

Analyse au microscope électronique à balayage et au rugosimètre d'impacts laser CO₂ sur la dentine

D. BOUVIER*, J.P. DUPREZ*, P. BONIN*, J. DUMAS**

* UFR d'Odontologie, Rue Guillaume Paradin, 69372 Lyon Cedex 08, France.

** Faculté des Sciences, Bd du 11 Novembre, 69100 Villeurbanne, France.

RÉSUMÉ

Cette étude a pour but d'observer et de quantifier les cratères produits par un tir focalisé discontinu au laser CO₂ (Lasersattm), avant et après élimination de la couche carbonisée par un aéropolisseur. Trente-trois molaires, extraites et indemnes de caries, sont coupées en deux dans le sens mésio-distal et leurs faces vestibulaires et linguales sont sectionnées pour donner une surface dentinaire plane. Vingt cratères sont réalisés par un tir focalisé discontinu sur chaque surface dentinaire. Les temps d'application et les puissances du rayonnement utilisés sont respectivement: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 seconde et 1, 2, 3, 4, 5 watts. Ces cratères sont analysés au microscope électronique à balayage et au rugosimètre, avant et après élimination de la couche carbonisée. Les résultats obtenus sont traités à l'aide du logiciel SIPHAR sur PC; nous obtenons un profil moyen du cratère pour chaque puissance et temps d'application utilisés. Les résultats sont les suivants: le diamètre est environ quatre fois plus grand que la profondeur avant élimination de la couche carbonisée et est cinq à six fois plus important après élimination de cette couche. Le diamètre et la profondeur des cratères sont plus importants après élimination de la couche carbonisée. La couche carbonisée a une épaisseur régulière sauf au fond du cratère où elle est plus faible que sur les parois. Avant élimination de la couche carbonisée le profil du cratère est un cône, après élimination de la couche, le profil est un cône tronqué. En conclusion, les cratères obtenus ne peuvent être considérés comme des ancrages efficaces pour d'éventuels collages dentinaires avec des composites; toutefois la surface d'adhésion s'en trouve considérablement accrue.

MOTS-CLÉS:

Laser CO₂. – Dentine – Microscopie électronique – Rugosimétrie – Adhésion.

SUMMARY

The aim of the study was to compare the morphology of craters produced on the dentinal surface by CO₂ laser beams (LASERSATtmCO₂) before and after the removal of the carbonized layer, besides with different settings of the power and duration of the laser beam.

Thirty-three recently extracted non carious young third molar teeth were sectionned from vestibular and lingual surfaces, exposing a planed dentinal surface. Twenty impacts were made on each of dentinal surface producing 20 individual craters. The duration and the power of each laser beam were different on each tooth. The duration varied from 0.1 to 0.4 second (0.1 - 0.2 - 0.3 - 0.4 s). The power varied from 1 to 5 watts (1, 2, 3, 4, 5 w).

Specimens obtained for a power of 3 and 4 watts and a duration of 0.1 and 0.2 second were examined with a JEOL 35CF (25 KV, magnification: × 30, × 110, × 200), before and after the removal of the carbonized layer. The carbonized layer of the craters was removed with an air polisher (HEATCO).

Craters obtained for all duration values as well as for all power values were analyzed with a profilometer. The chosen profilometer was: TALISURF 10; horizontal amplification Vh = 20; vertical amplification Vv = 200.

Samples were observed by a SEM and the craters depth and diameter were measured with a profilometer. Then, the carbonized layer of the craters was removed with an airpolisher and the cleaned dentinal surface was observed again with the SEM and the profilometer. Measurements were entered in a computer (using the SIPHAR program) in order to calculate the mean values of the depth, the diameter and the area, for all test conditions.

It appears that the carbonized layer is not adherent to the dentine and can be easily removed. From the mean values, we can conclude that the diameter is about four times larger than the depth for the no-cleaned craters and is about five to six times larger than the depth for the cleaned craters. The profiles of the craters cannot be used for retention pins in the composite adhesion but the adhesion area is increased after a laser beam.

KEY WORDS:

CO₂ laser – Dentine – Scanning electronic microscopy – Profilometer measure – Adhesion.

INTRODUCTION

Parmi les nombreuses applications du laser CO₂ sur les tissus durs de la dent, les cratères dentinaires, réalisés par ce laser, ont été utilisés lors des procédures de collage des composites (Sherman et coll., 1990; Cooper et coll., 1988). Les résultats de ces deux auteurs qui ont travaillé sur le même composite, divergent: Sherman a noté une diminution de l'adhésion après traitement laser, Cooper a conclu à une augmentation. Il semble donc intéressant d'étudier de quelle manière ces cratères peuvent jouer ou non un rôle dans l'adhésion.

Les cratères dentinaires ont été analysés aux microscopes optiques (Melcer, 1985; Piacentini et coll., 1989) et électronique (Lhuisset, 1979; De Raad et coll., 1988; Litovsky-Oules et coll., 1990), en surface et en coupe; mais leurs dimensions n'ont pas été encore clairement définies. Notre étude propose une analyse tridimensionnelle des cratères dentinaires réalisés par un tir focalisé *in vitro*, en fonction des paramètres puissance et durée du tir laser CO₂, et ceci avant et après élimination de la couche carbonisée.

Notre travail comprendra une étude au microscope électronique de la surface des cratères, une analyse au rugosimètre de leur profil ainsi qu'une modélisation des cratères obtenus à l'aide du logiciel SIPHAR sur matériel PC.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel

Nous avons utilisé un laser CO₂ - Lasersat - commercialisé par la maison Satelec de longueur d'onde 10,6 μm et d'une puissance maximale de 5 watts. Un microprocesseur permet la programmation du temps d'exposition de 0 à 9,9 secondes et de la puissance de 0,5 à 5 watts. Un support maintient la pièce à main et le faisceau laser perpendiculaire à l'échantillon et permet ainsi de garder constante la distance entre l'embout du laser et la surface dentinaire.

Préparation des dents

Des troisièmes molaires, extraites et indemnes de caries, de sujets jeunes (âge inférieur à 25 ans) ont été utilisées. Elles ont été conservées dans une solution de Chloramine T à 1% à 4°C pendant une durée de un à trois mois. Après section des 2/3 radiculaires, la partie coronaire de chaque dent est coupée en deux dans le sens méso-distal; les faces vestibulaire et linguale sont sectionnées pour obtenir deux surfaces dentinaires planes. Cette opération s'effectue à l'aide d'une scie diamantée de type ISOMET sous spray d'eau distillée. Nous obtenons deux tranches dentinaires d'une épaisseur d'environ 2 mm.

Chaque échantillon ainsi préparé est collé avec une colle cyanoacrylate sur un support métallique.

Vingt tirs laser focalisés sont réalisés sur chaque surface dentinaire produisant vingt cratères individuels. Les puissances et temps d'application du rayon laser que nous avons choisis sont les suivants:

– pour l'analyse au rugosimètre, nous avons fait varier la puissance de 1 à 5 watts (1, 2, 3, 4, 5 watts) et la durée du tir de 0,1 à 0,4 seconde. Les densités d'énergie correspondantes varient de 140 J/cm² à 2.850 J/cm² et sont compatibles avec la vitalité pulpaire (Launay et coll., 1986);

– pour la microscopie électronique, nous avons sélectionné les puissances 3 et 4 watts et les temps d'application 0,1 et 0,2 seconde (valeurs les plus couramment utilisées sur la dentine *in vivo*).

Les échantillons ont été répartis en deux lots après le tir laser. Le premier lot est laissé intact. Le deuxième a subi un nettoyage de la couche carbonisée, formée par l'effet thermique du laser, à l'aide d'un aéropolisseur de type HEATCO.

Microscopie électronique à balayage

Le microscope est un JEOL 35 CF.

Seize échantillons ont été déshydratés puis métallisés pour permettre l'observation de la surface lasérisée avant et après élimination de la couche carbonisée.

Rugosimétrie

Cinquante échantillons, ayant subi des tirs laser de puissance 1 à 5 watts et de durée 0,1 à 0,4 seconde, ont été utilisés pour une analyse avec un rugosimètre TALISSURF 10. Une amplification horizontale $V_h = 20$ et une amplification verticale $V_v = 200$ ont été choisies pour mesurer la profondeur et le diamètre moyen de ces cratères avant et après élimination de la couche carbonisée. L'amplification horizontale $V_h = 20$ nous donne l'échelle suivante: 10 mm dans le sens horizontal sur le graphique correspond en réalité à 0,5 mm; pour l'amplification verticale $V_v = 200$, 2 mm dans le sens vertical représente en réalité 0.01 mm (fig. 7 et 8). Les échelles horizontale et verticale ne sont donc pas les mêmes.

Dix cratères par échantillon ont été étudiés.

Modélisation

Les mesures obtenues au rugosimètre sont traitées par le logiciel SIPHAR sur PC. Nous obtenons un profil moyen des cratères obtenus, en fonction de la puissance et du temps d'application du tir laser.

RÉSULTATS

Microscopie à balayage

Echantillons avec couche carbonisée

A faible grossissement, nous observons l'ensemble des cratères. Certaines coupes présentent des fissures dentinaires importantes provoquées par l'observation au microscope (fig. 1). L'observation d'un impact à un grossissement plus important, nous montre un cratère présentant un véritable puits en son centre. Les parois sont recouvertes d'un enduit dentinaire carbonisé. Des bulles de dentine fondue ont coulé sur les bords du cratère. Une auréole entoure ce cratère. Elle correspond à la limite du choc thermique. Des fissures rayonnent du centre vers la périphérie du cratère (fig. 2).

A fort grossissement, le centre du cratère présente de la dentine fondue sous forme de tiges enchevêtrées (fig. 3). Aucun orifice de tubuli n'est visible.

Echantillons, couche carbonisée éliminée

La vue globale des impacts nous montre des cratères qui semblent plus larges que ceux observés avec la couche carbonisée. Ils ont un aspect de pelote de laine. Quelques fissures sillonnent la surface dentinaire (fig. 4).

L'observation d'un cratère nous montre une cuvette qui paraît plus large que profonde. Le fond et les parois du cratère sont recouverts d'une dentine lacérée. Quelques fissures rayonnantes sont présentes (fig. 5). Un grossissement plus important, nous montre des parois tubulaires désintégrées (fig. 6). Des orifices de tubulis sont visibles.

Rugosimétrie

Echantillons avec couche carbonisée

Le profil des cratères est un cône (fig. 7). Cette forme se retrouve pour toutes les puissances et les temps d'application du tir laser.

Echantillons, couche carbonisée éliminée

Le profil est un cône tronqué (fig. 8) sauf pour les cratères provoqués par un tir d'une puissance de 1 watt où l'on a une forme de cône.

Les diamètres et profondeurs moyens de ces cratères sont présentés sur les figures 9, 10, 11, 12.

Echantillons avec couche carbonisée

La profondeur minimale mesure 0,02 mm (tir 1 w, 0,1 s), la profondeur maximale mesure 0,119 mm (tir 4 w, 0,3 s) fig. 10.

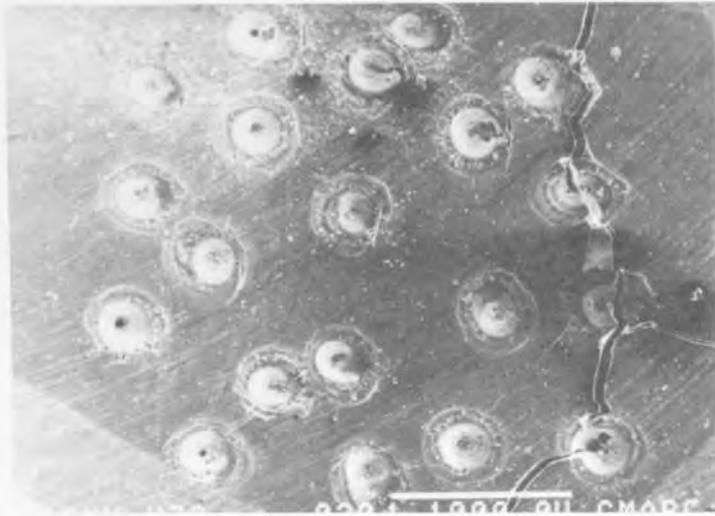


Fig. 1 - Vue générale de cratères réalisés par un tir laser d'une puissance de 3 watts et d'une durée d'application de 0,1 seconde. Grossissement initial $\times 30$.

Fig. 1 - General view of craters produced by a laser beam with 3 watts in power and 0.1 second in duration. Initial magnification $\times 30$.



Fig. 4 - Vue générale de cratères réalisés par un tir laser d'une puissance de 3 watts et d'une durée d'application de 0,1 seconde. La couche carbonisée est éliminée. Grossissement initial $\times 30$.

Fig. 4 - General view of craters produced by a laser beam with 3 watts in power and 0.1 second in duration. The carbonized layer was eliminated. Initial magnification $\times 30$.

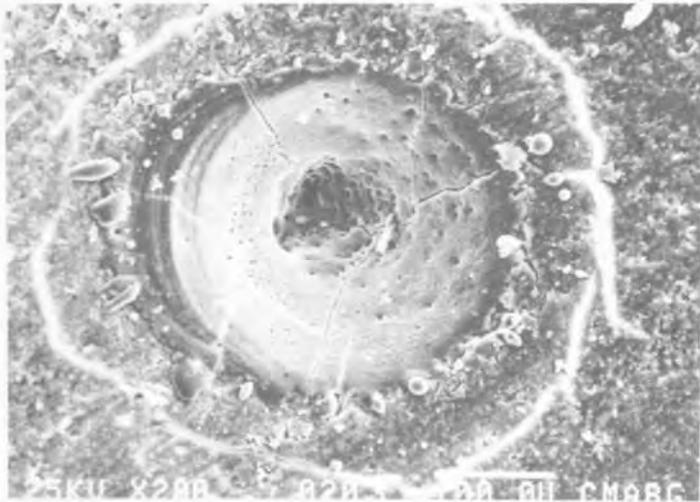


Fig. 2 - Vue d'un cratère avec sa couche carbonisée. Grossissement initial $\times 200$.

Fig. 2 - A view of a crater with the carbonized layer. Initial magnification $\times 200$.

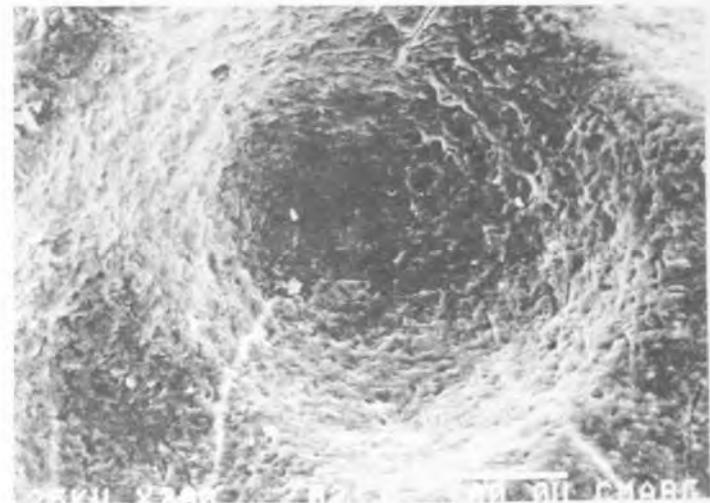


Fig. 5 - Vue d'un cratère après que la couche carbonisée a été éliminée. Grossissement initial $\times 200$.

Fig. 5 - A view of a crater without the carbonized layer. Initial magnification $\times 200$.



Fig. 3 - Dentine fondue recristallisée sous forme de tiges. Grossissement initial $\times 2000$.

Fig. 3 - Melted dentine recrystallized in stem form. Initial magnification $\times 2000$.

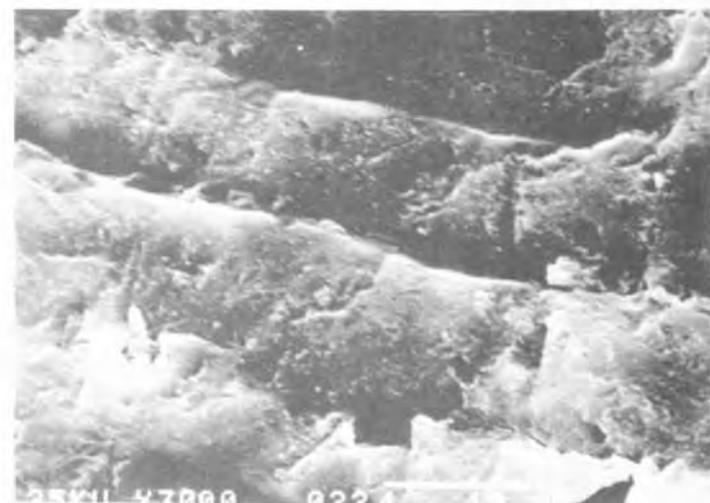


Fig. 6 - Tubulis dentinaires présentant des parois désintégrées. Grossissement initial $\times 3000$.

Fig. 6 - Dentinal tubulis with disintegrated walls. Initial magnification $\times 3000$.

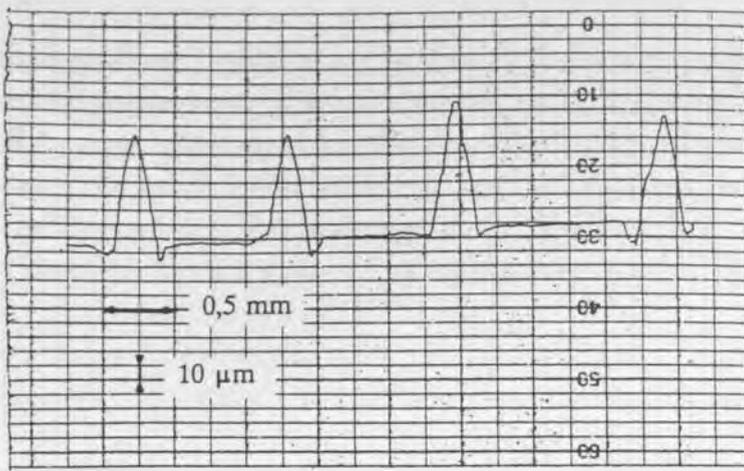


Fig. 7 - Profils des cratères avec la couche carbonisée, provoqués par un tir laser d'une puissance de 3 watts et d'une durée d'application de 0,1 seconde. Rugosimétrie. Amplification horizontale $\times 20$ et amplification verticale $\times 200$.

Fig. 7 - Crater profiles with the carbonized layer, produced by a laser beam with 3 watts in power and 0.1 second in duration. Horizontal amplification $\times 20$ and vertical amplification $\times 200$.

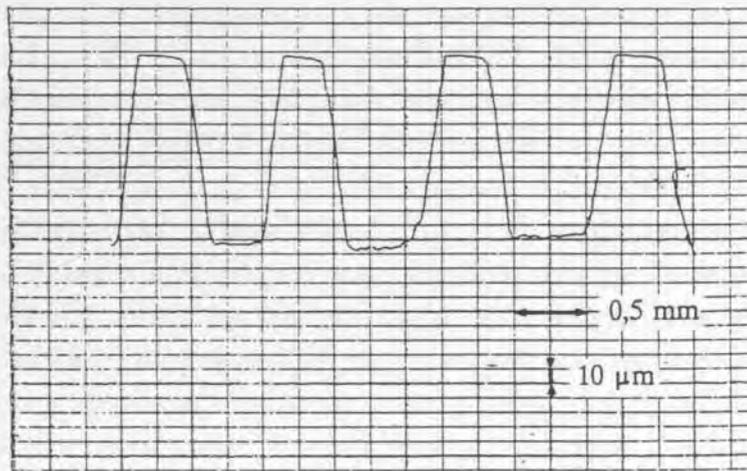


Fig. 8 - Profils des cratères sans la couche carbonisée, provoqués par un tir laser d'une puissance de 3 watts et d'une durée d'application de 0,1 seconde. Rugosimétrie. Amplification horizontale $\times 20$ et amplification verticale $\times 200$.

Fig. 8 - Crater profiles without the carbonized layer, produced by a laser beam with 3 watts in power and 0.1 second in duration. Horizontal amplification $\times 20$ and vertical amplification $\times 200$.

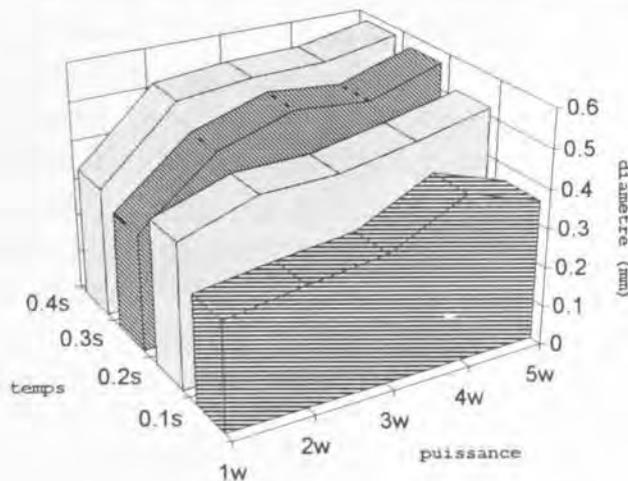


Fig. 9 - Tableau donnant le diamètre moyen (mm) des cratères non-nettoyés en fonction de la durée et de la puissance du tir laser.

Fig. 9 - Table giving the no-cleaned craters mean diameter (mm) versus the duration and the power of the CO₂ laser beam.

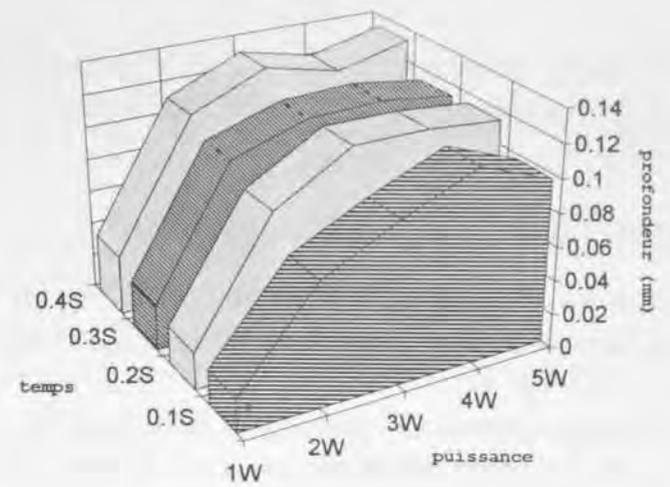


Fig. 10 - Tableau donnant la profondeur moyenne (mm) des cratères non-nettoyés en fonction de la durée et de la puissance du tir laser.

Fig. 10 - Table giving the no-cleaned mean depth (mm) versus the duration and the power of the CO₂ laser beam.

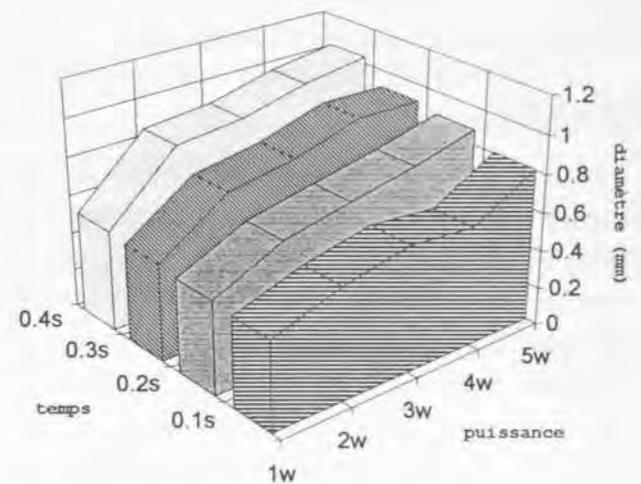


Fig. 11 - Tableau donnant le diamètre moyen (mm) des cratères nettoyés en fonction de la durée et de la puissance du tir laser.

Fig. 11 - Table giving the cleaned craters mean diameter (mm) versus the duration and the power of the CO₂ laser beam.

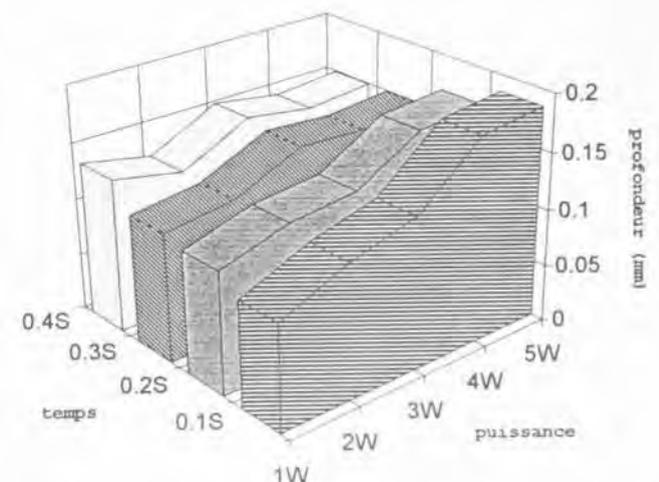


Fig. 12 - Tableau donnant la profondeur moyenne (mm) des cratères nettoyés en fonction de la durée et de la puissance du tir laser.

Fig. 12 - Table giving the cleaned mean depth (mm) versus the duration and the power of the CO₂ laser beam.

Le diamètre minimal mesure 0,274 mm (tir 1 w, 0,1 s), le diamètre maximal mesure 0,58 mm (tir 5 w, 0,4 s) fig. 9.

Echantillons, couche carbonisée éliminée

La profondeur minimale mesure 0,091 mm (tir 1 w, 0,1 s), la profondeur maximale mesure 0,177 mm (tir 4 w, 0,1 s) fig. 12.

Le diamètre minimal mesure 0,474 mm (tir 1 w, 0,1 s), le diamètre maximal mesure 1,03 mm (tir 5 w, 0,4 s) fig. 11.

Pour les cratères non nettoyés (fig. 9 et 10) et les cratères nettoyés (fig. 11 et 12), nous n'avons pas une augmentation constante de la profondeur et du diamètre en fonction de la puissance et de la durée du tir laser. Il existe un écart très important entre la profondeur à 1 watt et celles réalisées à d'autres puissances (fig. 10).

Modélisation

Nous avons traité par le logiciel SIPHAR, les mesures obtenues au rugosimètre. Nous avons obtenu un profil moyen des cratères, avant et après élimination de la couche carbonisée. Comme pour le rugosimètre, la modélisation nous donne un profil de cône pour l'impact non nettoyé et un profil de cône tronqué pour le cratère nettoyé. Mais nous avons choisi une échelle identique en abscisse et en ordonnée. Nous obtenons, contrairement au profil du rugosimètre, un cratère qui se rapproche de la réalité: les cônes sont très évasés avec un diamètre plus grand que la profondeur (fig. 13).

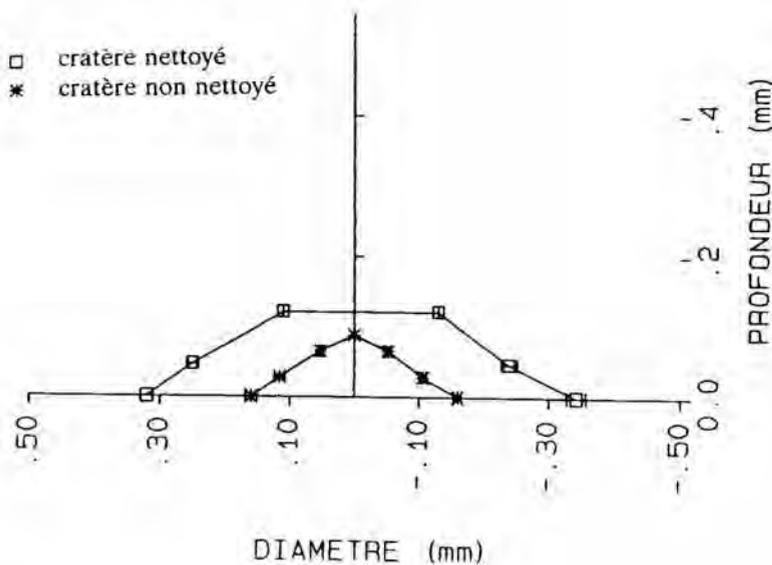


Fig. 13 – Modélisation des cratères provoqués par un tir laser d'une puissance de 3 watts et d'une durée d'application de 0,1 seconde.

Fig. 13 – Modelisation of craters produced by a laser beam with 3 watts in power and 0.1 second in duration.

L'épaisseur de la couche carbonisée, représentée par l'écart situé entre les deux profils, est homogène sauf au fond du cratère où elle semble plus mince. Elle varie de 60 à 130 μm (sauf au fond du cratère) avec une puissance de tir augmentant de 1 à 5 watts et un temps d'exposition évoluant de 0,1 à 0,4 seconde.

DISCUSSION

Comme la plupart des auteurs qui ont fait des études au microscope électronique sur les cratères dentinaires, nous constatons la présence d'une couche dentinaire carbonisée, fissurée et craquelée (De Raad et coll., 1988; Litovsky-Oules et coll. 1990). Elle est le résultat de la destruction de la partie organique et d'une recristallisation de la composante minérale (Kantola, 1972, 1974; Piacentini et coll. 1989). Cette couche n'est pas adhérente à la dentine sous-jacente et est facilement éliminée à l'aéropolisseur comme l'a déjà souligné Litovsky-Oules et coll. (1990). Son épaisseur, pour un tir de 3 watts durant 0,1 seconde, est de 80 μm . Après élimination de cette couche carbonisée, des parois tubulaires désintégrées ainsi que des fissures peu importantes, telles que les avait décrites De Raad (1988), sont visibles. La dentine résiduelle semble non modifiée. Cependant Kantola (1974) et Melcer (1985) ont montré par cristallographie la présence d'une couche dentinaire thermiquement affectée. Nous constatons comme ces auteurs quelques craquelures qui sillonnent le cratère.

Il a été difficile de vérifier au microscope électronique la différence de taille entre des cratères provoqués par des tirs de 3 ou de 4 watts. L'étude au rugosimètre a pallié cette insuffisance. Sur les figures 9, 10, 11 et 12, nous constatons, d'une façon générale, une légère augmentation des profondeurs et des diamètres en fonction des puissances et des temps d'application. Mais cette évolution n'est pas régulière. Il arrive même que pour certaines puissances et temps d'applications (fig. 9 par exemple: 4 watts, 0,1 s – 3 watts, 0,3 s), le diamètre des cratères non nettoyés est supérieur à celui obtenu pour des puissances ou des durées plus élevées. D'après nos résultats, les dimensions des cratères ne sont pas seulement dépendantes de la puissance et de la durée d'application du tir laser mais également du degré d'hydratation et de la qualité de la dentine; ce dernier paramètre n'étant pas contrôlable.

Nous pouvons cependant affirmer que le diamètre des cratères non nettoyés est environ 4 fois plus grand que la profondeur sauf pour les cratères réalisés avec une puissance de 1 watt (le rapport est de un sur dix). C'est pour une puissance de tir de 4 watts et une durée d'application de 0,1 seconde que nous obtenons le rapport le plus faible (3,4). La forme du cratère est donc celle d'un cône très évasé. Brune (1980) avait parlé de « pins » de rétentions d'une profondeur de 2 mm et d'un diamètre de 0,2 mm; mais ces derniers avaient été formés lors d'un tir laser d'une puissance de 200 watts et une durée d'application de 2 ms impossible à réaliser avec notre laser.

Lorsque la couche carbonisée est éliminée, le rapport diamètre / profondeur varie de 5 à 6. La forme du cratère est un cône tronqué très large et peu profond.

CONCLUSION

Il est donc impossible d'assimiler les cratères observés à des rétentions mécaniques pouvant servir à l'ancrage dentinaire des composites. Cependant du fait de la formation des cratères, nous augmentons considérablement la surface de collage. Par ailleurs la couche carbonisée étant facilement éliminée, il sera préférable de la supprimer avant toute application de composites. Une analyse ultérieure par tests de traction permettra de déterminer l'augmentation ou non de l'adhésion des composites sur une surface dentinaire lasérisée.

RÉFÉRENCES

- Brune, D.** — Interaction of pulsed carbon dioxide laser beams with teeth *in vitro*. *Scand. J. Dent. Res.*, 88: 301-305, 1980.
- Cooper, L.F., Myers, M.L., Nelson, D.G.A., Mowery, A.S.** — Shear strength of composite bonded to laser-pretreated dentin. *Jour. Prosth. Dent.*, 60, n°1: 45-49, 1988.
- De Raad, M., Paschoud Y. et Holz, J.** — Effets du laser à CO₂ sur les tissus dentaires. *J. Biol. Buccale*, 16: 137-150, 1988.
- Kantola, S.** — Laser-induced effects on tooth structure. IV. A study of changes in the calcium and phosphorus contents in dentine by electron probe microanalysis. *Actua. Odont. Scand.*, 30: 463-474, 1972.
- Kantola, S.** — Laser-induced effects on tooth structure. VII. X-ray diffraction study of dentine exposed to a CO₂ laser. *Actua. Odont. Scand.*, 32: 381-386, 1974.
- Launay, Y., Brunetaud, J.M., Mordon S., Cornil A.** — Effets thermiques des lasers médicaux sur les tissus de l'endodonte. Etude quantitative *in vitro*. *Rev. Franç. End.*, 5: 27-63, 1986.
- Lhuisset, F.** — Note à propos d'impacts de laser à gaz carbonique sur la dentine. *Chir. Dent. Franç.*, 31: 37-39, 1979.
- Lhuisset, F.** — Quelques aspects d'impacts d'un laser sur les tissus dentaires. *Symbioses*, 10: 259-269, 1978.
- Litovsky-Oules, C., Litovsky B. et Miro L.** — Aspect en microscopie à balayage de la dentine exposée à un rayonnement laser CO₂. *Actua Odont. Stom.*, 169: 41-50, 1990.
- Melcer, J.** — Utilisation du laser en odontologie. Etude des effets thermiques du laser CO₂ sur la dentine et sur la pulpe. 243 F, ill., (thèse: Doctorat d'Etat: Paris V: 1985).
- Piacentini, C., Menghini, P.** — Note sur les effets du laser CO₂ sur la dentine et le ciment humains. *Bull. Group. Int. Rech. Sci. Stomatol. Odontol.*, 32: 177-183, 1989.
- Sherman, L., Zeboulon, S., Goldberg, M.** — Utilisation du laser CO₂ lors des procédures de collage amélo-dentinaire: arguments expérimentaux. *Actua. Odont. Stom.*, 170: 365-379, 1990.

Adresse de l'auteur:
Dominique Bouvier
115 rue Tête d'Or
69006 Lyon – France