

# Revue d'Orthopédie Dento Faciale



Volume 34 / 2000  
Revue trimestrielle  
Numéro 4

Principes de la photopolymérisation  
plasmique ultra-rapide  
en orthodontie

Features of plasma  
arc curing lights  
in orthodontics

François DURET, Bruno PELISSIER, Olivier MOYEN

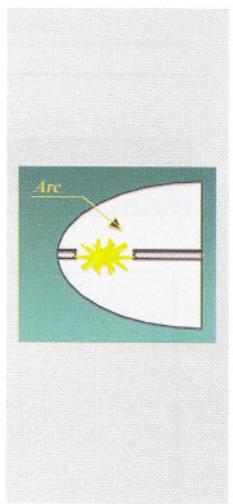
ÉDITION INTERNATIONALE



<http://www.revue-odf.org>  
<http://www.editionsid.com>

FRANÇAIS - ANGLAIS  
ENGLISH - FRENCH

# Principes de la photopolymérisation plasmatique ultra-rapide en orthodontie



## Features of plasma arc curing lights in orthodontics

François DURET, Bruno PELISSIER, Olivier MOYEN

### RÉSUMÉ

*La méthode de photopolymérisation ultra-rapide plasmatique a vu le jour récemment en orthodontie et a transformé profondément les procédures cliniques de ce temps opératoire. Dans la mesure où le facteur limitant la réduction du temps de prise des scellements est l'activation des photo-initiateurs comme la camphoroquinone (CPQ), ce temps peut être ramené à quelques secondes. En suivant strictement un protocole précis, la photopolymérisation ultra-rapide permet le collage des brackets sur une arcade complète en un temps se situant entre 15 et 20 s d'émission de la lampe, sans risque pour le devenir du travail. Cette méthode est une nouvelle approche des phases initiales cliniques de la pratique de l'orthodontie.*

### ABSTRACT

*The method of ultra rapid plasmatic light curing has recently come to light in orthodontics and has genuinely transformed clinical procedures and operating time. The limiting factor to reducing bonding time is the activation of the photo initiators as in camphoroquinone (CPQ), this time has been minimized to a few seconds. When strictly abiding to a precise protocol of ultra rapid photopolymerization, the bonding of brackets to a complete dental arch can be achieved in 15 to 20 seconds of light emission and without any consequential risk. This method is a new approach to the initial clinical phases of orthodontic treatment.*

F. DURET,  
Château de Tarailhan,  
11560 Fleury d'Aude.  
B. PELISSIER,  
Université  
de Montpellier.  
O. MOYEN,  
Université  
de Toulouse.

### MOTS CLÉS

*Collage - Photopolymérisation - Plasma - Méthode clinique.*

### KEY WORDS

*Bonding - Photopolymerization - Plasma - Method clinic.*

## 1. - INTRODUCTION

Il existe aujourd’hui un certain nombre de possibilités pour déclencher puis accompagner la polymérisation des monomères présents dans de nombreux produits dentaires comme les composites en dentisterie restauratrice ou les adhésifs en orthodontie. Depuis de nombreuses années, des adhésifs photopolymérisables sont disponibles, dont la réaction de réticulation est déclenchée par une lumière dont la longueur d’onde se situe aux alentours de 470 nm, ou moins<sup>8, 16, 19, 20</sup>.

Ce sont les lampes halogènes qui ont permis d’utiliser les premiers composants en dentisterie mais elles ont rapidement montré leurs limites en forçant le praticien à attendre 20, voire 40 s avant que la prise de l’adhésif ne soit complète. On peut imaginer facilement l’inconfort du jeune patient et le temps clinique «perdu» pour le praticien<sup>14</sup>.

C’est pour cette raison que nous avons orienté notre effort, non pas en privilégiant le temps d’émission mais l’intensité de l’exposition de la lumière, qui permet de diminuer le temps d’illumination comme le préconisent certains auteurs. Les résultats obtenus nous ont prouvé que la voie suivie était la bonne, même si elle ne fait pas encore aujourd’hui l’unanimité.

There exists a certain number of possibilities to activate and accompany the polymerization of monomers in numerous dental products as composites for restorative dentistry or adhesives in orthodontics. Photopolymerizable adhesives, for which the reticulation reaction is activated by light with a wavelength around 470 nm<sup>8, 16, 19, 20</sup>, have been available for several years.

Halogen lights permitted use of the first composites in dentistry but rapidly they have shown their limits, obliging the practitioner to wait 20 even 40 seconds before the adhesive is completely set. This causes discomfort for the young patient and a loss of clinical time for the practitioner.

It is for this reason and as recommended by certain authors that we have orientated our efforts, not to privilege the time of emission but the intensity of the light exposition which allows the insulation time to be reduced. Even if at present this is still not unanimous, results obtained have proved that this was the right direction to take.

## 2 - PRÉSENTATION DU PROCÉDÉ

## 2 - PRESENTATION OF THE METHOD

L’objectif d’une lampe à photopolymériser est de lancer puis d’accompagner la réaction de prise des adhésifs utilisés en orthodontie. Il nous faut donc vérifier comment se passe une réaction de prise pour savoir si l’utilisation d’une source plasmatische peut répondre à cette demande.

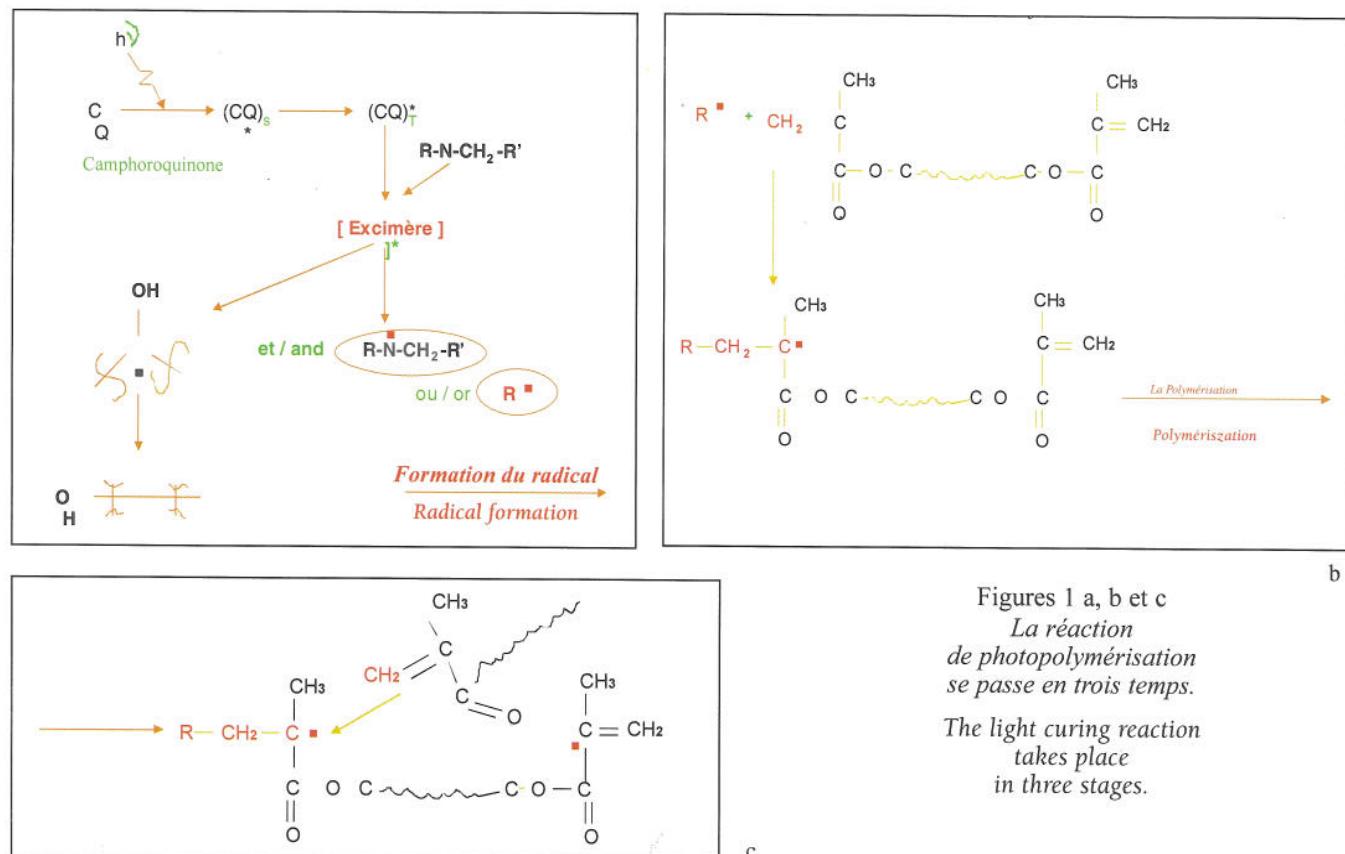
A la différence d’une réaction de polymérisation classique, qui suppose de mettre en présence deux corps (ou plus) réagissant entre eux au moment de leur mise en contact, la photopolymérisation<sup>2, 4, 13</sup> permet que ces corps soient toujours en présence l’un de l’autre, sous forme inactive, et qu’en absence de lumière, ceux-ci ne réagissent pas. C’est un troisième corps, lui aussi présent, qui rendra

The aim of a light curing is to activate and accompany the adhering reaction of bondings used in orthodontics. We therefore need to verify how an adhering reaction takes place in order to know whether the use of a plasmatic source can be used to this effect.

Unlike a classic polymerization reaction which involves bringing together two substances (or more) which react when they come into contact, photopolymerization<sup>2, 4, 13</sup> allows these substances to remain in contact in an inactive form, and not to react to light. It is a third substance, also present, which will make one of them sufficiently active in order that

l'un d'eux suffisamment actif (ou excité) pour qu'il vienne réagir sur le deuxième. Cette réaction de photopolymérisation<sup>1,3</sup> se passe en trois temps (fig. 1 a à c).

the second substance becomes active. This reaction of photo polymerization<sup>1,3</sup> is carried out in 3 stages (fig. 1a, 1b and 1c).



Figures 1 a, b et c

La réaction de photopolymérisation se passe en trois temps.

The light curing reaction takes place in three stages.

Un premier corps, appelé photo-initiateur, reçoit un rayonnement pour lequel il est sensible et va réagir en se transformant (action sur le quatrième nombre quantique). D'une manière générale, et plus spécifiquement en orthodontie, les photo-initiateurs font partie de la famille des camphoroquinones (CPQ), sensibles dans des zones de longueurs d'onde situées entre 390 et 490 nm. Plus précisément, la zone de meilleure sensibilité de la plupart des CPQ utilisées en orthodontie se situe à 470 nm ( $\pm 20$  nm). La camphoroquinone non activée présentée par le symbole (hv) reçoit la lumière et se trouve activée par cette dernière. Elle est représentée alors par le symbole CQ. Cette molécule activée est alors très réactive sur une molécule à base d'amine représentée par la formule R-N-CH<sub>2</sub>-R'. La camphoroquinone (fig. 1a) en contact avec cette molécule

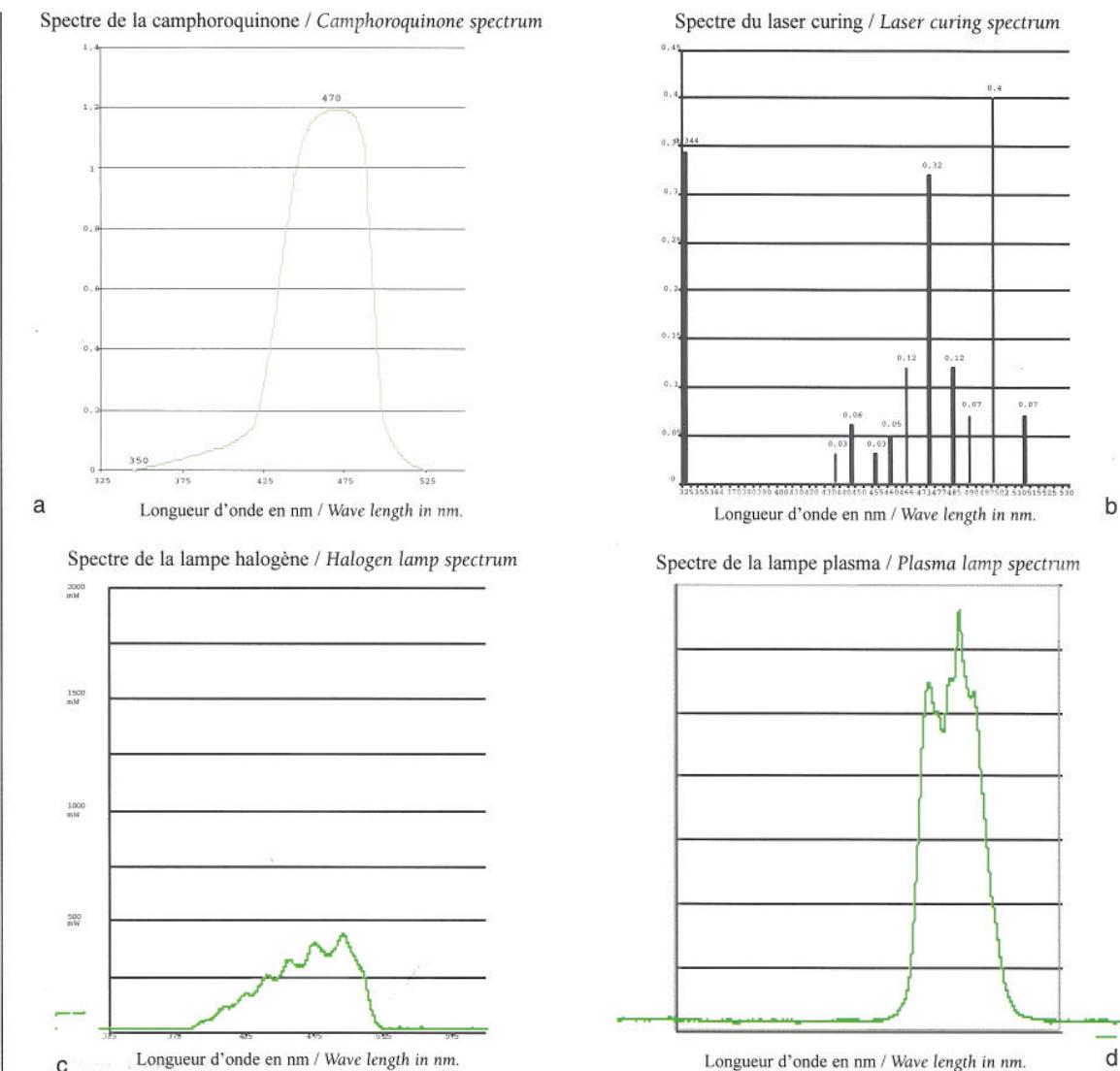
The first substance, the photo initiator, receives a radiance to which it is sensitive and will react by transforming (action on the 4<sup>th</sup> quantum). Generally, but more specifically in orthodontic photo-initiators are classified in the camphoroquinone family (CPQ) sensitive to wave length zones situated between 390 and 490 nm. More precisely the best sensitive zone for the majority of CPQ used in orthodontia is situated around 470 nm ( $\pm 20$  nm). The inactive camphoroquinone represented by the symbol (hv) receives and is activated by the light. It is represented by the symbol CQ. This active molecule is very reactive on a amino based molecule represented by the formula R-N-CH<sub>2</sub>-R'. The camphoroquinone (fig. 1a) in contact with this mole-

va transmettre son activation au niveau de l'azote (N) en formant un corps à vie très éphémère que l'on appelle excimère en chimie ; il y aura séparation quasi immédiate de la camphoroquinone désactivée et du corps aminé activé. Classiquement, nous représentons ce corps activé par un R\* (fig. 1a). De nombreuses études ont cherché à comprendre le mécanisme profond de l'activation. Deux écoles semblent s'opposer aujourd'hui quoique leurs vues puissent être interprétées comme complémentaires. Pour la première, la molécule s'activerait par inversion d'un des deux spins périphériques d'un atome de la molécule de camphoroquinone particulièrement sensible à la longueur d'onde envoyée. C'est pour cela que l'on parle de spectre d'absorption à une longueur d'onde précise correspondant à la sensibilité quantique de l'atome en question. Cette inversion du 4<sup>e</sup> nombre quantique serait transmise à l'atome d'azote au moment de la formation de l'excimère. Une deuxième école pense qu'il s'agit d'une modification de la conformation moléculaire tertiaire ou quaternaire de la ou des molécules de camphoroquinone associées. Cette nouvelle molécule présenterait des sites vitaux particulièrement complémentaires de la molécule d'amine, facilitant le transfert de la modification électronique provoquée par la lumière. A ce stade nous avons formé un radical amine particulièrement sensible aux molécules insaturées, c'est-à-dire celles présentant des doubles liaisons périphériques.

La deuxième étape (fig. 2a et 2b) est la phase dite de polymérisation. Dans un composite dentaire, en plus de la camphoroquinone et de la molécule aminée, sont présentes de grandes molécules dont la plus connue est le bis-GMA ; ces molécules, par leurs encombrements stériques, donnant une certaine viscosité à notre matériau. Elles ont été choisies parce qu'elles présentent des doubles liaisons éthyl en périphérie et sont donc particulièrement attractives pour notre corps aminé activé. Notre radical activé va venir réagir immédiatement sur la double liaison éthyl c-c et s'y fixer. Un électron viendra créer une liaison avec l'amine activée tandis que l'autre viendra activer la couche périphérique de notre deuxième carbone de la double liaison, qui devient de ce fait simple liaison. Notre radical est donc venu se fixer sur notre grande molécule, augmentant son encombrement stérique, donc diminuant la viscosité du composite.

cule transmits its activation to the nitrogen (N) forming a very short lived substance called an excimer in chemistry, separation of the deactivated camphoroquinone and the active amino substance takes place immediately. Conventionally, we represent this active body by R\* (fig. 1a). Numerous studies have tried to understand the deep mechanism of the activation. Two schools of thought seem to oppose at present, however, their views can be interpreted as complementary. For the first, the molecule is activated by inversion of one of the two spins surrounding an atom of the camphoroquinone molecule particularly sensitive to the wave length. It is for this reason that one speaks of spectrum absorption of a precise wave length corresponding to the quantum sensibility of the atom in question. This inversion of the fourth quantum number is transmitted to the nitrogen atom when the excimer is formed. The second school thinks that it is due to the modification of the third or fourth conformation molecular of the associated camphoroquinone molecule or molecules. This new molecule presents vital settings which are particularly complementary to the amino molecule facilitating the transfer of the electronic modification generated by the light. At this point we have formed an amino radical particularly sensitive to unsaturated molecules, those presenting double liaisons.

The second stage (fig. 2a and 2b) is the stage of polymerization. Apart from the camphoroquinone and the amino molecule, a dental composite presents large molecules, the most known is the bis-GMA. The encumbrance of these steric molecules give a certain viscosity to our matter. They have been chosen because they present the double liaisons of ethyl in the periphery which are particularly attractive for our active amino body. Our active radical will react immediately and fix on the double liaison ethyl C-C. An electron will create the liaison with the active amino whereas the other will activate the surrounding layer of the second carbon of the double liaison hence becoming a simple liaison. Our radical has therefore fixed itself on our large molecule increasing the steric encumbrance and decreasing the viscosity of the composite.



Figures 2 a à/d  
*Spectre de la camphoroquinone, et d'émission pour les lasers, lampes à halogène et lampes à plasma.*  
*Camphoroquinone spectrum emission for the lasers, halogen lamps and plasma lamps.*

C'est le début de la polymérisation, c'est-à-dire l'association de monomères pour former des polymères. Cette nouvelle molécule se trouve à son tour, en état activé, prête à recevoir soit un nouveau radical activé issu de l'excimère, soit une autre grosse molécule au niveau de sa double liaison périphérique. En général l'encombrement stérique empêche la fixation d'une grande molécule, mais ceci n'est pas toujours le cas, car dans l'espace, elles peuvent se positionner à 33 ou 90 degrés, formant un véritable maillage tridimensionnel.

This is the beginning of polymerization, that is the association of monomers forming polymers. This new molecule is then in an active state ready to receive a new active radical from either excimer or another large molecule from the surrounding double link. Normally the steric encumbrance prevents the fixing of a large molecule but this is not always the case, as in the space they can position at 33 or 90 degrees forming a tri-dimen-

Il peut exister aussi un transfert de l'activation par effet mésomérique sur le radical aminé à son autre extrémité si la grande molécule présente une alternance simple, et double liaison relativement courte à son autre extrémité. Dans ces deux cas, une autre grande molécule ou un autre radical pourra venir s'y fixer. Plus ces liaisons auront lieu, plus la viscosité diminuera et plus notre composite deviendra dur. Nous appelons pourcentage de polymérisation le nombre de molécules ayant réagi par rapport au nombre de radicaux de molécules restant libres. En général, ce nombre varie autour de 70 % dans une photopolymérisation<sup>6, 15, 18</sup>.

Nous comprendrons facilement que lorsqu'une molécule se trouve fixée sur une autre à un certain moment, elle ne pourra plus en atteindre une troisième car celle-ci sera trop loin ; c'est pour cette raison qu'il est impossible d'obtenir des taux de polymérisation<sup>17</sup> proches de 100 %. Ce sont malheureusement souvent ces sites restés insaturés qui provoquent, entre autres, des allergies dans le corps humain. Ceci est facilement compréhensible sur le plan électronique, car les zones à électrons sensibles peuvent activer certains composants du tissu biologique.

Pour être active, une lampe doit donc être capable d'émettre de la lumière dans la zone de sensibilité des CPQ. Au-delà, nous n'aurions aucun effet si ce n'est une élévation anormale de la température due à des rayonnements parasites. L'idéal est donc d'avoir le maximum d'intensité dans une zone située entre 400 et 500 nm. C'est ce que les lumières halogènes, plasmatiques et laser nous offrent<sup>7, 13</sup>.

La source énergétique actuellement la plus utilisée, est la lampe halogène. L'émission halogène provient de photons émis par un filament élevé à une forte température dans un milieu non oxydant. L'énergie photonique résultante fait apparaître une lumière dont le spectre de longueur d'onde se situe de 350 nm à bien au-delà des infrarouges, c'est-à-dire au-delà de 1000 à 1200 nm. Ce spectre n'est pas régulier mais est régulièrement croissant dans la zone qui nous intéresse, c'est-à-dire de 400 à 500 nm. Nous l'avons illustré dans la figure 2. Comme nous pouvons le constater, la partie utilisée de l'émission halogène peut-être estimée entre 5 et 10 % de sa puissance totale, tout le reste se transformant essentiellement en chaleur. Pour avoir une forte capacité de polymérisation, il est donc nécessaire d'avoir une lampe très puissante, mais la chaleur dégagée rendrait son utili-

sional chaining. The mesomeric effect can also create a transfer of the activation on the extremity of the amino radical. In both cases another large molecule or another radical could fix. The viscosity is reduced by a larger quantity of liaisons and therefore the composite is harder. The percentage of polymerization is the number of molecules that have reacted in respect to the number of radicals of molecules which remain free. In general, for a polymerization, this number varies around 70%<sup>6, 15, 18</sup>.

It is understood that when a molecule is fixed to another, at some point it can no longer reach a third because it is too far and it is for this reason that it is impossible to attain a polymerization<sup>17</sup> close to 100%. Unfortunately it is these sites that remain unsaturated which provoke allergies in the human body. This can be explained from an electronic point of view as the sensitive electron zones can activate certain components of the biological tissue.

A light must emit in the sensitive zone of the camphoroquinone in order to be active. Beyond this there is no effect apart from an abnormal rise in temperature due to the interference rays. Ideally, a maximum of intensity is required in a zone situated between 400 and 500 nm. This is possible with the halogen, plasmatic and laser lights<sup>7, 13</sup>.

The most used energetic source at present is the halogen light. The emission of such a light comes from photons emitted by a high temperature filament in a non oxidizing environment. The photonic energy produces a light with a wavelength spectrum situated from 350 nm to far above the infra-red, i.e. above 1000 to 1200 nm. This spectrum is not regular but crosses regularly in the zone that interests us, 400 to 500 nm. This is illustrated in figure 2. As we have observed the part used of the halogen emission is estimated between 5 and 10% of the total power, all the rest is essentially transformed into heat. In order to obtain a strong capacity of polymerization, it is necessary to have a very powerful light, however use of which would be dangerous due to the high heat

sation dangereuse. Une lampe halogène n'est donc pas la solution pour amener beaucoup d'énergie dans notre zone de longueur d'onde.

Les sources d'émission laser sont diamétriquement opposées en terme de conception, l'émission photonique d'une longueur d'onde étant directement liée aux composants du laser (gaz, solide et/ou liquide). Chaque matériau émettant une longueur d'onde très précise et très étroite, le laser émettra donc des petits spectres étroits correspondant à chacun de ses composants (ou de leurs harmoniques). Ce principe est utilisé dans l'analyse des composants d'une étoile, chaque raie correspondant à un élément de sa composition. On ne parlera plus de spectre continu, mais de spectre de raie. L'illustration d'un spectre de raie d'un laser à argon se trouve dans la figure 2.

L'émission plasmique<sup>9, 10</sup> est une sorte d'intermédiaire entre les deux. Nous avons une sorte de spectre de raie qui est réuni par une émission continue de plus faible intensité. Il existe des pics puissants à des longueurs d'onde bien précises mais beaucoup plus larges que pour le laser (fig. 2d).

L'important est d'avoir une lumière qui émette dans la zone où la camphoroquinone est sensible, mais qui est suffisamment large pour recouvrir tout le spectre de 425 à 500 nm (fig. 2a). L'idéal serait aussi qu'elle n'émette nulle part ailleurs pour éviter les effets thermiques ou autres dispersions énergétiques :

- l'halogène peut recouvrir le spectre mais recouvre aussi toutes les autres longueurs d'onde et oblige à un filtrage transformant en radiateur notre source de lumière ; le seul intérêt de cette source est son faible coût (fig. 2c) ;

- le laser (fig. 2b) émet parfaitement dans la zone considérée mais l'étroitesse de la bande peut faire qu'une camphoroquinone ne sera pas sensible exactement à la longueur d'onde d'émission. Le laser est un peu la solution du tout ou rien ;

- le plasma, lui, a par chance deux zones d'émissions fortes, de 440 à 500 nm et dans les infrarouges. Le filtrage nécessaire sera moins fort que pour la lampe halogène, ce qui nous permettra d'en augmenter la puissance.

Il existe un dernier type de source, la source LED, actuellement en cours d'expérimentation, qui nous semble idéale car son spectre est strictement complémentaire de celui de la camphoroquinone, sans aucune autre émission parasite.

element. Therefore a halogen light is not the solution to bring a large amount of energy in our wave length zone.

In terms of conception, laser emission sources are diametrically opposed, the photonic emission of the wave length is directly linked to the laser components (gas, solids and or liquid). Each material emitting a very precise and narrow wave length, the laser therefore emits small narrow spectrums corresponding to each of the components (or to their harmonics). This principle is used in the analyse of star components. Each ray corresponds to an element of its composition. We will no longer speak of a continued spectrum, but of a ray's spectrum. Figure 2 illustrates a ray's spectrum of a Argon laser.

The plasmatic emission<sup>9, 10</sup> is an intermediate between the two. We have a type of ray spectrum which is united by a continued emission of feeble intensity. Powerful peaks exist on precise wave lengths but far larger than the laser (fig. 2d).

It is important to have a light which emits in the zone where the camphoroquinone is sensitive, but large enough in order to cover all the spectrum from 425 to 500 nm (fig. 2a). The ideal solution would be that it emits no further in order to avoid thermal effects or any other energetic dispersions:

- the halogen light covers the spectrum but it covers the other wave lengths too and therefore a filtering transforming our light source into a radiator is necessary; the only advantage of this source is its low cost (fig. 2c);

- the laser (fig. 2b) emits perfectly in the considered zone but the narrowness of the band can mean that a camphoroquinone will not be exactly sensitive to the emission wave length; the laser is an all or nothing solution;

- the plasma fortunately has two strong emission zones from 440 to 500 nm and in the infra-reds. The filtering required is not as strong as for the halogen light and therefore the power can be increased.

The final source, the LED source (Light Emission Device) now under experimentation would seem to be ideal due to the fact that the spectrum is complementary to the camphoroquinone spectrum without any other emission interference.

**3 - PROBLÈMES POSÉS****3 - ENCOUNTERED PROBLEMS**

Certains corps semblent réagir moyennement à une photopolymérisation plasmatische puissante et il existe plusieurs explications à ce phénomène. Les deux principaux éléments pouvant expliquer le non-fonctionnement d'une lampe plasmatische à polymérisation rapide sont :

- l'existence d'une sensibilité du photo-initiateur à un seuil de 430 nm quelquefois, plutôt qu'à 470 nm. La lampe à plasma, hors embout, émet entre 400 et 490 nm. Ce spectre large étant trop chaud au-delà de 2 s, les premiers appareils ont été munis d'un filtre limitant l'émission entre 460 et 490 nm, ce qui correspondait à la plupart des photo-initiateurs connus. Nous nous sommes rendu compte que certains fabricants (Kulzer, par exemple) utilisaient des photo-initiateurs sensibles à 430 nm. De ce fait, la lampe plasmatische fonctionne comme une lampe halogène pour ce type de produit. Aussi, un deuxième embout (rouge) travaillant entre 410 et 450 nm a été proposé en janvier 1999 ;

- le fait que la deuxième étape de la polymérisation, ou la troisième (ou les deux), soit très lente, est dû à la réaction de polymérisation et non pas à la réaction d'activation du photo-initiateur, donc à la puissance de la lampe. Quelle que soit la lampe, la prise dépendra de la vitesse de réticulation et non pas de la vitesse d'excitation des photo-initiateurs. Dans ce cas, seul un changement de réaction accélérera la prise et permettra l'utilisation des lampes à polymérisation rapide.

Certain substances seem to react moderately to a plasmatic power polymerization and several explanations exist for this phenomena. The two principal elements explaining the disfunctioning of a plasmatic light for rapid polymerization are:

- the existence of photo-initiator sensitivity at a threshold of 430nm. The plasma light without a tip emits between 400 and 490 nm. This large spectrum, too hot after 2 seconds meant that the first lights were fitted with a filter limiting the emission to between 460 and 490 nm. This corresponds to the majority of known photo-initiators. We realised that certain manufacturers (Kulzer for example) used photo-initiators sensitive at 430 nm. Due to this, the plasmatic light functions as a halogen light for this type of product. A second red tip to work between 410 and 450 nm was proposed in January 1999;

- the fact that the second or third (or both) stage of polymerization is very slow is due to the polymerization reaction and not the activation reaction of the photo-initiator, therefore the power of the light. With any light the setting depends upon the reticulation speed and not the speed of excitation of the photo-initiators. In this case only a change in the reaction will accelerate the setting and permit use of rapid polymerization lights.

**4 - RISQUES DE LA POLYMÉRISATION ULTRA-RAPIDE****4 - RISKS OF ULTRA RAPID POLYMERISATION**

Les risques de la polymérisation ultra-rapide sont les suivants :

- la réaction de prise (changement de type de liaison et de la nouvelle conformation moléculaire) entraîne une contraction de 1 à 3 % du matériau. Ceci est négligeable en orthodontie du fait de l'utilisation de films adhésifs très fins ;

- le hiatus résultant de cette contraction : là encore, cette action est sans grande importance en orthodontie puisque le facteur C est

Risks linked to ultra rapid polymerization are the following:

- the reaction of the setting (changes in the type of liaison and the new molecular conformation) lead to a contraction of 3% of the material. Due to the use of very thin adhesive film in orthodontia this is insignificant.

- the hiatus resulting of this contraction: In orthodontia this action is not of great importance either because the C fac-

très favorable, donc non susceptible de provoquer un décollement ;

– la vitesse de contraction lors de la prise du matériau ou stress : quoique ce stress soit mis en doute, même par des scientifiques aussi reconnus et spécialistes de la question que le Pr Davidson, le stress dû à la polymérisation ultra-rapide est sans incidence en orthodontie ;

– le degré de polymérisation est sans doute le point le plus important en dentisterie. De nombreux résultats montrent un bon degré de polymérisation, quelquefois supérieur, quelquefois inférieur, suivant les auteurs ;

– les propriétés mécaniques restent relativement importantes (flexion, adhésion...) en orthodontie pour que nous ayons un bon comportement des adhésifs. Sur une épaisseur de 1 mm et une prise de 2 s, on note une réduction des propriétés de 10 % environ par rapport à une lampe halogène en 40 s et sur la même épaisseur. On sait aujourd’hui qu’une polymérisation plasmatische sur l’épaisseur d’un ciment de scellement est égale à une polymérisation halogène classique. De ce fait, les propriétés mécaniques ne semblent pas être affectées dans ces conditions particulières ;

– résistance à la traction : Hansen a établi un graphique, présenté par la figure 3.

tor is very advantageous and therefore not susceptible of provoking a bond failure;

– the contraction speed or stress during the setting of the material: Even though scientists as well known and specialised on the subject as Pr Davidson, are uncertain about this stress, it is recognised that the stress due to the ultra rapid polymerization does not have any influence in orthodontics;

– the degree of polymerization is without any doubt the most important point in dentistry. Numerous results indicate a good degree of polymerization, sometimes superior, sometimes inferior depending on the authors;

– the mechanical properties (flexion, adhesion...) remain relatively important in orthodontia giving the adhesives a good performance. On a thickness of 1mm with a setting of 2 seconds, a reduction of around 10% of the properties is noted compared to a halogen light in 40 seconds and on the same thickness. A plasmatic polymerization on a thickness of bonding cement is equal in quality to a classic halogen polymerization. Due to this fact, the mechanical properties do not seem to be affected in these particular conditions;

– resistance to traction: For Hansen we have a graph illustrated in figure 3.

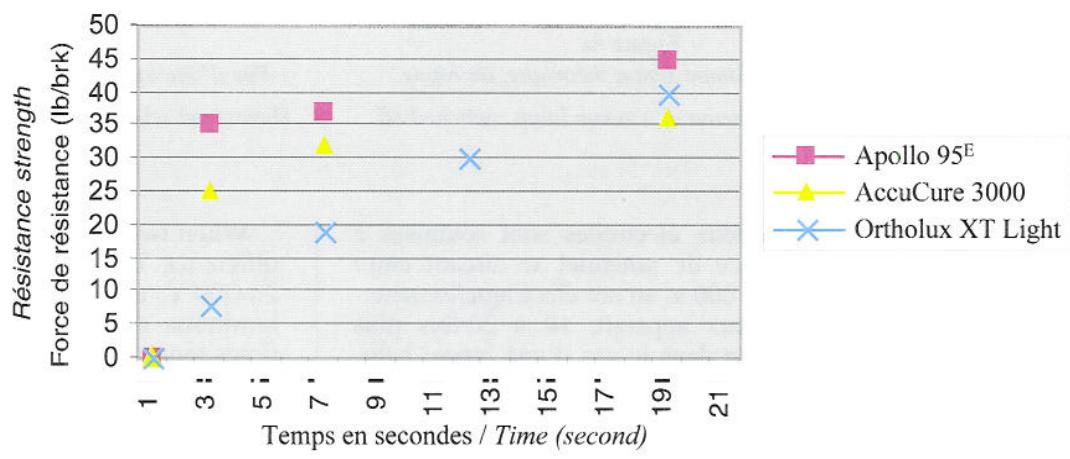


Figure 3

Résistance à la traction, au bout de 24 heures, en fonction du temps de collage des attaches au moyen d'une lampe à halogène, le Laser Accucure 3000, et Apollo 95<sup>E</sup>.

Resistance to traction after 24 hours, depending on the bracket bonding time, using a halogen lamp, a Laser Accucure 3000 and the Apollo 95<sup>E</sup>.

(D'après Hansen E.K., Asmussen E. Visible-light curing units : correlation between depth of cure and distance between exit window and resin surface. Acta Odontol Scand 1997;55:162-6).

## 5 - PRÉSENTATION DE LA LAMPE À POLYMÉRISATION PLASMATIQUE

Il existe aujourd’hui plusieurs types de lampes à polymérisation plasmatique. Nous décrirons celle que nous connaissons le mieux, la lampe Apollo, connue aussi sous le nom de Polyflash, Easy-cure ou Wave-light.

Une lampe à polymérisation plasmatique de type Apollo utilise une ampoule spécifique ILC de 300 W. Il est aussi possible d’utiliser une lampe Osram de type XO, de 180 W et d’obtenir le même effet. Cette ampoule est composée de deux électrodes en tungstène espacées de quelques millimètres et enfermées dans une enceinte de gaz xénon, afin d’éviter leur oxydation, donc leur dégradation rapide.

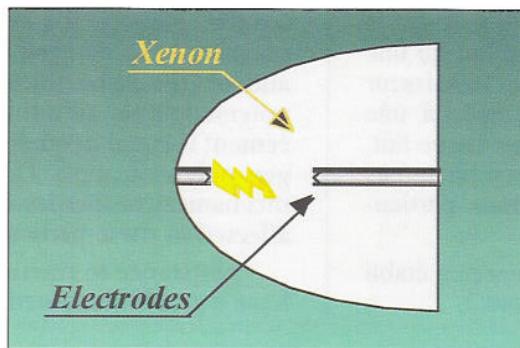


Figure 4a  
Vue d’une lampe xénon théorique, au repos.  
Theoretical schema of a xenon lamp, switched off.

## 5 - PRESENTATION OF THE PLASMATIC POLYMERIZATION LIGHT

Nowadays several types of plasmatic polymerization lights exist. We are going to describe those that we know the best. The Apollo light, also known as the Polyflash, Easy Cure or Wave-Light.

A plasmatic polymerization light, type Apollo consisting of a specific light ILC 300W. It is also possible to use an Osram light type XO, 180W and obtain the same effect. This light consists of two tungsten electrodes spaced at a few millimetres and contained in a xenon gas to avoid their oxidation or rapid degradation.

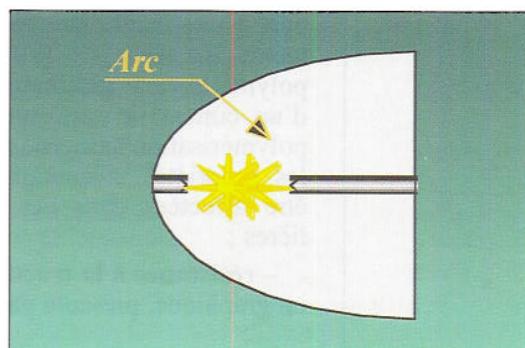


Figure 4b  
Vue d’une lampe xénon théorique, en action.  
Theoretical schema of a xenon lamp, switched on.

Lorsque deux électrodes sont soumises à une différence de potentiel se situant entre 20 000 et 30 000 v, un arc électrique extrêmement lumineux apparaît, 10 à 20 fois plus important que dans le cas d’une lampe halogène, et dont l’un des pics d’émission se situe entre 400 et 500 nm. Devant cette ampoule, sont placés des filtres dits «passe haut» supprimant les rayons UV et «passe bas», supprimant les rayonnements d’au-delà de 500 nm. Il reste malgré tout certains effets thermiques dus à des rayonnements IR lointains.

Le résultat de cette émission et de ce filtrage nous fournit un arc centré entre 400 et 500 nm.

When two electrodes are submitted to a difference in potential situated between 20 000 V and 30 000 V, an extremely luminous electric arc appears, 10 to 20 times more than a halogen light, and with an emission peak situated between 400 and 500 nm. High pass filters are placed in front of this light hence eliminating the UV rays and short pass filters eliminating the rays above 500 nm. However, due to the infrared rays certain thermal effects remain.

The result of this emission and filtering gives an arc centred between 400 and 500 nm.

Pour obtenir encore plus de puissance, sans toutefois augmenter l'effet calorique, un élément supplémentaire est adapté, capable de filtrer soit le 400 / 450 nm soit le 450 / 500 nm. C'est ce filtre, placé dans des embouts différents, qu'il conviendra de sélectionner en fonction des adhésifs utilisés. Chaque appareil est fourni avec les deux embouts. La lampe plasmatische est toujours fabriquée sur le même principe (fig. 5).

In order to obtain more power, without increasing the caloric effect, a supplementary element is adapted capable of filtering the 400/450 nm band or the 450/500 nm band. This is the filter which is placed in the different tips and selected according to the adhesives used. Each unit is delivered with 2 tips. The plasmatic light is always manufactured along the same principal (fig. 5).



Figure 5  
Une lampe plasmatische ultra-rapide type Apollo 95<sup>E</sup>.  
Ultra rapid Apollo 95<sup>E</sup> type plasma lamp

Elle comprend :

- deux électrodes en tungstène, placées dans un tube renfermant du gaz xénon et émettant entre 320 et 1800 nm avec un pic moyen situé à 430 nm et un autre, très haut, situé à 475 nm, justifiant du choix de cette source puisque nous sommes au centre de la zone de photosensibilité des photo-initiateurs des composites dentaires ;
- une carte de puissance, fournissant l'énergie nécessaire à la lampe et régulant sa puissance ;
- un système de filtrage interne, réduisant le spectre de la lampe à un simple pic de 100 nm de large ;
- une fibre liquide, réduisant faiblement la puissance de la lumière et portant une bague de déclenchement en remplacement de la pédale ;
- un embout magnétique stérilisable, réduisant la bande passante à 50 nm entre 450 et 500 nm ou 400 et 450 nm ;
- un clavier de contrôle, comportant une sélection des modes (durcissement ou blanchiment) et du temps (1, 2, 3 s ou SC, soit 5,2 s à deux puissances différentes).

It consists of:

- two tungsten tips placed in a tube containing xenon gas and emitting between 320 and 1800 nm with an average peak situated at 430 nm, and another, very high, situated at 475 nm. The choice of this source is justified because we are in the centre of the photo-sensitivity zone of the dental composite photo-initiators;
- a power board supplies the necessary energy and regulates the power;
- an internal filtering system reducing the light spectrum to a simple peak of 100 nm wide;
- a liquid optical fibre which reduces slightly the power of the light, consisting of a ring which activates the light and replaces the foot pedal;
- a magnetic tip which can be sterilised reducing the band width by 50 nm between 450 and 500 nm or 400 and 450 nm;
- a control keyboard with a selection of modes (hardening or whitening) and times (1, 2, 3 seconds or SC) or 5.2 seconds at two different levels of power.

**6 - CRITIQUE DE LA MÉTHODE****6 - METHOD CRITICISM**

Nous pouvons faire quelques critiques à l'égard de ces appareils ultra-rapides :

- ils sont encore coûteux (entre 20 000 et 30 000 F) ;
- le bouton on / off doit être placé en façade ;
- le déclencheur doit être manuel (sur la fibre) ;
- la fibre optique n'est pas assez flexible ;
- la stabilité énergétique dans le temps (50 000 flash au maximum) devrait être améliorée.

Criticism with regards to the ultra rapid lights:

- they remain costly (between 20 000 and 30 000FF);
- the on/off switch should be placed on the front panel;
- the trigger should be manual (on the optical fibre);
- the optical fibre is not flexible enough;
- the energetic stability should be improved (50 000 flashes maximum).

**7 - CONCLUSION****7 - CONCLUSION**

L'adhésion en dentisterie, basée sur l'utilisation de matériaux photopolymérisables s'est généralisée depuis une dizaine d'années. La fiabilité de l'adhésion à l'email n'est plus à démontrer. Le collage des attaches se pratique de façon quotidienne en orthodontie clinique. L'utilisation et la polymérisation des adhésifs utilisés en orthodontie sont longues et rigoureuses pour obtenir un collage correct.

La polymérisation plasmatische ultra-rapide, que nous avons introduite il y a maintenant trois ans en dentisterie restauratrice et en orthodontie permet de diminuer les temps opératoires sans compromettre les résultats cliniques, mais a évidemment soulevé de nombreuses critiques, tant positives que négatives. Si le débat reste encore ouvert aujourd'hui en dentisterie restauratrice, il est sans raison en orthodontie, où les polémiques sont sans objets (facteur C favorable, film adhésif fin).

Dental adhesion using photo polymerizable materials has become more wide spread over the last ten years. The reliability of an adhesion to enamel does no longer have to be proved. Bracket bonding is carried out daily in clinical orthodontia. The use and polymerization of adhesives in orthodontics is long and rigorous so as to obtain correct results.

Ultra rapid plasmatic polymerization, which was introduced into dentistry and orthodontia three years ago, reduces the operating time without jeopardizing the clinical results. However, this has brought to light both negative and positive criticism. If in dentistry the debate is still open, this is no longer the case in orthodontia (good factor C, thin adhesive film).

**8 - QUESTIONS - RÉPONSES****8 - QUESTIONS AND ANSWERS**

**– Quels sont les risques généraux liés à l'utilisation d'une lampe à plasma ?**

Le fait d'utiliser une lampe à plasma n'amène aucun risque nouveau sur le plan général par rapport à l'utilisation d'une lampe halogène. La seule différence réside dans l'intensité de la lumière utilisée dans des zones où l'œil n'est pas

**– What are the general risks of using a plasma light?**

From a general point of view a plasma light does not present any new risk in comparison to a halogen light. The only difference is the light intensity used in zones where the eye is par-

particulièrement sensible. Les précautions vis-à-vis des yeux doivent être suivies avec rigueur, car il ne faut pas oublier que la densité de puissance d'une lampe à plasma peut être trois à quatre fois supérieure à celle d'une lampe halogène de bonne qualité.

**– Que pensez-vous de l'éventualité d'un décollement en nombre d'attaches fixées à l'aide d'une lampe à plasma, environ vingt-quatre heures après le collage (la rétraction du matériau) ?**

Il est illogique d'incriminer la lumière plasmique et en particulier la rétraction si l'on observe un décollement en nombre environ vingt-quatre heures après la pose. En effet, il n'existe qu'une seule surface en regard de l'attache, donc la seule différence que l'on pourrait observer entre la lampe à plasma et la lampe halogène serait la vitesse de contraction de l'adhésif, ou stress. Compte tenu de l'épaisseur de l'adhésif, c'est complètement négligeable.

La seule explication que nous puissions trouver est l'utilisation d'un adhésif sensible à des longueurs d'onde différentes de celles de la lampe. Nous recommandons avant toute utilisation de bien vérifier que l'adhésif est sensible à la longueur d'onde et, si besoin est, de changer l'embout normal émettant à 470 nm au profit d'un embout particulier émettant à 430 nm. Si l'embout choisi ne correspond pas à l'adhésif, la polymérisation s'effectuera en surface, mais pas en profondeur, car les émissions en 470 nm émettent toujours un peu de 430 nm, mais pas suffisamment pour que cette émission puisse être efficace en quelques secondes.

Nous n'envisageons pas, bien sûr, une mauvaise orientation de la lumière, puisqu'il s'agit d'un décollement en nombre, donc se trouvant au niveau de toutes les attaches.

**– Pourquoi la lampe à plasma est-elle si chère ?**

La lampe à plasma est chère parce qu'elle utilise des composants spécifiques que l'on retrouve rarement dans le commerce au niveau de la grande consommation, à la différence des lampes halogènes. Nous ne pensons pas actuellement que l'on puisse réellement envisager une diminution du coût, sauf si l'industrie automobile décide de généraliser l'emploi des lampes à arc des nouvelles voitures, qui sont très proches de celles que nous utilisons.

ticularly sensitive. Precautions must be followed closely, and remembered that the power density of a plasma light can be three times superior to that of a good quality halogen light.

**– Do you think that there is a possibility that the brackets fixed with a plasma light detach themselves after 24 hours (retraction of the material)?**

It is not logical to incriminate the plasma light and in particular the retraction if the brackets detach after 24 hours. There is only one surface and therefore the only difference that could be observed between a plasma light and a halogen light is the speed of contraction of the adhesive, or stress. This is insignificant considering the thickness of the adhesive.

The only explanation that we can find is the use of an adhesive which is sensitive to different wave length other than those of the light. We recommend before each use to verify that the adhesive is sensitive to the wave length and if necessary that the tip is changed to the tip emitting at 430 nm. If the right tip is not used on the adhesive, polymerization will take place on the surface only as the emissions in 470 nm emit also a few 430 nm but not enough for it to be efficient in a few seconds.

We do not think that the bond failure is due to an incorrect orientation of the light because it concerns several brackets.

**– Why is the plasma light so expensive?**

The plasma light is expensive because it consists of specific components that are not sold on a wide basis. We do not think that the price will be reduced unless the car industry decides to generalise use of their 'arc' lights, which are very similar to those that we use, for new cars.

## BIBLIOGRAPHIE

## REFERENCES

1. Abadie MJ. Matériaux composites en odontologie, composition chimique et réaction de prise. *Actual Odontostomatol* 1984;147:363-83.
2. Abadie MJ, Mohammadi B. Photopolymérisation en odontologie. I : Étude spectrométrique des systèmes photo-amorceurs. *J Biomat Dent* 1994;9:89-99.
3. Abadie MJ, Rouby M. Réactivité des résines composites dentaires. II : Description d'un protocole d'étude pour résines photopolymérisables. *J Biomat Dent* 1996;11:141-8.
4. Baynes SC, Heymann HO, Swift FJ. Update on dental composite restorations. *J Am Dent Assoc* 1994;125:687-701.
5. Bishara SE, Von Vald L, Olsen ME, Laffoon JF, Jakobsen JR. Effect of light-cure time on the initial shear bond strength of a glass-ionomer adhesive. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:164-8.
6. Burtscher P. Stability of radicals of cured composite materials. *Dent Mat* 1993;9:218-21.
7. CRA Newsletter. Les lampes à photopolymériser en 1999. Haute densité / multifonctions 1999;2:3-4.
8. Douglas E, Robert N, Moore. Bonding orthodontic acrylic resin to enamel. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;93:477-84.
9. Duret F, Pelissier B, Crevassol B. Mise au point sur la lampe à polymérisation ultra-rapide plasmatique : bilan après 6 ans et mode d'emploi. *Inf Dent* 1999;44:3547-58.
10. Duret F. A clinical comparison of a plasma-based curing source and conventional halogens lamps in visual dentistry. *Sup Pract Periodont Aest Dent.* 1998;1-3.
11. Forestier JP, Picard B, Tavernier B. Caractérisation de l'interface attache orthodontique / matériau de collage : approche mécanique. *J Biomat Dent* 1997;12:71-85.
12. Lodter C, Sarda A. Les verres ionomères appliqués au collage orthodontique. *Rev Orthop Dent Faciale* 1989;23:263-70.
13. O'Brien WJ. Polymers and polymerization : denture base polymers in dental materials and their selection (2<sup>th</sup> ed.). Quint Pub Co 1997;79-94.
14. Pelissier B, Tramini P, Castany E, Duret F. Restauration cosmétique directe par stratification et polymérisation rapide plasmatique : approche clinique. *Chir Dent Fr* 2000;25-33.
15. Pelissier B, et al. Étude du taux de conversion de différents matériaux dentaires par microspectrométrie Raman Concofale après thermocyclage dans le milieu SAGF. *Actual Biomat* 2000;5:351-8.
16. Roth F. Les composites. Collections des Abrégés d'Odontologie et de Stomatologie. Paris : Masson, 1992.
17. Rueggerberg FA, Hashinger DT, Fairhurst CW. Calibration of FTIR conversion analysis of contemporary dental resin composites. *Dent Mat* 1990;241-9.
18. Ruyter IE, Oysaed H. Conversion in different U.V. and visible light activated composite materials. *Acta Odontol Scand* 1982;179-92.
19. Schmidseder J. Le collage en dentisterie esthétique. Paris : Masson, 2000:103-24.
20. Van Meerbeck B, Lambrechts P, Vanherle G. Facteurs cliniques influençant la réussite de l'adhésion à l'email et à la dentine en dentisterie restauratrice adhésive. *Real Clin* 1999;10:175-95.

**\* IONOMÈRE n. m. (*POLYM*). Matière plastique obtenue par association d'un copolymère de l'éthylène et d'un acide carboxylique insaturé avec des ions métalliques.**

**ENCYCL - L'acide carboxylique est notamment l'acide méthacrylique. Le produit obtenu est traité par des dérivés de métaux tels que le magnésium ou le zinc.**

**Ceci a pour effet de provoquer l'ionisation des groupes carboxyliques et la formation, entre les chaînes, de ponts salins qui constituent une sorte de réticulation réversible.**

(D'après le *Grand Larousse Universel* 1992).