching 95 % are observed in case of irreversible pulpal inflammation or necroses without periapical complications, the healing rates fall to around 75 % in the presence of radicular infection accompanied with a radio-visible periapical lesion (Farzaneh et al.,

cale radio-visible (Farzaneh et coll., 2004). Ce que l'on sait peut être moins c'est que la qualité de la restauration coronaire a également une influence non-négligeable sur le succès du traitement endodontique. Dès 1995 Ray et Trope ont démontré que l'absence d'étanchéité coronaire augmentait le taux d'échec en endodontie et ce malgré la présence d'une obturation canalaire jugée satisfaisante sur la radiographie.

Sur la base de cette première observation, il semble clairement établi, que les techniques de restauration conventionnelles, qui nécessitent de nombreuses étapes de laboratoire (fabrication d'un inlay-core, mise en place d'une couronne provisoire, fabrication de la couronne prothétique) sont autant d'étapes intermédiaires qui favorisent l'infiltration bactérienne, source de complications endodontiques.

En présence de pertes tissulaires importantes, et lorsque l'indication d'une couronne prothétique a été posée, le praticien procède alors à la mise en place d'un ancrage radiculaire (inlay-core) destiné à assurer la rétention de la future couronne. Pendant des décennies, des tenons métalliques préfabriqués de formes variables ont été utilisés à cet effet. Contrairement aux idées reçues, la mise en place d'un ancrage intra-canaire n'augmente pas la résistance mécanique de la racine dentaire mais au contraire contribue à son affaiblissement (Robbins 2001). En premier lieu, il faut souligner que la forme d'un tenon métallique préfabriqué ne correspond que très partiellement aux formes anatomiques observées au niveau des différents canaux radiculaires (Grandini et coll., 2005). De ce fait la modification de forme du canal radiculaire en vue d'assurer la friction et la rétention du tenon s'accompagne d'une élimination tissulaire supplémentaire.

Lors du traitement endodontique, la préparation canalaire qui est réalisée à l'aide d'instruments rotatifs en Nickel-Titane à forte conicité conduit à la préparation de parois canalaires fortement divergentes (Ruddle 2003) qui rend l'adaptation interne et la rétention d'un tenon préfabriqué très délicate. De ce fait, la mise en place d'une épaisseur de ciment importante est souvent nécessaire, afin de compenser les disparités de formes entre le tenon et le canal (Pettiette et coll., 2003). Pour rétablir une adaptation adéquate du tenon aux parois canalaires, le calibrage du canal radiculaire à l'aide de forets ad hoc est préconisé. Cependant cette opération entraîne une ablation supplémentaire de tissus dentaires qui compromet la longévité clinique des dents dévitalisées en raison d'un risque de fracture radiculaire plus élevé (Pontius et Hutter, 2002 ; Kishen et coll., 2004). Enfin, la rigidité des tenons métalliques a été invoquée comme étant un facteur influençant le risque de fracture radiculaire à long terme.

2004). The coronal restoration quality also has a non-negligible influence on the success of endodontic treatment. Since 1995, Ray and Trope demonstrated that the absence of coronal seal increased the failure rate in endodontics in spite of the presence of a canal obturation considered satisfactory on the radiography.

On the basis of this first observation, it is clearly established that conventional restorative techniques requiring several laboratory steps (post and core fabrication, temporary crown placement, prosthetic crown fabrication) represent so many intermediate stages favoring bacterial infiltration, source of endodontic complications.

In the presence of significant tissue losses and when a prosthetic crown is indicated, the practitioner proceeds then to the placement of a radicular post intended to assure the retention of the future crown. During decades, metal posts prefabricated in variable forms have been used for this purpose. Contrary to the preconceived ideas, intracanal post placement does not increase the mechanical resistance of the root but contributes to its weakness (Robbins 2001). First of all, it must be emphasized that the shape of a prefabricated metal post corresponds only partially to the anatomical forms observed in various root canals (Grandini et al., 2005). Based on this fact, a modification of the root canal shape to assure the friction and retention of the post will be accompanied with supplementary tooth tissue removal.

During endodontic treatment, canal preparation using Nickel-titanium rotary instruments of increasing conicity will lead to the preparation of strongly divergent canal walls (Ruddle 2003) which renders internal adaptation and retention of a prefabricated post very delicate. Therefore, sealing cement of significant thickness is necessary to compensate for the disparities of forms between the post and the canal (Pettiette et al., 2003). To restore an adequate adaptation of the post to the canal walls, a modification of the radicular canal using an associating drill is recommended. However, this operation causes a supplementary ablation of dental tissues compromising the clinical longevity of devitalized teeth due to a higher risk of root fracture (Pontius and Hutter, 2002 ; Kishen et al., 2004). The rigidity of metal posts was finally evoked as being a factor influencing the risk of root fracture in the long-term.



Les procédures cliniques modernes reposent sur l'utilisation de tenons en fibres de verre qui sont collés à la dentine canalaire à l'aide de ciments résineux adhésifs. Le tenon est ensuite recouvert de résine composite afin de créer le moignon de la future couronne. Cette nouvelle tendance est incontestablement promue par les excellents résultats cliniques observés dans le cadre des collages coronaires sur dents vitales.

Différentes études ont mis en évidence une meilleure rétention des tenons collés (Ferrari et coll., 2000) ainsi qu'un risque de fracture radiculaire diminué par rapport aux tenons métalliques scellés à l'aide de ciments conventionnels (Sirimai et coll., 1999). Parmi les raisons évoquées pour expliquer ce comportement clinique favorable on cite souvent les propriétés mécaniques des tenons fibrés, et notamment leur module d'élasticité qui approche celui de la dentine humaine et qui évite la concentration de stress au niveau de la racine dentaire. Bien que l'utilisation de tenons en fibres de verres collés soit en constante augmentation, certains facteurs liés à la mise en œuvre de cette technique restent cependant critiquables.

Certaines études ont démontré que les irrigants canaux utilisés lors du traitement endodontique, ainsi que la présence d'eugénol, peuvent diminuer de façon significative les performances des matériaux de collage (Tjan et coll., 1992 ; Morris et coll., 2001).

Malgré tous les avantages théoriques qu'offre l'association résines de scellement - tenons en fibres de verre, leurs performances mécaniques restent fortement dépendantes des contraintes qui s'exercent lors de la polymérisation à l'intérieur du canal radiculaire. Il est clairement établi que les contraintes de polymérisation des résines de scellement sont responsables de décollement partiel du tenon radiculaire. D'autres études démontrent que la vitesse de réaction de prise du ciment résineux (Ferracane 2005) influence les contraintes exercées lors de la polymérisation. Il a été démontré qu'une résine de scellement se contracte d'environ 5% en volume lors de sa réaction de prise et qu'une résine photo-polymérisable provoque plus de stress sur l'interface de collage qu'une résine de scellement à activation chimique (Braga et Ferracane, 2004). Ainsi, plus la réaction de prise est rapide, plus le stress est grand. Ce point revêt toute son importance lorsque l'on sait qu'aucun moyen de compensation du stress n'existe au sein du canal radiculaire ni par fluage du matériau, ni par déformation des parois radiculaires (Tay et coll., 2005). Par analogie, il faut se rappeler que les cuspidés d'une dent peuvent se déformer en accompagnant la rétraction du composite placé dans une cavité coronaire, lorsque celui-ci polymérise. Ce phénomène de compensation n'existe pas à l'intérieur du canal radiculaire.

Modern clinical procedures are based on the use of glass fiber posts cemented to the canal dentin using adhesive resin cements. The post is then covered with composite resin to create the core build-up for the future crown. This new tendency is undoubtedly promoted by excellent clinical results observed in adhesive coronal restorations on vital teeth.

Various studies demonstrated a better retention of adhesive posts (Ferrari et al., 2000) as well as a decreased risk of root fracture with regard to metal posts cemented with conventional cements (Sirimai et al., 1999). Among the reasons evoked to explain this favorable clinical behavior, mechanical properties of fiber posts are often quoted, in particular their modulus of elasticity approaching that of human dentin thus avoiding stress concentration on the tooth root.

Although the use of adhesive glass fiber posts is constantly increasing, certain factors related to the application of this technique remain however questionable.

Certain studies demonstrated that canal irrigants used during endodontic treatment as well as the presence of eugenol can significantly decrease the performances of bonding materials (Tjan et al., 1992, Morris et al., 2001).

In spite of theoretical advantages offered by the association between adhesive resins and glass fiber posts, their mechanical performances strongly remain dependent on the polymerization stress inside the root canal. It is clearly established that the polymerization stress of adhesive resins is responsible for partial debonding of the radicular post. Other studies demonstrate that the setting reaction speed of resin cement (Ferracane 2005) influences polymerization stresses. It was demonstrated that a bonding resin contracts about 5 % in volume during its setting reaction and that a light-cured resin provokes more stress on the adhesive interface than an adhesive resin with chemical activation (Braga and Ferracane, 2004). Thus, the faster the setting reaction, the higher the stress is. This fact becomes very important since no means of stress compensation exists within the radicular canal either by material flow or by deformation of the radicular walls (Tay et al., 2005). By analogy, it is necessary to remind that tooth cusps can deform accompanying the polymerization shrinkage of composite placed and polymerized in a coronal cavity. This phenomenon of compensation does not exist inside the root canal.

Les résultats de nos travaux démontrent clairement que les valeurs d'adhésion obtenues au niveau de la dentine canalaire lors du scellement d'un ancrage radiculaire ne sont pas comparables à celles obtenues sur la dentine coronaire (Bouillaguet et coll., 2003). De plus, les valeurs d'adhésion enregistrées dans les sections apicales des racines sont significativement inférieures à celles mesurées dans la partie coronaire et moyenne de la racine. En raison de ces observations, il semble illusoire d'obtenir de réels collages au-delà de 4 ou 5 mm de profondeur. Plus récemment, nous avons démontré que l'adhésion à la dentine canalaire pouvait être significativement améliorée en adoptant une procédure indirecte de collage (Bouillaguet et coll., 2007). Avec cette procédure indirecte, une première couche de résine est appliquée contre les parois canalaires, puis polymérisée in situ grâce à l'utilisation d'un guide de lumière non-adhérent. Ce guide en téflon permet également de condenser la résine sur les parois canalaires. Dans une deuxième étape, le tenon recouvert de résine de scellement est polymérisé sur la couche de résine pré-polymérisée. Avec cette technique on favorise la formation d'un film de résine stable qui recouvre les parois canalaires et qui n'a pas été contraint au décollement durant la rétraction centripète de la résine de scellement. Le collage du tenon sur cette première couche polymérisée, et qui intervient dans un deuxième temps, semble mieux résister aux contraintes de polymérisation, que lorsque l'opération est réalisée en une seule étape. Afin d'optimiser la liaison de cette couche résineuse polymérisée avec le tenon radiculaire il est proposé d'utiliser des tenons souples en fibres de verre pré-imprégnés de résine, qui est photo-polymérisé in situ. De plus ce tenon souple a plus de facilité à se loger dans l'espace canalaire contrairement à un tenon préfabriqué rigide.

En résumé, il est important de noter que, dans le cadre des restaurations des dents non-vitales : plus vite le scellement coronaire est fait, plus faibles sont les risques de re-infection endodontique.

Les résines adhésives sont les meilleurs matériaux de scellement actuellement disponibles sur le marché et utilisables à cet effet.

Les pertes tissulaires engendrées par la préparation endodontique et surtout lors du forage d'un ancrage radiculaire sont responsables d'une fragilisation des racines dentaires.

Les tenons en fibres ne collent pas parfaitement à la dentine radiculaire mais sont généralement bloqués mécaniquement par la résine à l'intérieur du canal. Leur emploi est souvent inutile sauf dans le cas des dents antérieures qui sont sujettes à des forces de cisaillement.

The results of our works clearly demonstrate that bond strength obtained on canal dentin during the sealing of a radicular post is not comparable to that obtained on coronal dentin (Bouillaguet et al., 2003). Furthermore, the bond strength recorded at the apical sections of the roots is significantly lower than those measured at the coronal and middle parts. From these observations, it seems illusive to obtain a real bonding beyond 4 or 5mm depth.

More recently, we demonstrated that bonding to canal dentin could be significantly improved by adopting an indirect bonding procedure (Bouillaguet et al., 2007). With this indirect procedure, a first layer of resin is applied on the canal walls then polymerized in situ with the use of a non-sticking light guide. This Teflon guide is also used to condense the resin onto the canal walls. In the second step, the post covered with adhesive resin is polymerized on the layer of pre-polymerized resin. With this technique, the formation of a stable resin film covering the canal walls is favored and this film is not stressed to debonding during the centripetal shrinkage of the bonding resin. Subsequent bonding of the post on this first polymerized layer seems to better resist to the polymerization stress than when the operation is performed in a single step. To optimize the bonding of this polymerized resin layer to the radicular post, it is suggested to use flexible glass fiber posts pre-impregnated with resin, which is photo-polymerized in situ. Moreover, this flexible post can be placed more easily in the canal space contrary to a rigid pre-fabricated post.

In summary, it is important to note that, within the framework of the restorations of the non-vital teeth : the faster the coronal seal obtained, the lower are the risks of endodontic re-infection.

Adhesive resins are the best sealing materials presently available on the market and useful for this purpose.

Tissue losses caused by endodontic preparation and especially during the drilling of radicular anchoring are responsible for an embrittlement of the tooth roots.

Fiber posts do not perfectly bond to radicular dentin but are generally mechanically blocked by the resin inside the canal. Their use is often useless except in the case of anterior teeth which are subject to shearing forces.

La qualité de l'ancrage radicaire collé peut être améliorée en utilisant une technique de collage indirect. Dans ce cas, l'utilisation de tenons souples en fibres de verre pré-impregnées semble plus favorable que la mise en place de tenons en fibres préfabriqués.

## Les alternatives modernes : composites directs, inlays, onlays, endocrowns

### Restaurations en composites directs

Si cette option thérapeutique représente la solution de choix dans le cadre de la restauration d'une simple cavité d'accès (cavité occlusale ou palatine), celle-ci peut également être utilisée en présence de pertes de substances de moyenne étendue. En effet, lorsque seulement une paroi de la dent a été perdue, celle-ci peut être reconstituée à l'aide de résines composites photo-polymérisables. Cependant cette approche devient contre-indiquée lorsque la perte tissulaire intéresse 2 faces ou plus de la dent à restaurer (Reeh et coll., 1989).

Du point de vue clinique, le praticien prendra soin de placer un champ opératoire étanche et ce afin de limiter tout risque de contamination salivaire susceptible d'altérer les propriétés de collage des résines adhésives. La restauration coronaire peut être réalisée dans la même séance que l'obturation canalaire pour autant que celle-ci ait fait appel à une technique de compaction à de gutta-percha à chaud qui limite les risques de pollution des parois cavitaires avec un ciment endodontique. La **Figure 1** illustre la pose d'une matrice métallique permettant d'accéder à la limite cervicale de la préparation qui se situe légèrement sous-gingivale. Cette première partie de l'obturation sera réalisée après imprégnation de la dentine cavitaire à l'aide d'un système adhésif auto-mordant à 2 étapes, puis remplissage de la chambre pulpaire à l'aide d'une résine composite fluide photo-polymérisable. Bien que les résines fluides aient été critiquées en raison de leur forte contraction de prise, l'utilisation de ce type de résines pour cette indication clinique n'est pas dommageable en raison de la configuration cavitaire favorable. L'utilisation de résines fluides est souhaitée, afin de limiter les défauts de remplissage dans les zones profondes.

L'étape suivante consiste à conditionner l'émail périphérique à l'aide d'un gel de mordantage acide, puis d'adapter une matrice métallique permettant d'obtenir un

The quality of bonded radicular post can be improved by using an indirect bonding technique. In this case, the use of pre-impregnated flexible glass fiber posts seems to be more favorable than the placement of prefabricated fiber posts.

## Modern alternatives : direct composites, inlays, onlays, endocrowns

### Direct composite resin restorations

Although this treatment option represents the solution of choice for a restoration of simple access cavity (occlusal or palatal), it can be applied in the presence of average substance losses. Indeed, when only one wall of the tooth is lost, it can be reconstituted by light-cured composite resins. This approach becomes, however, contraindicated when the tissue loss affects 2 or more surfaces of the tooth to be restored (Reeh et al., 1989).

From the clinical point of view, the practitioner will carefully place an isolated operative field in order to limit any risk of salivary contamination susceptible to alter bonding properties of adhesive resins. Coronal restoration can be performed in the same session as canal obturation as far as this latter employs a warm gutta percha compaction technique which limits the contamination risks of the cavity walls with an endodontic cement. The **Figure 1** illustrates the placement of metal matrix allowing an access to the cervical limit of the preparation which is slightly situated sub-gingivally. This first part of the obturation will be performed after impregnation of the cavity dentin with a two-step self-etching adhesive system, then filling the pulp chamber with a light-cured flowable composite resin. Although flowable resins are criticized for their strong polymerization contraction, their use in this clinical indication is not harmful due to favorable cavity configuration. The use of flowable resins is desirable to reduce filling defects in the deep zones.

The following step consists in conditioning the peripheral enamel with an acid etching gel, then adapting a metal matrix to obtain a good quality contact

point de contact de bonne qualité ainsi que de recréer une morphologie coronaire adéquate (**Fig. 2**). Après imprégnation à l'aide de la résine de liaison du système adhésif auto-mordant, cette dernière est photo-polymérisée avant la mise en place des différentes couches de composite hybride de restauration (**Fig. 3**).

Sur cette vue finale, on observe la restauration réalisée en composite direct. En raison de la perte de substance limitée, du respect des procédures de collage, et de l'application de la résine d'obturation en couches successives, les risques de perte d'étanchéité sont réduits au minimum. L'association des techniques et matériaux de collage permet de limiter les pertes tissulaires, de restaurer les propriétés mécaniques de la dent dévitalisée et d'assurer une étanchéité immédiate garante de la pérennité de la dent traitée endodontiquement (**Fig. 4**).

point as well as to recreate an appropriate coronal morphology (**Fig. 2**). The bonding resin of the self-etching adhesive system is then applied and photopolymerized before incremental application of restorative hybrid composite (**Fig. 3**).

The direct composite restoration is shown on this last figure. Due to limited substance loss, respect for bonding procedures and incremental application of the restorative composite resin, the risks of microleakage are reduced at the minimum. The association of techniques and bonding materials can limit tissue losses, restore mechanical properties of the devitalized tooth and assure an immediate seal guarantor for the longevity of endodontically treated tooth (**Fig. 4**).



**Fig. 1 :** Isolation de la cavité : en présence d'une marge sous-gingivale, l'utilisation d'une matrice métallique et d'un coin de bois facilite la mise en place correcte de la digue.

*Isolation of the cavity : with a sub-gingival margin, the use of a metal matrix and a wooden wedge facilitates correct rubber dam placement.*



**Fig. 2 :** Reconstruction de la cavité au moyen d'une résine composite photopolymérisable en technique directe.

*Reconstruction of the cavity by a photopolymerizable composite resin in direct technique.*



**Fig. 3 :** La restauration terminée avant la dépose du champ opératoire.

*Finished restoration before removal of the operative field.*



**Fig. 4 :** La restauration une semaine après scellement.

*Restoration at one week after bonding.*

## Restaurations en composites indirects

En présence de pertes tissulaires plus étendues, et notamment lorsque deux parois proximales ont été perdues, l'utilisation d'inlays, d'onlays ou d'endocrowns est indiquée. Contrairement aux inlays-onlays qui possèdent une stabilité primaire grâce à la présence des tissus dentaires résiduels, l'endocrown utilise la chambre pulpaire pour accroître sa surface de collage et faciliter son repositionnement lors du scellement (Bindl et Mormann, 1999). Il est intéressant de noter que la surface de collage offerte par la chambre pulpaire est souvent égale voire supérieure à celle obtenue lors du collage d'un ancrage radiculaire de 8 mm de profondeur. De plus l'application des résines et leur polymérisation est bien mieux contrôlable dans ces conditions plutôt qu'à 8 mm de profondeur à l'intérieur du canal radiculaire. Le cas clinique (Fig. 5 à 10) illustre l'approche utilisée pour la restauration des deux molaires supérieures après traitement endodontique. La première molaire présente 2 parois résiduelles de faible épaisseur, ainsi que la présence de fissures transversales ayant contribué à la nécrose pulpaire sous l'ancienne obturation à l'amalgame (Fig. 5). Dans ce cas, l'élimination des parois non-soutenues permet de créer une forme de préparation adaptée à une restauration de type endocrown (Fig. 6). Il faut souligner que, dès que la mise en forme de la cavité est terminée, toute la surface dentinaire est imprégnée à l'aide de résine adhésive auto-mordante et polymérisée (Magne et coll., 2005). L'application de cette couche de résine est souvent associée à la mise en place d'une fine couche de résine composite qui permet de combler les zones rétentes de la chambre pulpaire sans avoir à éliminer de tissus par fraisage (Fig. 7). Cette première imprégnation de résine assure l'étanchéité du système pendant la phase de laboratoire (Rocca et Krejci, 2007). Sur la deuxième molaire, qui est destinée à recevoir un inlay en résine composite, les entrées canalaire sont également scellées à l'aide de résine adhésive avant la prise d'empreinte (Fig. 7). L'empreinte des préparations est réalisée à l'aide d'un matériau de type silicone par addition de viscosité moyenne et les restaurations indirectes fabriquées au laboratoire. Une obturation provisoire est réalisée à l'aide d'une résine auto-polymérisante ou une résine composite photopolymérisable non collée. Dès la réception des restaurations en composite, celles-ci sont essayées en bouche et ajustées si nécessaires (Fig. 8). Il est toujours intéressant de procéder aux ajustements des points de contact avant scellement. A ce stade la conformité de la teinte de la restauration est également vérifiée.

## Indirect composite resin restorations

In the presence of larger tissue losses, in particular when two proximal walls were lost, a restoration with inlays, onlays or « endocrowns » is indicated. Contrary to inlays/onlays which possess a primary stability from the presence of residual dental tissues, endocrown uses the pulpal chamber to increase its bonding surface and to facilitate its repositioning during cementation (Bindl and Mormann, 1999). It is interesting to note that the bonding surface offered by the pulpal chamber is often equal even superior to that obtained from the bonding of a radicular post of 8mm depth. Moreover, the application of resins and their polymerization is much better controllable in these conditions rather than 8mm of depth inside the root canal.

The clinical case (Fig. 5 to 10) below illustrates an approach used to restore two upper molars after endodontic treatment. The first molar presents 2 residual walls of thin thickness as well as the presence of transversal cracks having contributed to pulpal necrosis under an old amalgam restoration (Fig. 5). In this case, a removal of unsupported walls will create a preparation configuration suitable for an endocrown restoration (Fig. 6).

It must be emphasized that once the cavity shaping is finished, all dentin surface is impregnated with self-etching adhesive resin and polymerized (Magne et al., 2005). The application of this resin layer is often associated to the application of a thin layer of composite resin to fill the retentive zones of the pulp chamber without tissue elimination by drilling (Fig. 7). This first impregnation of resin assures the seal of the system during the laboratory phase (Rocca and Krejci, 2007).

On the second molar, which is intended to receive a composite resin inlay, the canal entrances are also sealed with adhesive resin prior to impression taking (Fig. 7).

An impression of the preparations is performed using an addition silicone material of average viscosity and the indirect restorations fabricated in the laboratory. A temporary restoration is made of self-cured resin or unbonded light-cured composite resin. Upon a reception of the composite restorations, they are tried in mouth and adjusted if needed (Fig. 8). Adaptations of contact points should always be done prior to bonding. At this stage, the conformity of the restoration's color is also verified.



**Fig. 5 :** Préparation cavitaire : substance résiduelle après l'éviction de l'ancienne obturation en amalgame.

*Cavity preparation: residual substance after removal of old amalgam restoration.*



**Fig. 6 :** Scellement adhésif immédiat de la cavité.

*Immediate sealing of the cavity.*



**Fig. 7 :** Vue occlusale des préparations cavitaires avant la prise d'empreinte.

*Occlusal view of the cavity preparations before impression taking.*



**Fig. 8 :** Les pièces prothétiques réalisées en laboratoire.

*Prosthetic workpieces fabricated in laboratory.*

Une fois cette vérification terminée, les intrados sont sablés à l'aide d'une microsableuse de laboratoire, conditionnés à l'aide d'un silane, imprégnés de résine de liaison, et stockés à l'abri de la lumière ambiante à l'aide d'un filtre jaune. Pendant ce temps, les surfaces cavitaires sont également sablées (Fig. 9), puis enduites de résine de liaison et de composite de scellement (Rocca et Krejci, 2007). Un composite de scellement à activation lumineuse peut être utilisé lorsque l'épaisseur des pièces de laboratoire n'excède pas 4 mm d'épaisseur, et pour autant que l'on utilise une source lumineuse à haute énergie : 1000 mW/cm<sup>2</sup> (Park et coll., 2004). Dans ce cas, le temps d'irradiation est de 60 sec par face. L'utilisation de résines de scellement à activation duale (chimique et lumineuse) est également possible en présence d'onlays d'épaisseur et d'opacité plus grande (Hikita et coll., 2007 ; Asmussen et Peutzfeldt, 2006).

Following this verification, the undersurface is sandblasted using a laboratory sandblaster, conditioned with a silane, impregnated with bonding resin, and stored shielded from the ambient light using a yellow filter. During this time, the cavity surfaces are also sandblasted (Fig. 9), then coated with bonding resin and luting composite (Rocca and Krejci, 2007). A bonding composite with light activation can be used when the thickness of the laboratory work does not exceed 4mm and as far as a light source with high energy (1000 mW/cm<sup>2</sup>) is used (Park et al., 2004). In this case, the time of radiation is 60sec per surface. The use of dual cured (chemical and light) bonding resins is also possible in onlays of higher thickness and opacity (Hikita et al., 2007 ; Asmussen and Peutzfeldt, 2006).



**Fig. 9 :** Traitement adhésif de la cavité avec sablage du substrat composite.

*Adhesive treatment of the cavity by sandblasting the composite resin substrate.*



**Fig. 10 :** Les restaurations terminées à une semaine du scellement.

*Finished restorations, one week after bonding.*

L'aspect des restaurations finales est présenté dans la **Figure 10**. On observe une parfaite intégration de l'inlay et de l'endocrown sur ces deux molaires supérieures.

## Restauration prothétique avec ancrage radiculaire

Dans le cas clinique présenté (**Fig. 11 à 18**), les pertes tissulaires résultant de la fracture de la cuspide palatine de la première prémolaire nous ont orienté vers le choix d'une reconstruction indirecte à l'aide d'une couronne céramo-céramique (**Fig. 11**). Un faux-moignon en composite armé de fibres de verre et ancré dans la partie supérieure du canal a servi de base à cette construction.

La cuspide fracturée a été au préalable restaurée à l'aide d'une résine composite afin d'assurer des conditions de travail optimales lors du traitement endodontique (restauration pré-endodontique). Ainsi il a été possible de mettre en place la digue sans difficulté, de créer un réservoir pour les irrigants endodontiques, d'assurer l'étanchéité coronaire pendant les phases transitoires.

Après élimination du matériau d'obturation provisoire situé sur la face occlusale, la cavité d'accès et les entrées canalaies ont été nettoyées à l'aide d'un insert ultrasonore diamanté (**Fig. 12**). L'utilisation de ce type d'insert permet d'éliminer les débris de surface tout en conservant le maximum de structure dentaire résiduelle. Les inserts sont également utilisés pour ouvrir l'isthme

The final restorations are presented in the **Figure 10**. A perfect integration of inlay and endocrown on these two upper molars is shown.

## Prosthetic restoration with radicular anchoring

In the clinical case presented (**Fig. 11 to 18**), tissue losses resulting from the palatal cusp fracture of the first premolar directed us to the choice of an indirect reconstruction with an all-ceramic crown (**Fig. 11**). A core build-up in composite reinforced with glass fibers and anchored in the upper part of the canal will be used as a foundation to this construction.

The fractured cusp was initially restored with a composite resin to assure optimal working conditions during endodontic treatment (pre-endodontic restoration). It was thus possible to place a rubber dam without any difficulty, to create a reservoir for endodontic irrigants and to assure the coronal seal during transitory phases.

After removal of the temporary filling material situated on the occlusal surface, the access cavity and the canal entrances are cleaned with an ultrasonic diamond tip (**Fig. 12**). The use of this tip helps eliminate the surface debris while preserving the maximum of residual tooth structure. These tips are also used to open the inter-canal isthmus and eliminate gutta per-



inter-canaire et éliminer la gutta percha et la dentine canalaire superficielle polluée par les solvants endodontiques. La profondeur de la préparation canalaire n'excède pas 4 mm.

Pour la réalisation de l'ancrage radiculaire, il a été fait appel à la technique de collage indirect d'un tenon fibré souple. Dans un premier temps la surface dentinaire est imprégnée à l'aide du conditionneur et les excès de solvant sont éliminés par aspiration (**Fig. 13**).

La surface dentinaire et les entrées canalaire sont alors recouvertes de résine de liaison qui est condensée contre les parois canalaire à l'aide d'un condenseur en téflon et photo-polymérisée. En raison de la faible profondeur de la préparation canalaire qui n'excède pas 4 mm de profondeur, la photopolymérisation est possible (**Fig. 14**).

cha and superficial canal dentin contaminated by endodontic solvents. The canal preparation depth does not exceed 4 mm.

For radicular anchoring, the indirect bonding technique with a flexible fiber post was performed. At first, dentin surface is impregnated with the conditioner and the solvent excess is eliminated by aspiration (**Fig. 13**).

The dentin surface and the canal entrances are then covered with bonding resin which is condensed against the canal walls by a Teflon plugger and then light-cured. Due to the weak depth of the canal preparation (not exceeding 4mm), photopolymerization is possible (**Fig. 14**).



**Fig. 11** : Reconstruction prothétique de la première prémolaire : vue de l'accès occlusal au plancher pulpaire.

*Prosthetic reconstruction of the first premolar : view from the occlusal access to the pulpal floor.*



**Fig. 12** : Préparation du 1/3 cervical et de l'isthme à l'aide d'un insert ultrasonore diamanté

*Preparation of the cervical 1/3 and the isthmus with an ultrasonic diamond tip*



**Fig. 13** : Scellement adhésif des préparations canalaire par une résine de liaison hydrophobe.

*Sealing of the canal preparations by an intermediate hydrophobic resin.*



**Fig. 14** : Utilisation d'un condenseur en téflon afin de préserver l'espace du futur ancrage.

*Use of a Teflon plugger to preserve the space for future radicular post.*

Après retrait du condenseur en téflon, le canal est injecté de résine fluide et le tenon souple introduit dans le logement canalaire (Fig. 15). L'ensemble fibres de renfort-résine fluide est alors polymérisé pendant 120 sec. Puis l'ensemble de la cavité est restauré à l'aide d'une résine composite hybride de restauration qui est taillé pour réaliser le moignon prothétique (Fig. 16). Dès la réception de la couronne prothétique, celle-ci est scellé à l'aide de résine composite de scellement (Fig. 17). Une radiographie de contrôle (Fig. 18) est réalisée pour contrôler l'absence d'excès de composite de scellement et la bonne adaptation marginale de la couronne céramo-céramique.

After withdrawal of the Teflon plugger, the canal is injected with flowable resin and the flexible post introduced into the canal space (Fig. 15). The ensemble of reinforced fiber post -flowable resin is then polymerized during 120s. The whole cavity is then restored with a restorative hybrid composite resin which is prepared to make a prosthetic core (Fig. 16). From its reception, the prosthetic crown is fixed with bonding composite resin (Fig. 17). A control radiography (Fig. 18) is made to control the absence of bonding composite excess and the good marginal adaptation of the all ceramic crown.



**Fig. 15 :** Vue latérale du tenon souple en fibre après scellement.  
*Lateral view of the flexible fiber post after bonding.*



**Fig. 16 :** Le moignon adhésif avant l'empreinte.  
*Adhesive core before impression taking.*



**Fig. 17 :** La couronne prothétique une semaine après scellement.  
*Prosthetic crown one week after bonding.*



**Fig. 18 :** Radiographie de contrôle.  
*Controlled radiography.*

## Conclusion

Si l'utilisation de couronnes céramo-métalliques supportées par des ancrages intracanaux reste à ce jour la technique de référence, d'autres options faisant appel à des restaurations directes en composite ou des restaurations indirectes de type endocrown ou des couronnes céramo-céramiques peuvent également être indiquées pour restaurer l'esthétique et la fonction des dents non-vitales.

Although the use of metal-ceramic crowns supported by intracanal anchorings presently remains the technique of reference, other options such as direct composite restorations, indirect restorations of endocrown type or all-ceramic crowns can also be indicated to restore the aesthetics and function of non-vital teeth.

### Remerciements

Tous nos remerciements à Mr Sylvain Carciofo, technicien du laboratoire de la Section de Médecine dentaire, pour la réalisation des travaux odonto-techniques.

### Acknowledgement

All our thanks to Mr Sylvain Carciofo, technician of the laboratory, Dental Medicine section, for performing the dental-technical works.

Traduction : Ngampis SIX

Demande de tirés-à-part : Docteur Giovanni ROCCA - Université de Genève - 19 Rue Barthélémy-Menn - CH-1205 Genève - SUISSE.

## bibliographie

ASMUSSEN E., PEUTZFELDT A.  
Bonding of dual-curing resin cements to dentin.  
*J Adhes Dent* 2006;**8**:299-304.

BINDL A., MÖRMANN W.H.  
Clinical evaluation of adhesively placed Cerec endo-crowns after 2 years--preliminary results.  
*J Adhes Dent* 1999;**1**:255-265.

BOUILLAGUET S., TROESCH S., WATAHA J.C., KREJCI I., MEYER J.M., PASHLEY D.H.  
Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater* 2003;**19**:199-205.

BOUILLAGUET S., BERTOSSA B., KREJCI I., WATAHA J.C., TAY F.R., PASHLEY D.H.  
Alternative adhesive strategies to optimize bonding to radicular dentin. *J Endod* 2007;**33**:1227-1230.

BRAGA R.R., FERRACANE J.L.  
Alternatives in polymerization contraction stress management. *Crit Rev Oral Biol Med* 2004;**15**:176-184.

FARZANEH M., ABITBOL S., LAWRENCE H.P., FRIEDMAN S.  
Toronto Study. Treatment outcome in endodontics-the Toronto Study. Phase II: initial treatment.  
*J Endod* 2004;**30**:302-309.

FERRACANE J.L.  
Developing a more complete understanding of stresses produced in dental composites during polymerization.  
*Dent Mater* 2005;**21**:36-42.

FERRARI M., VICHI A., MANOCCHI F., MASON P.N.  
Retrospective study of the clinical performance of fiber posts. *Amer J Dent* 2000;**13**:10B-13B

GRANDINI S., GORACCI C., MONTICELLI F., BORRACCHINI A., FERRARI M.  
SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *J Adhes Dent* 2005;**7**:235-240.

HIKITA K., VAN MEERBEEK B., DE MUNCK J., IKEDA T., VAN LANDUYT K., T. MAIDA T., LAMBRECHTS P., PEUMANS M.  
Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. *Dent Mat* 2007;**23**:71-80.

KISHEN A., KUMAR G.V., CHEN N.N.  
Stress-strain response in human dentine: rethinking fracture predilection in postcore restored teeth.  
*Dent Traumat* 2004;**20**:90-100.

KREJCI I., DUC O., DIETSCHI D., DE CAMPOS E.  
Marginal adaptation, retention and fracture resistance of adhesive composite restorations on devital teeth with and without posts. *Oper Dent* 2003;**28**:127-135.

MAGNE P., KIM T.H., CASCIONE D., DONOVAN T.E.  
Immediate dentin sealing improves bond strength of indirect restorations. *J Prosth Dent* 2005;**94**:511-519.

MANHART J., CHEN H., HAMM G., HICKEL R.  
Buonocore memorial lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent* 2004;**29**:481-508.



MORRIS M.D., LEE K.W, AGEE K.A.,  
BOUILLAGUET S., PASHLEY D.H.

Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces.  
*J Endod* 2001;**27**:753-757.

PARK S.H., KIM S.S., CHO YS, LEE C.K., NOH B.D.

Curing units' ability to cure restorative composites and dual-cured composite cements under composite overlay.  
*Oper Dent* 2004;**29**:627-663.

PETTIETTE M.T., PHILLIPS C., TROPE M.

Effect of endodontic instrument taper on post retention.  
*J Endod* 2003;**29**:65-68.

PONTIUS O., HUTTER J.W.

Survival rate and fracture strength of incisors restored with different post and core systems and endodontically treated incisors without coronoradicular reinforcement.  
*J Endod* 2002;**28**:710-715.

RAY H.A., TROPE M.

Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration.  
*Int Endod J* 1995;**28**:12-18.

REEH E.S., MESSER H.H., DOUGLAS W.H.

Reduction in tooth stiffness as a result of endodontic and restorative procedures.  
*J Endod* 1989;**15**:512-516.

ROBBINS J.W., SCHWARTZ R.

Restoration of endodontically treated teeth.  
In: Summit JB, Robbins JW, Schwartz R. Fundamentals of operative dentistry A contemporary approach.  
*Quintessence Publishing Co Inc, Chicago, 2001*;546-566.

ROCCA G.T., KREJCI I.

Bonded indirect restorations for posterior teeth :  
From cavity preparation to provisionalization.  
*Quintess Int* 2007;**3**:371-379.

ROCCA G.T., KREJCI I.

Bonded indirect restorations for posterior teeth :  
The luting appointment.  
*Quintess Int* 2007;**38**:543-553.

ROSHAN D., CURZON M.E., FAIRPO C.G.

Changes in dentists' attitudes and practice in paediatric dentistry.  
*Eur J Paediat Dent* 2003;**4**:21-27.

RUDDLE C.J.

Nickel-titanium rotary instruments: Current concepts for preparing the root canal system.  
*Aust Endod J* 2003;**29**:87-98.

SALEHRABI R., ROTSTEIN I.

Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA : an epidemiological study.  
*J Endod.* 2004;**30**:846-850.

SIRIMAI S., RIIS D.N., MORGANO S.M.

An in vitro study of the fracture resistance and the incidence of vertical root fracture of pulpless teeth restored with six post-and-core systems.  
*J Prosth Dent* 1999;**81**:262-269.

STAEHLE H.J.

Minimally invasive restorative treatment.  
*J Adhes Dent* 1999;**1**:267-284.

TAY F.R., LOUSHINE R.J., LAMBRECHTS P.,

WELLER R.N., PASHLEY D.H.  
Geometric factors affecting dentin bonding in root canals :  
A theoretical modelling approach.  
*J Endod* 2005;**31**:584-589.

TJAN A.H., NEMETZ H.

Effect of eugenol-containing endodontic sealer on retention of prefabricated posts luted with adhesive composite resin cement.  
*Quintess Internat* 1992;**23**:839-844.