

L'adhésion amélo-dentinaire

Principes et état actuel des connaissances

Audrey Guéders et Prof. Sabine Geerts

1. Evolution des systèmes adhésifs et «révolution» adhésive

Au cours du temps, les systèmes adhésifs sont incontestablement devenus performants. En effet, il n'est plus à démontrer que les adhésifs multi-séquentiels en combinaison avec un mordantage total à l'acide phosphorique, assurent de façon plutôt constante la pérennité de nos restaurations collées. Néanmoins, les fabricants cherchent maintenant à améliorer les systèmes adhésifs en simplifiant le protocole opératoire de collage (la plupart des produits qui sont actuellement mis sur le marché permettent de coller la résine adhésive aux tissus dentaires en 2 séquences voire même, le plus souvent, en une seule) et en essayant d'obtenir une adhésion chimico-mécanique aussi performante que l'adhésion μmécanique émanant des systèmes traditionnels avec mordantage total.

Classifications des systèmes adhésifs

Les approches pour établir la classification des systèmes adhésifs qui inondent le marché, sont très variables.

Les systèmes adhésifs sont souvent décrits en fonction de leur appartenance à une génération. A ce jour, l'évolution des matériaux est sans cesse bousculée par la venue d'un nouveau produit directement dérivé de quelques innovations technologiques ce qui explique les nombreuses confusions que suscite cette classification.

Une autre classification, plus descriptive (classification qualitative), permet également d'identifier chaque produit et de le rattacher à une génération d'adhésifs.

- Tous les systèmes adhésifs *multi-séquentiels* en 3 étapes sont issus de la 4^{ème} génération. Ils nécessitent d'abord un mordantage total de l'émail et de la dentine avec de l'acide phosphorique (1^{ère} étape). Un apprêt dentinaire est ensuite appliqué sur la dentine (2^{ème} étape) ce qui la rend finalement apte à être imprégnée par la résine adhésive (3^{ème} étape).
- Les systèmes de 5^{ème} génération comprennent deux catégories d'adhésifs, à savoir :
 - Les *adhésifs mono flacons* («one bottle») sont des systèmes qui bénéficient d'un protocole de collage simplifié (2 séquences) mais qui requièrent toujours un mordantage total de l'émail et de la dentine par l'acide phosphorique ; la simplification tient dans le fait que l'apprêt dentinaire et la résine adhésive sont réunis dans un seul et même flacon (d'où leur nom) et donc appliqués simultanément.
 - Les *primaires automordantants* («Self-Etching Primer») représentent égale-

ment une catégorie de systèmes simplifiés ; l'agent automordant (un acide organique) est contenu dans le même flacon que l'apprêt dentinaire et ces deux constituants sont donc apposés en même temps tandis que la résine adhésive est appliquée dans un second temps.

- Les dernières générations d'adhésifs (6^{ème} et 7^{ème}) comprennent les automordants tout-en-un («all-in-one») et constituent les systèmes les plus simplifiés puisque le collage se fait en une seule étape. La 6^{ème} génération regroupe les produits qui nécessitent un mélange, ceux de la 7^{ème} ceux qui sont «prêts à l'emploi».

Une classification clinique, faisant référence au nombre de séquences nécessaires pour réaliser le collage, peut aussi être évoquée. Actuellement, il est coutumier de distinguer les adhésifs issus des différentes générations, en systèmes qui impliquent :

- un protocole de collage en 3 étapes (4^{ème} génération)
- un protocole de collage en 2 étapes (5^{ème} génération)
- un protocole de collage en 1 seule étape (6^{ème} et 7^{ème} générations)

La classification récemment proposée par Van Meerbeek et al. (*Operative Dentistry* 2003 ; 28 :215-235) est actuellement largement acceptée car elle est simple et ne permet aucune confusion. Les auteurs répertorient tous les adhésifs disponibles en 3 catégories, chacune d'entre elles étant caractérisée par la stratégie adhésive engagée (Tableau 1):

- une stratégie de collage de type «Etch & Rinse» (anciennement appelée *Total Etch*) si le système adhésif doit être combiné à un mordantage total de l'émail et de la dentine par de l'acide phosphorique;
- une stratégie d'adhésion de type «Self-Etch» si le système adhésif utilisé contient un agent automordant;
- une stratégie d'adhésion faisant appel aux adhésifs à base de ciment verre ionomère modifié par adjonction de résine (collage par CVI hybrides).

Tableau 1 – Les 3 stratégies d'adhésion proposées par Van Meerbeek et al.(2003)

Etch & Rinse	Stratégie CVIRM	Self-Etch
<p><u>Systèmes multi-séquentiels</u></p> <p>→ éliminent complètement la boue dentinaire</p> <p>→ impliquent un collage :</p> <ul style="list-style-type: none"> - en 3 étapes (Multipurpose) - en 2 étapes (One Bottle) 	<p><u>Adhésifs CVI_{RM}</u></p> <p>→ permettent un collage chimique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - en 2 étapes 	<p><u>Systèmes automordants</u></p> <p>→ dissolvent incomplètement la boue dentinaire</p> <p>→ impliquent un collage <u>simplifié</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - en 2 étapes (Self-Etching Primer) - en 1 étape (All-in-one)

L'Etch & Rinse (E&R) reste la procédure de collage la plus sûre et la plus performante à long terme. Les tests réalisés en laboratoire et le recul clinique dont bénéficient ces adhésifs font, qu'actuellement, ils restent les meilleurs adhésifs du marché. Les systèmes nécessitant 3 étapes procurent des valeurs d'adhésion constantes et reproductibles d'un opérateur à l'autre. Bien que donnant des résultats quantitatifs légèrement inférieurs à

ceux-ci, les adhésifs monoflacon (*one bottle*) ont fait leurs preuves cliniques et ils constituent, aujourd'hui, une alternative de collage simplifiée très fiable.

Le Self-Etch (SE) est une stratégie de collage simplifiée en 2 séquences pour les primaires automordants (Self-Etching Primer de la 5^{ème} génération) et en une seule pour les adhésifs automordants («all-in-one» de 6^{ème} et de 7^{ème} générations). D'un point de vue biologique, le SE ne consiste pas en une stratégie unique de collage. En effet, il faut différencier les systèmes automordants en fonction de leur action sur l'émail et sur la dentine et en fonction de type d'adhésion qu'ils engagent. Les adhésifs sont alors classés en 3 catégories en fonction de l'acidité (pH) de l'agent automordant :

- Les systèmes automordants ayant un **pH fort ≤ 1** (flacons Self flacons, SSE) s'apparentent aux adhésifs de type «flacons & Rinse» et procurent une adhésion purement **µmécanique**. L'acidité de l'agent automordant étant sensiblement inférieure à celle de l'acide phosphorique, l'émail est donc moins profondément déminéralisé. Ceci n'empêche toutefois pas la création de µanfractuosités et donc la constitution de brides de résine à la surface et entre des prismes d'émail. Au niveau de la dentine, l'agent automordant élimine presque complètement la boue dentinaire à l'entrée des tubuli et permet également d'obtenir une exposition presque totale des fibrilles de collagène, autorisant ainsi l'établissement de brides de résine dans les tubules et l'hybridation de la dentine. Toutefois, et contrairement à un mordantage à l'acide phosphorique, de l'hydroxyapatite résiduelle peut rester liée au collagène. Cet obstacle à l'infiltration et à l'imbrication de la résine adhésive ne serait cependant pas préjudiciable. ~~Il n'en reste pas moins que la~~ fiabilité de ce type d'adhésif est sérieusement mise en doute de par le fait que l'acidité de l'agent automordant est relativement importante : n'étant pas rincé (c'est le principe même des automordants), cet acide fort serait incomplètement neutralisé et les résidus, incorporés dans la couche hydride, diminueraient drastiquement l'adhésion dentinaire. Il va sans dire que les SSE, bien que s'apparentant à la stratégie adhésive E&R, lui sont en tous points inférieurs. Ils représentent, à nos yeux, une alternative de collage qui dans la majorité des cas ne pourra pas satisfaire nos exigences. Les SSE de type «all-in-one» trouvent cependant des applications en orthodontie et en dentisterie pédiatrique.
- Les systèmes automordants ayant un **pH faible ≈ 2** (Mild Self flacons, MSE) sont des produits révolutionnaires dans le sens où ils permettent, en complément d'une adhésion **µmécanique** traditionnelle, des liaisons **chimiques** stables entre l'hydroxyapatite des tissus dentaires et la résine adhésive. L'acidité de l'automordant étant relativement faible (par rapport à celle de l'acide phosphorique), la déminéralisation de l'émail est minime et très superficielle. L'adhésion µmécanique sur l'émail est donc considérablement réduite (par rapport à une stratégie «E&R») mais une adhésion chimique s'établit entre l'hydroxyapatite du substrat dentaire et un constituant de la résine adhésive (actuellement, on peut considérer que ces liaisons chimiques ne sont pas encore suffisantes).

Au niveau de la dentine, la boue dentinaire est partiellement dissoute et n'est pas

complètement éliminée des tubules. Ceci influence bien sûr la longueur des brides de résine qui se constituent à l'intérieur des tubules sans pour autant constituer une entrave à l'adhésion mécanique de l'adhésif à la dentine. De plus, de nombreux cristaux d'hydroxyapatite, intimement liés aux fibrilles de collagène, persistent au niveau de la dentine incomplètement déminéralisée et sont alors engagés dans des liaisons chimiques stables avec certains constituants de l'adhésif. La qualité de l'adhésion dentinaire se voit donc considérablement améliorée puisqu'elle combine un collage mécanique suffisant à une adhésion chimique.

Ces adhésifs MSE devront être améliorés afin de perfectionner leurs performances d'adhésion à l'émail : d'une part, l'agent automordant des MSE n'est pas suffisamment acide que pour assurer une adhésion mécanique valable à long terme au niveau de l'émail et d'autre part, les liaisons chimiques de ces MSE à l'émail ne sont pas encore suffisantes pour pallier le manque d'adhésion mécanique à ce tissu.

Les systèmes MSE seront à coup sûr amendés de leurs défauts et constitueront vraisemblablement une stratégie d'adhésion prometteuse.

- Les systèmes automordants ayant un **pH moyennement fort = 1.5** (Intermediary flacons Self flacons, ISSE) sont apparentés au SSE parce qu'ils permettent une bonne adhésion **mécanique** aussi bien à l'émail qu'à la dentine. Ils sont également engagés dans des liaisons **chimiques** avec les substrats dentaires.

L'acidité de l'agent automordant est plus importante que celle des MSE ce qui assure une déminéralisation suffisante pour la formation de brides résineuses adéquates dans l'émail et dans la dentine.

Leur comportement au niveau de la dentine est double puisqu'ils déminéralisent presque complètement la dentine superficielle (comme les SSE) mais partiellement la dentine profonde (comme les MSE) ce qui donne lieu à une dentine hybridée en deux zones distinctes: le sommet de la couche hybride résulte d'une déminéralisation presque complète tandis qu'à la base, des cristaux d'hydroxyapatite, restés attachés aux collagène, se lient chimiquement à la résine adhésive.

Ces ISSE réalisent ainsi une adhésion chimico-mécanique qui semble dès aujourd'hui aguichante mais qui devra bien sûr faire ses preuves en clinique.

Les adhésifs à base de CVI_{RM} sont presque exclusivement orientés vers une **adhésion chimique** par chélation du calcium entre la matrice du verre ionomère et les tissus dentaires. Les groupes carboxylates de l'adhésif se lient au Ca^{+2} de l'hydroxyapatite et de ce fait, plus le tissu est minéralisé, meilleure sera l'adhésion. Ce type d'adhésif sera préféré chaque fois qu'un collage doit être réalisé sur une dentine hyperminéralisée (dentine hyper sclérotique, lésion cunéiforme) ou sur de l'émail aprismatique.

Il ne faut toutefois pas négliger le fait que l'adhésion quantitative d'un CVI (équivalente tout au plus à 6 MPa au niveau de la dentine) est inférieure à celle de toutes les résines adhésives (l'adhésion dentinaire avoisinant les 20 MPa). Il n'en reste pas moins que de nombreuses études laissent présager du bon comportement des matériaux CVI et témoignent de leur excellente qualité d'adhésion (ce matériau ne permet aucun *nanoleakage* et

minimise fortement les risques de *microleakage*).

Pour «imposer» ces nouveaux adhésifs simplifiés (SSE, MSE et ISSE) sur le marché, les fabricants vantent bien sûr la rapidité et la facilité de mise en oeuvre de tous ces systèmes SE : moins il y a d'étapes cliniques et moins il y aurait de risque d'erreur de manipulation. Cet argument est pourtant totalement erroné puisque «pour coller vite, il faut coller encore mieux». En effet, plus que jamais, l'opérateur doit scrupuleusement respecter le protocole opératoire préconisé par le fabricant car à la moindre digression, le collage sera le plus souvent voué à l'échec. Ainsi, bien que simplifiés, tous les systèmes adhésifs de SE sont beaucoup plus fastidieux à mettre en oeuvre et requièrent une plus grande attention de travail et de nombreuses précautions.

Néanmoins, le SE présente un avantage majeur sur l'E&R puisqu'il n'est pas associé à un mordantage total à l'acide phosphorique : le risque de dessécher la dentine et par-là le risque de collapsus collagénique, sont inexistantes. Il en est de même pour le risque de *nanoleakage*, phénomène responsable des douleurs post-opératoires et d'une altération de la capacité d'adhésion, qui se voit fortement minimisé avec les automordants de type MSE et ISSE.

Bien que les performances cliniques des automordants ne soient pas encore démontrées à long terme et bien que les tests *in vitro* laissent percevoir qu'ils confèrent des valeurs d'adhésion à l'émail et à la dentine plus faibles que celles obtenues avec les systèmes E&R, il est à parier qu'ils vont être très vite améliorés et qu'ils constituent, d'ores et déjà, les systèmes adhésifs de demain.

2. Les produits et leur nom commercial (liste non exhaustive)

Différents systèmes adhésifs sont repris ci-dessous selon leurs modalités d'application clinique et le mode de l'adhésion à la dentine.

Systèmes adhésifs éliminant la boue dentinaire en 3 étapes – Adhésifs pour mordantage total en 3 étapes (*Three-steps etch sclérotique rinse*) :

Scotchbond Multi-Purpose (3M)
OptiBond FL (Kerr)
Solid Bond (Héraeus Kulzer)
All-Bond 2 (Bisco)

Systèmes adhésifs éliminant la boue dentinaire en 2 étapes – Adhésifs «monoflacon» pour mordantage total en 2 étapes (*sclérotique etch sclérotique rinse*) :

Gluma Bond Desensitizer (Héraeus Kulzer)
OptiBond Solo (Kerr)
Scotchbond 1 (3M)
Prime & Bond (Caulk)
One-step (Bisco)
Solobond M (Voco)

Systemes adhesifs dissolvant la boue dentinaire en 2 etapes – Systemes adhesifs automordancants en 2 etapes (*sclerotique self-etch*) :

OptiBond SE plus SE (Kerr)
Clearfil SE Bond Plus primer (Kuraray)
Etch & Prime (Degussa)
AdheSE (Vivadent)
GC UniFil Bond (GC)

Systemes adhesifs dissolvant la boue dentinaire en 1 etape – Adhesifs automordancants en 1 etape (*One-step self-etch*) :

Adper Prompt sclerotique (3M-Espe)
iBond (Heraeus sclerotique)
Xeno III (Densply)

Systemes adhesifs a base de verres ionomeres 2 etapes :

FujiBond LC (GC)

Les restaurations adhésives – Evolution des concepts thérapeutiques

Les progrès réalisés dans le domaine de l'adhésion amélo-dentinaire vont de paire avec les améliorations des matériaux d'obturation. L'amalgame d'argent est devenu impopulaire auprès de nos patients d'une part parce qu'il est inesthétique et d'autre part parce qu'il suscite de nombreuses polémiques concernant son potentiel toxique. Les restaurations adhésives s'inscrivent directement dans une dentisterie cosmétique mais constituent surtout une dentisterie minimaliste, la forme de la cavité étant le plus souvent limitée à la seule extension de la carie.

Il existe trois types de matériaux permettant la réalisation de restaurations adhésives, à savoir les résines composites, les verres ionomères et les compomères.

▪ Restaurations adhésives en verres ionomères

Une des caractéristiques les plus significatives des ciments verres ionomères est leur capacité à AUTO-adhérer chimiquement aux tissus dentaires non traités et ce par un mécanisme d'échange d'ions : les groupes carboxylates (COOH) des CVI se lient aux Ca^{+2} de l'hydroxyapatite des tissus minéralisés. Il va s'en dire que les CVI auto-adhèrent mieux à l'émail (tissu minéralisé à 96 %) qu'à la dentine (tissu minéralisé à 70 %). C'est pourquoi il est vivement recommandé de conditionner la dentine pendant 10 secondes avec de l'acide polyacrylique à 10%. Attin et al. (1996) ont également montré que l'application du conditionneur sur l'émail améliore considérablement l'adhésion du matériau au substrat amélaire. L'acide polyacrylique permet d'abaisser la tension superficielle des tissus dentaires et de leur conférer une meilleure mouillabilité. Il est important de noter que même s'il est incomplètement éliminé lors du rinçage, cet acide n'interfère pas avec la réaction de prise des CVI car il entre dans la composition de tous les systèmes verres ionomères.

Une autre caractéristique des CVI est qu'ils contiennent des fluorures qu'ils libèrent pendant un certain temps, en quantité significative, dans l'environnement immédiat de la dent restaurée. De ce fait, les CVI pourraient très bien favoriser la reminéralisation de lésions débutantes présentes sur les dents adjacentes mais pourraient aussi être à l'origine d'une meilleure résistance à la carie au niveau du joint de l'obturation. En effet, le fluor en s'incorporant dans le réseau d'hydroxyapatite de l'émail périphérique donne lieu à la fluoroapatite qui constitue un réseau minéral plus résistant aux attaques acides que l'hydroxyapatite elle-même. Le fluor contenu dans les CVI a également un effet inhibiteur sur la formation de la plaque bactérienne ce qui explique la réaction favorable des tissus mous vis-à-vis des obturations CVI et ce qui permet de comprendre pourquoi il y a si peu de microleakage au niveau de ces restaurations. Les CVI ont donc des propriétés cariostatiques et reminéralisantes ce qui en fait probablement les matériaux les plus «intelligents» (entendez par-là bio-actifs)

Une dernière caractéristique des CVI tient dans le fait qu'ils peuvent réabsorber des ions fluorures et les relarguer ensuite dans l'environnement immédiat de la dent. Ils constituent ainsi une véritable pompe à fluor et une réserve considérable.

L'inconvénient majeur des CVI est leur faible résistance à la fracture.

▪ Les résines composites

Les fabricants se sont particulièrement attachés à perfectionner les propriétés physiques et esthétiques des résines composites ce qui en fait maintenant des matériaux tout à fait acceptables à tous points de vue.

Les hybrides «modernes» permettent désormais d'allonger la liste des indications des restaurations en composite. De nombreuses applications sont aujourd'hui proposées allant des obturations des cavités de classe III ou V jusqu'à une dentisterie cosmétique. Les composites permettent de traiter la plupart des traumatismes, de masquer une dyschromie, de changer la forme et la taille des dents, de réaliser des facettes sur les dents antérieures et des inlays ou des onlays semi-directs. Certains composites de laboratoire sont devenus tellement performants (solidité et résistance, meilleurs résultats esthétiques, pérennité de leur état de surface) qu'ils sont utilisés par certains pour la fabrication d'onlays indirects, de couronnes voire même de bridge.

Classification des résines composites

D'un point de vue clinique, les résines composites peuvent être classées en 4 catégories de matériaux :

Les composites à charges hétérogènes sont des matériaux fortement chargés qui contiennent par la même occasion une phase résineuse moins importante. Par ce fait, ces composites présentent une contraction de prise moins importante.