

# ProTaper® obturators : le Thermafil® revisité.

**Mots clés :**

Obturation canalaire  
Gutta percha  
Thermafil



*ProTaper® obturators :  
Thermafil® revisited.*

**Keywords :**

Root canal obturation  
Gutta percha  
Thermafil

Pierre MACHTOU\*, François BRONNEC\*\*

\* PU-PH - Groupe Hospitalier Pitié Salpêtrière, Paris.

\*\* Ancien Interne - Assistant Hospitalier Universitaire - Groupe Hospitalier Pitié Salpêtrière, Paris.

**r é s u m é** Depuis sa commercialisation, le Thermafil® a fait l'objet de critiques, concernant pour l'essentiel son manque de contrôle du niveau de l'obturation. Pourtant, des modifications dans la mise en œuvre clinique de cette technique permettent d'en limiter les inconvénients et de la rendre davantage prédictible. Cette technique d'obturation canalaire permet en effet d'obtenir d'excellents résultats, notamment pour l'obturation des canaux longs et courbes, dans la limite de ses indications et dès lors qu'un protocole strict est suivi.

**abstract** Since its first introduction in endodontics, Thermafil® obturation system has been criticized for its lack of reproducibility and its tendency for apical extrusion. Slight modifications of the conventional method of use are necessary to obtain more predictable results. Thermafil still remains one of the best techniques for a three dimensional obturation of complex root canal systems and is particularly appropriate for long and curved root canals, as long as the detailed protocol described in this article is followed.

soumis pour publication le 10/10/06  
accepté pour publication le 17/01/07



Plusieurs techniques et systèmes d'obturation canalaire sont actuellement disponibles. Il n'existe cependant pas de preuve démontrant la supériorité clinique d'une technique sur les autres, dans la mesure où le résultat du traitement endodontique, c'est-à-dire le pronostic, est influencé par de multiples variables (Chu et coll., 2005).

La première approche codifiée du traitement endodontique est due à H. Schilder, qui à la fin des années 60 a intimement relié l'étape de mise en forme à celle de l'obturation (Schilder 1967). Pour la première fois, les techniques de mise en forme et d'obturation étaient conçues pour être complémentaires, les résultats de l'obturation dépendant du respect des critères de mise en forme canalaire.

Bien que relativement récent, le Thermafil® est certainement le système d'obturation canalaire qui a fait l'objet du plus grand nombre d'évaluations depuis son apparition dans les années 1990. Pour preuve, une recherche bibliographique sur PubMed ne recense pas moins de 106 références bibliographiques sur le sujet. Cependant, il s'agit essentiellement d'études *in vitro* évaluant l'étanchéité apicale, et celles-ci présentent des résultats souvent contradictoires, liés à une hétérogénéité dans les protocoles de mise en œuvre. Ainsi, les résultats sont meilleurs (Gencoglu et coll., 2002), égaux (Bhambhani et coll., 1994) ou inférieurs (Kytridou et coll., 1999) en comparaison aux autres techniques d'obturation. De plus, la validité scientifique de ces tests *in vitro* est actuellement remise en question pour évaluer du comportement clinique des matériaux d'obturation (Pommel et coll., 2001 ; Karagenc et coll., 2006).

Dès son introduction, le système Thermafil® a fait l'objet de nombreuses critiques au niveau de sa mise en œuvre clinique :

- Présence initiale d'un tuteur métallique, remplacé dans les versions actuelles par un tuteur en plastique, compliquant la préparation d'un logement de tenon et le retraitement (Zuolo et coll., 1994).
- Présence intrinsèque d'un tuteur au sein de la masse de Gutta Percha, avec la possibilité de contact du tuteur avec les parois, voire avec les tissus desmodontaux au niveau du foramen (Rapisarda et coll., 1999).
- Manque de contrôle apical du niveau de l'obturation (excédent de GuttaPercha, extrusion du tuteur) (Clinton et coll., 2001).

À ces critiques, on peut rajouter, d'un point de vue pratique, les inconvénients suivants :

- Excédent de matériaux dans la cavité d'accès, compliquant l'obturation de canaux multiples au niveau des pluriradiculées.

Several root canal obturation techniques and systems are presently available. No evidence, however, has been demonstrated concerning the clinical superiority of one over the other techniques as far as the result of endodontic treatment or prognosis is influenced by several variables (Chu et al., 2005).

At the end of the 60s, the first global approach of endodontic treatment has been systematized by H. Schilder who closely related root canal shaping to canal obturation (Schilder 1967). For the first time, root canal shaping and obturation techniques were considered to be complementary and the results of canal obturation depend on the respect of root canal shaping criteria.

Although relatively recent, Thermafil® is certainly the canal obturation system which has been subject to the largest number of evaluations since its introduction in the 1990s. A bibliographical search on PubMed on the subject counts not less than 106 bibliographical references.

However, most publications essentially concern *in vitro* studies evaluating the apical seal and the results are often contradictory related to the heterogeneity of application protocols. The results have thus been reported to be better (Gencoglu et al., 2002), equivalent (Bhambhani et al., 1994) or inferior (Kytridou et al., 1999) in comparison to the other obturation techniques. Moreover, the scientific validity of these *in vitro* tests is at present questioned to evaluate clinical behaviors of canal obturation materials (Pommel et al., 2001; Karagenc et al., 2006).

Since its introduction, Thermafil® system has been the subject of numerous criticisms for its clinical application :

- Initial presence of a metal carrier, replaced in the current versions by a plastic carrier, complicating further post space preparation and endodontic retreatment (Zuolo et al., 1994).
- Intrinsic presence of a carrier within the gutta percha mass, with the possibility of contact of the carrier to root canal walls even to periodontal tissues at the apical foramen (Rapisarda et al., 1999).
- Lack of apical control during obturation (excess of gutta percha, extrusion of the carrier) (Clinton et al., 2001).

From a practical point of view, the following disadvantages can be also added :

- Excess of materials in the access cavity complicating the obturation of multiple canals in multirooted teeth.





- Difficulté d'accès et manque de visibilité dus à l'encombrement spatial du manche de l'obturateur, notamment dans les secteurs postérieurs et au niveau des dents à canaux multiples en rapport avec l'étroitesse de la chambre pulpaire.

## Avantages

En revanche, il existe avec le Thermafil® un aspect positif, qui a rarement été pris en compte dans les techniques d'obturation. Celui-ci concerne la masse globale de Gutta Percha par rapport au film de ciment (Jarrett et coll., 2004). En effet, le Thermafil est la seule technique où l'on est sûr d'avoir de la Gutta Percha thermoplastifiée au niveau apical de l'obturation (Gencoglu et coll., 2003), zone qui présente le plus d'irrégularités. Par ailleurs, c'est avec le Thermafil que l'épaisseur du film de ciment est la plus faible (Weis et coll., 2004), ce qui rend possible une pénétration de Gutta Percha et de ciment dans les canalicules dentinaires, lorsque la boue dentinaire a été éliminée (De Deus et coll., 2004).

Enfin, il s'agit bien d'une technique de gutta chaude respectant les principes de la condensation verticale, le tuteur agissant comme un fouloir qui déplace une vague unique et continue de Gutta Percha en direction apicale. La viscosité très inférieure de la Gutta Percha Thermafil® est un facteur favorisant son écoulement et son adaptation aux parois canalaire (Gencoglu et coll., 1993), sans nécessiter une force de condensation importante, ni générer de contrainte au niveau des parois radiculaires (Blum et coll., 1998).

## Limites

Contrairement à ce qui est fréquemment écrit, le Thermafil® n'est pas, à notre avis, une technique universelle : elle est inappropriée pour l'obturation des canaux présentant des butées ou des divisions canalaires, le canal mis en forme ne devant pas présenter d'obstacle à la mise en place de l'obturateur et à l'écoulement de la Gutta Percha. De plus c'est une technique qui n'a pas d'intérêt au niveau des monoradiculées, dont les canaux sont le plus souvent droits et larges.

En revanche, c'est la technique de choix pour l'obturation des canaux longs, étroits et courbes que l'on retrouve au niveau des racines des molaires (Leung et coll., 1994).

- Difficulty of access and lack of visibility due to the spatial obstruction of the obturator's handles, notably in the posterior sectors and in teeth with multiple canals due to the narrowness of the pulp chamber.

## Advantages

On the other hand, Thermafil® presents a positive aspect which was rarely taken into account in obturation techniques concerning the global mass of gutta percha with regard to the sealer film thickness (Jarrett et al., 2004). Indeed, Thermafil is the only obturation technique certainly providing thermoplastified gutta percha at the apical zone presenting the most irregularities (Gencoglu et al., 2003). The sealer film thickness when obturated with Thermafil is moreover the thinnest (Weis et al., 2004). A penetration of gutta percha and cement in dentinal tubules when dentin smear layer was eliminated is thus possible (De Deus et al., 2004).

Finally, it is indeed a warm gutta percha technique respecting the vertical compaction principles and the carrier, acting as a plugger, displaces a unique and continuous wave of gutta percha in an apical direction. The very low viscosity of Thermafil® gutta percha favors its flow and its adaptation to canal walls (Gencoglu et al., 1993) without requiring a high condensation force and no stress generation at the radicular walls (Blum et al., 1998).

## Limitations

To our opinion and contrary to a frequent report, Thermafil® is not a universal technique. It is inappropriate for obturation of ledged canals or canals presenting canal divisions. The shaped canal must not present any obstacle to the obturator placement and the flow of gutta percha. Furthermore this technique presents no interest in single rooted teeth with mostly straight and wide canals.

On the other hand, it is the obturation technique of choice in long, narrow and curved canals found in the roots of molars (Leung et al., 1994).





En outre, elle est sans aucun doute la technique la moins opérateur-dépendant pour obtenir des résultats reproductibles, dès lors qu'un protocole strict, tel que décrit dans cet article, est scrupuleusement suivi.

On peut aujourd'hui affirmer, sans risque d'erreur, que tous les problèmes rencontrés dans le passé avec le Thermafil® étaient directement liés au non-respect des principes de mise en forme canalaire.

Donc, comme pour les autres techniques d'obturation faisant appel à la thermoplastification de Gutta Percha, la mise en forme requise lors de la préparation canalaire doit répondre aux critères décrits par H. Schilder (1974) :

- Respect de la trajectoire canalaire
- Obtention d'une forme conique continue
- Maintien de la position du foramen
- Maintien de l'étroitesse du foramen

La mise en forme obtenue lors de l'utilisation du système ProTaper® Universal (Dentsply Maillefer) permet d'atteindre ces objectifs mécaniques (Peters et coll., 2003). Des obturateurs spécifiques de la gamme Thermafil (ProTaper® Universal Obturators) ont été conçus pour correspondre parfaitement à la mise en forme obtenue avec les instruments de finition apicale (Fig. 1).

## Etapas cliniques

### Sélection de l'obturateur (Fig. 2 à 5)

Le choix de l'obturateur est fait après essayage d'un tuteur dénudé de GuttaPercha (elle est facilement retirée à froid entre le pouce et l'index), et non basé sur l'utilisation des Verifiers®.

Le premier tuteur essayé sera celui, qui correspond au calibre de la dernière lime de finition apicale. Pour le choix définitif de l'obturateur, on recherchera le blocage du tuteur à 1 mm de la longueur de travail (établie avec un localisateur d'apex et contrôlée radiographiquement). Ceci afin de ménager de l'espace pour la Gutta Percha dans le tiers apical car l'obturateur joue le rôle d'un fouloir en fin d'insertion, déplaçant la gutta percha et générant la pression hydraulique nécessaire à l'obturation tridimensionnelle (Robinson et al. 2004).

Cette longueur est matérialisée sur le tuteur avec un stop en silicone placé sur le point de référence

This technique is besides undoubtedly the least operator-dependent to obtain reproducible results providing that a strict protocol, such as described in this article, is scrupulously followed.

We can assert today, without risk of error, that all the problems encountered in the past with Thermafil® were directly related to the non respect of canal shaping principles.

Like the other obturation techniques requiring the thermoplastification of gutta percha, the required canal shape following the canal preparation must therefore respond to the criteria described by H. Schilder (1974) :

- Respect of the root canal path
- Obtaining of a continuous tapered shape
- Maintenance of the foramen position
- Maintenance of the foramen as small as practical

Canal shape obtained following a canal preparation with ProTaper® Universal system (Dentsply Maillefer) is reported to achieve these mechanical objectives (Peters et al., 2003). Specific Thermafil obturators (ProTaper® Universal Obturators) are designed to perfectly match the canal shape obtained with the instruments for apical finishing (Fig. 1).

## Clinical steps

### Selection of the obturator (Fig. 2 to 5)

The obturator is selected after a trial of a carrier devoid of gutta percha which is easily removed in cold with fingers, between the thumb and the index. This selection is not based on the use of Verifiers®.

The first tried carrier corresponds to the size of the last file used for apical finishing. The definitive selected obturator will correspond to the plastic carrier that binds 1 mm short of the working length (established with an apex locator and controlled radiographically) providing a space for gutta percha in the apical third. The obturator plays the role of a plugger displacing the gutta percha at the end of insertion and generating the hydraulic pressure necessary for the three-dimensional obturation (Robinson et al., 2004).

A rubber stopper is placed on the carrier to mark this length on the chosen coronal reference





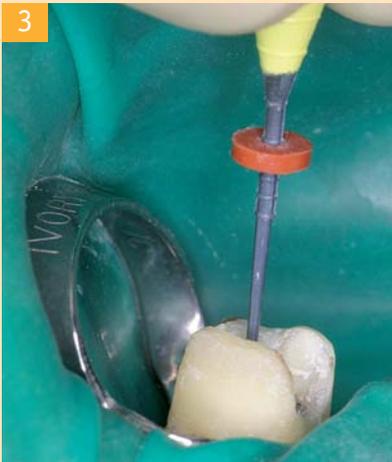
1



2



3



4



5



coronaire choisi. À l'instar de la radiographie classique « cônes en place », la prise d'une radiographie « tuteur en place » est conseillée si l'on veut réellement objectiver le positionnement correct du tuteur. Cette manière de faire évite tout risque de dépassement du tuteur lors de l'obturation.

### Préparation de l'obturateur (Fig. 6 à 9)

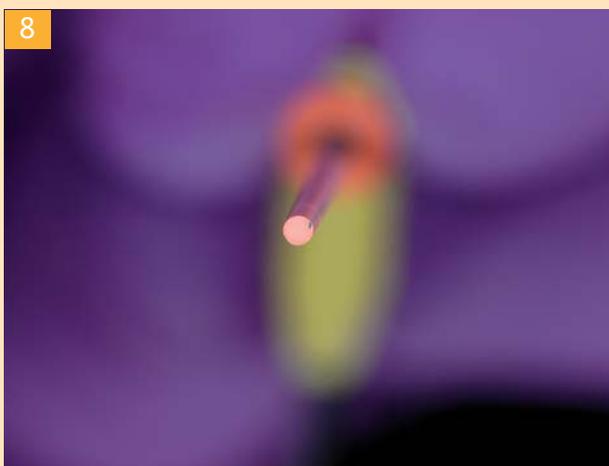
Pendant le séchage du canal, l'obturateur sélectionné est immergé dans une solution d'hypochlorite de sodium pendant 2 minutes afin de le désinfecter. Une portion de Gutta Percha à l'extrémité apicale de l'obturateur est éliminée à l'aide d'un bistouri jusqu'à exposer l'extrémité du tuteur, ceci afin de limiter l'extrusion apicale de Gutta Percha (Cantatore et coll., 2005).

point. As in the case of classic « cone fit » radiography, a « carrier fit » radiography is advised to verify the correct position of the carrier and to avoid any risk of carrier extrusion during obturation.

### Preparation of the obturator (Fig. 6 to 9)

During the canal drying, the selected obturator is immersed in a solution of sodium hypochlorite for 2 minutes for disinfection. In order to limit an apical extrusion of gutta percha, a portion of gutta percha at the apical extremity of the obturator is eliminated by a scalpel until the carrier extremity is exposed (Cantatore et al., 2005).





De la même façon, en fonction de la longueur du canal, une portion variable de la Gutta Percha coronaire est retirée afin de limiter les excédents dans la cavité d'accès (Pertot et coll., 2004). Le stop en silicone est ajusté sur l'obturateur au niveau du point de référence de blocage du tuteur.

## Chauffage de l'obturateur (Fig. 10 à 14)

L'obturateur est installé dans l'un des ascenseurs de la cuve ThermaPrep® et le programme correspondant au calibre de l'obturateur est sélectionné. Pendant la durée du cycle de chauffage, le ciment PCS® EWT de Kerr® est préparé sur une plaque de verre : il doit présenter une consistance légèrement moins visqueuse que pour une obturation en condensation verticale.

In the same way, according to the canal length, a variable portion of coronal gutta percha is removed from the obturator to limit any excess in the access cavity (Pertot et al., 2004). The rubber stopper is adjusted on the obturator at the reference point corresponding with the blockage of the carrier.

## Heating of the obturator (Fig. 10 to 14)

The obturator is installed in one of the chambers of the ThermaPrep® oven and the program corresponding to the obturator size is selected. During the heating cycle duration, the PCS® EWT sealer (Kerr®) is prepared on a glass slab. The sealer consistency must be slightly less viscous than in case of obturation with the warm vertical compaction technique.



10



11



12



13



14



L'enduction du canal est réalisée à l'aide d'une pointe de papier sur toute la longueur du canal. Afin d'obtenir le film de ciment le plus fin possible, une seconde pointe de papier est introduite dans le canal et balayée circonférentiellement pour éliminer tout excès de ciment.

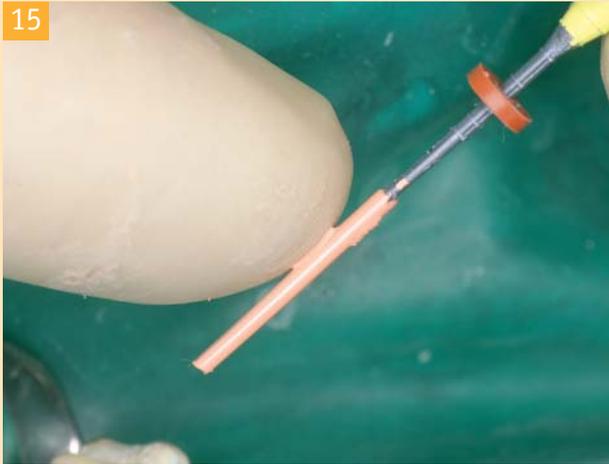
### Mise en place de l'obturateur (Fig. 15 à 20)

L'obturateur est délicatement retiré de la cuve. À ce stade, il est recommandé de vérifier la plasticité de Gutta Percha recouvrant le tuteur avec la pulpe d'un doigt ganté. Celle-ci doit coller sur le gant. À l'aide d'une pince hémostatique fine, on saisit l'obturateur au niveau du point de référence matérialisé par le stop en silicone et on sectionne le manche de ce dernier.

Canal coating is performed with a paper point coated with sealer and on all over the canal length. To obtain the thinnest possible sealer film, a second paper point is introduced into the canal and swept circumferentially to eliminate any sealer excess.

### Placement of the obturator (Fig. 15 to 20)

The obturator is delicately removed from the oven. At this stage, it is recommended to verify the plasticity of gutta percha covering the carrier with the pulp of a gloved finger. The gutta percha must stick on the glove. The obturator is grasped with a fine haemostatic forcep at the reference point level. The coronal part of the obturator above, including the handle, is then sectionned.





21

L'utilisation d'une pince hémostatique permet un bon dégagement du champ visuel et de la zone de travail, tout en offrant une précision et un contrôle inégalé lors de l'insertion de l'obturateur dans le canal, ainsi qu'une butée fiable lorsque la longueur de travail est atteinte. L'obturateur est inséré sans précipitation, dans un mouvement continu (en 5 secondes) jusqu'au point de référence, puis maintenu en place pendant dix secondes supplémentaires, pour pallier la contraction de refroidissement. Une insertion trop rapide aboutit fréquemment à une sur-obturation, alors qu'une insertion trop lente expose à une risque de sous-obturation (Levitan et coll., 2003).

La Gutta Percha est compactée latéralement au tuteur avec un fouloir de condensation verticale au niveau des orifices des canaux larges, ou de section ovale.

### Section du tuteur (Fig. 21)

La section du tuteur est réalisée avec une fraise Thermacut® montée sur turbine sans spray. Elle peut intervenir après obturation des autres canaux si une vérification radiographique de l'obturation est souhaitée, ou avant d'obturer les autres canaux, si l'on en a protégé les entrées des débris avec une boulette de coton.

### Finition (Fig. 22)

La Gutta Percha en excès dans la chambre pulpaire est éliminée à l'aide d'un excavateur endodontique, avant de compacter la Gutta Percha au niveau des orifices et du plancher. Les parois de la cavité d'accès peuvent être nettoyées avec une boulette de coton trempée dans de l'alcool éthylique, pour éliminer les résidus de ciment.



22

The use of a haemostatic forcep allows a good vision of the operative field while offering precision and unequalled control during the obturator insertion in the canal, as well as a reliable stop when the working length is reached. The obturator is inserted without precipitation in a continuous movement (within 5 seconds) until reaching the reference point, then maintained in place for additional ten seconds to compensate for the cooling contraction. A too fast insertion ends frequently in an overfilling, while a too slow insertion presents a risk of underfilling (Levitan et al. 2003).

Gutta percha is compacted laterally to the carrier with a vertical plugger at the orifices of large or oval-cross sectioned canals.

### Cutting off the carrier (Fig. 21)

The cutting of the carrier is performed with a Thermacut® bur mounted on a high speed handpiece without water spray. It can be done after filling of the other canals if a radiographic check of the obturation is desired, or before filling the other canals if the entrances are protected with a cotton pellet from debris.

### Finishing (Fig. 22)

An excess of gutta percha in the pulp chamber is eliminated with an endodontic excavator before compacting gutta percha at the orifices level. The walls of the access cavity can be cleaned with a cotton pellet dipped with ethylic alcohol to eliminate the sealer remnants.



## Préparation d'un logement de tenon

Même s'il n'existe pas de preuve scientifique disponible (Rybicki et Zillich, 1994), il est préférable de différer la préparation du logement de tenon au rendez-vous suivant afin de permettre la prise effective du ciment. Les forets de Gates, Largo ou Peeso étant inefficaces pour la désobturation en vue de la réalisation du logement de tenon (voire néfastes car il y a risque de mobilisation ou de dépose du tuteur), il est recommandé d'utiliser la fraise PostSpace® Bur, spécialement conçue pour cette tâche. Une condensation de l'obturation résiduelle avec un fouloir de condensation verticale est nécessaire après la désobturation partielle du canal.

## Retraitement d'une obturation au Thermafil

La meilleure option est l'utilisation d'un insert ultrasonore d'endodontie (type ProUltra®) sans spray, ou d'un insert de System B® (température 200°C) pour plastifier la Gutta Percha latéralement au tuteur, suivie de l'utilisation d'une lime H pour lever le tuteur, ou d'une pince de Stieglitz si l'espace est suffisant pour assurer une préhension efficace. L'élimination de la Gutta Percha résiduelle est ensuite réalisée selon la technique Crown-Down avec les limes rotatives ProTaper® de retraitement par exemple. L'utilisation d'un solvant organique (Eucalyptol, Endosolv® E), selon la technique de buvard, permet enfin d'éliminer les résidus de matériaux d'obturation présents dans les irrégularités du système canalaire.

## Post space preparation

To allow an effective sealer setting, it is preferable to postpone post space preparation until the next appointment, even if no scientific evidence is available in this issue (Rybicki and Zillich, 1994). Gates-Glidden, Largo or Peeso drills are ineffective for the obturation removal with the aim to perform post space preparation and even disastrous because there is a risk of mobilization or removal of the carrier. It is recommended to use a PostSpace® Bur, specially designed for this task. A compaction of the remaining canal filling with a vertical plugger is necessary after the partial removal of the canal obturation.

## Retreatment of Thermafil fillings

The best option is to use an endodontic ultrasonic tip (ProUltra® type) without spray or a System B® tip (the temperature at 200°C) to plasticize gutta percha laterally to the carrier. Then the carrier is removed by the use of H file or Stieglitz forcep if the space is sufficient to assure an effective grasping. Residual gutta percha is then eliminated according to the Crown-Down technique with ProTaper® rotary files for retreatment for example. The use of an organic solvent (Eucalyptol, Endosolv® E), according to the wicking technique, finally allows an elimination of residual filling materials in the canal system irregularities.



## Conclusion

Bien utilisé, après une mise en forme adéquate du réseau canalaire, le Thermafil® est une technique d'obturation tri-dimensionnelle rapide, reproductible, non-opérateur dépendant et idéalement indiquée pour l'obturation des canaux longs et courbes ou à double courbure (Fig. 23 et 24).

When used appropriately following an adequate shaping of the root canal system, Thermafil® is a fast, reproducible three-dimensional technique of obturation, non-operator dependent and ideally indicated for filling of long and curved or S-shaped canals (Fig. 23 and 24).

Traduction : Ngampis SIX

Demande de tirés-à-part :

Docteur Pierre MACHTOU - Faculté de Chirurgie Dentaire - 5, rue Garancière - 75006 Paris.

## bibliographie

- BLUM J.Y., MACHTOU P., MICALLES J.P. Analysis of forces developed during obturations. Wedging effect: Part II. *J Endod* 1998;**24**(4):223-228.
- BHAMBHANI S.M., SPRECHMAN K. Microleakage comparison of thermafil versus vertical condensation using twodifferent sealers. *Oral Surg* 1994;**78**(1):105-108.
- CANTATORE G., BEN JOHNSON W. The Thermafil System. In : CASTELLUCCI A. - Endodontics. Volume 2. A, Éd. Il Tridente, Florence, 2005.
- CHU C.H., LO E.C., CHEUNG G.S. Outcome of root canal treatment using Thermafil and cold lateral condensation filling techniques. *Int Endod J* 2005;**38**(3):179-185.
- CLINTON K., VAN HIMEL T. Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *J Endod* 2001; **27**(11):692-695.
- DE DEUS G.A., GURGEL-FILHO E.D., MANIGLIA-FERREIRA C., COUTINHO-FILHO T. The influence of filling technique on depth of tubule penetration by root canal sealer: a study using light microscopy and digital image processing. *Aust Endod J* 2004;**30**(1): 23-28.
- GENCOGLU N., SAMANI S., GUNDAY M. Dentinal wall adaptation of thermoplasticized gutta-percha in the absence or presence of smear layer: a scanning electron microscopic study. *J Endod* 1993;**19**(11):558-562.
- GENCOGLU N., GARIP Y., BAS M., SAMANI S. Comparison of different gutta-percha root filling techniques : Thermafil, Quick-fill, System B, and lateral condensation. *Oral Surg* 2002;**93**(3):333-336.
- GENCOGLU N. Comparison of 6 different gutta-percha techniques (part II): Thermafil, JS Quick-Fill, Soft Core, Microseal, System B, and lateral condensation. *Oral Surg* 2003;**96**(1):91-95.
- JARRETT I.S., MARX D., COVEY D., KARMAZIN M., LAVIN M., GOUND T. Percentage of canals filled in apical cross sections - an in vitro study of seven obturation techniques. *Int Endod J* 2004; **37**(6):392-398.
- KARAGENC B., GENCOGLU N., ERSOY M., CANSEVER G., KULEKCI G. A comparison of four different microleakage tests for assessment of leakage of root canal fillings. *Oral Surg* 2006;**102**(1) :110-113.
- KYTRIDOU V., GUTMANN J.L., NUNN M.H. Adaptation and sealability of two contemporary obturation techniques in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J* 1999;**32**(6):464-474.
- LEVITAN M.E., HIMEL V.T., LUCKEY J.B. The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique. *J Endod* 2003;**29**(8):505-508.
- LEUNG S.F., GULABIVALA K. An in-vitro evaluation of the influence of canal curvature on the sealing ability of Thermafil. *Int Endod J* 1994;**27**(4):190-196.
- PERTOT W., SIMON S. Obturation du système canalaire. In : PERTOT WJ, SIMON S. - Le traitement endodontique. Ed: Quintessence Internat Paris, 2004.
- PETERS O.A., PETERS C.I., SCHONENBERGER K., BARBAKOW F. ProTaper rotary root canal preparation: effects of canal anatomy on final shape analysed by micro CT. *Int Endod J* 2003;**36**(2):86-92.
- POMMEL L., JACQUOT B., CAMPS J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. *J Endod* 2001;**27**(5):347-350.
- RAPISARDA E., BONACCORSO A., TRIPI TR. Evaluation of two root canal preparation and obturation methods: the Mc Spadden method and the use of ProFile-Thermafil. *Minerva Stomatol* 1999;**48**(1-2):29-38.
- RYBICKI R., ZILLICH R. Apical sealing ability of thermafil following immediate and delayed post space preparations. *J Endod* 1994;**20**(2):64-66.
- ROBINSON M.J., MCDONALD N.J., MULLALLY P.J. Apical extrusion of thermoplasticized obturating material in canals instrumented with Profile 0.06 or Profile GT. *J Endod* 2004;**30**(6):418-421.
- SCHILDER H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin N Amer* 1967:723-744.
- SCHILDER H. Cleaning and shaping the root canal. *Dent Clin N Amer* 1974;**18**(2):269-296.
- WEIS MV, PARASHOS P, MESSER HH. Effect of obturation technique on sealer cement thickness and dentinal tubule penetration. *Int Endod J* 2004;**37**(10):653-663.
- ZUOLO ML, IMURA N, FERREIRA MO. Endodontic retreatment of thermafil or lateral condensation obturations in post space prepared teeth. *J Endod* 1994;**20**(1):9-12.