

## ... Analyse des données fondamentales après 8 ans de recul et algorithme de traitement pour un protocole simplifié

Jean-Pierre Attal

Gil Tirlet

Paris



### Introduction

Les MIH présentent une prévalence forte en France et dans le monde, environ 14 % (1). Elles sont caractérisées par une hypominéralisation qui atteint au moins une quatre 1<sup>res</sup> molaires permanentes et souvent les incisives, voire les canines, parfois même les 2<sup>es</sup> PM, voire la 2<sup>e</sup> molaire permanente (2).

Dans le secteur antérieur, les hypominéralisations sont à l'origine de tâches localisées dans la moitié coronaire de la dent, bien délimitées, asymétrique, de couleur blanche ou colorées. La présence de ces tâches entraîne pour le patient des disgrâces esthétiques au minimum désagréable, voire capable de perturber la vie sociale des enfants (3). Leur traitement entraîne une amélioration de leur bien-être (4) comme c'est d'ailleurs le cas avec les taches de fluoroses (5).

Plusieurs techniques (6) ont été proposées pour traiter les taches du secteur antérieur (reminéralisation, microabrasion contrôlée...) mais dans cet article nous nous intéresserons à la technique que nous avons appelée érosion/infiltration et que nous avons décrite pour la première fois il y a 10 ans pour le traitement des lésions liées aux fluoroses et aux traumatismes (7), lésions le plus souvent superficielles.

Cette technique peut fonctionner dans le cas des MIH mais uniquement si la technique est modifiée. En effet, dans le cas des MIH, la lésion hypominéralisée étant profonde (8), il n'est pas possible de réussir le traitement par infiltration superficielle comme le préconise le fabricant sous peine d'être confronté à de nombreux échecs (9) ou des résultats particulièrement inconstants (10). Pour résoudre ces difficultés de traitement, nous avons imaginé en 2012 une technique modifiée et publiée en 2013, que nous avons appelée « érosion/infiltration en profondeur » (11) (12) (13). Le protocole de cette technique modifiée est très loin de celui proposé par l'industriel qui commercialise le seul produit d'érosion-infiltration (Icon-DMG). En plus de l'accès en profondeur qui n'est pas proposé par l'industriel, nous avons proposé l'association à l'éclaircissement dentaire, à l'utilisation d'hypochlorite de sodium et à des composites opacifiants si nécessaire (14). Par ailleurs l'accès à la lésion pourra se faire à l'aide de sablage, de fraisage ou même de grattage avec un bistouri (15).

Depuis, d'autres équipes ont apporté leur contribution à notre proposition initiale (16) (17) (18) (6) et l'infiltration en profondeur semble aujourd'hui largement acceptée (19) (20). Même si cette technique est utilisable dans le cas des fluoroses sévères (21) ou des hypominéralisations traumatiques (11), le but de cet article est de faire le point sur la procédure d'érosion infiltration dans le cas spécifique des MIH. Nous avons déjà fait le point de cette technique d'infiltration en profondeur après 5 ans de recul (22), cette fois-ci nous le faisons avec 8 années de recul.

Nous rappellerons 7 données fondamentales afin de mieux comprendre la procédure proposée. En effet chaque étape est justifiée par les connaissances fondamentales de l'anatomopathologie, des mécanismes de diffusion et d'éclaircissement, des propriétés mécaniques et des optiques. Enfin nous synthétiserons un nouveau protocole simplifié, qui sera illustré par un algorithme de traitement.

### Les 7 données fondamentales et leurs implications cliniques

#### Les propriétés optiques des lésions

Les lésions ont une apparence blanche et parfois colorée, voire très colorées, avec ou sans perte de substance.

- L'aspect blanc (crèmeux) de la lésion s'explique par les lois élémentaires de l'optique géométrique. Le rayon lumineux pénétrant l'émail se retrouve dans un milieu hétérogène où la multiplication des interfaces réfractives crée un labyrinthe optique expliquant ainsi la coloration blanche, comme l'illustrent les schémas que nous avons publiés en 2013 (8).
- L'aspect coloré (jaune/marron, parfois orangée) de la lésion s'explique par les lois élémentaires de l'optique ondulatoire ou quantique. En effet il s'agit d'un phénomène d'absorption par des molécules organiques ou par des minéraux. La couleur visible de la lésion est au total une combinaison de coloration intrinsèque et extrinsèque.

**Coloration intrinsèque :** les études les plus récentes nous laissent penser que certaines colorations sont d'origine métallique (14). Mais d'ores et déjà cela permet de comprendre les limites des techniques d'éclaircissement qui sont souvent un préalable au traitement.

**Coloration extrinsèque :** elles proviennent de la cavité buccale et du biofilm qui se dépose à la surface des dents (tannins notamment). La coloration sera d'autant plus importante que l'épaisseur de l'émail concerné par l'hypominéralisation est importante. Lorsque l'hypominéralisation intéresse toute la surface de l'émail il n'est pas rare de voir des colorations très foncées, voire noires. Dans ce cas elles sont pour l'essentiel d'origine organique et répondent bien à l'éclaircissement.

#### Morphologie des lésions de MIH

Elles se développent, toujours en vestibulaire, dans la moitié coronaire de la dent depuis la jonction amélo-dentinaire vers la surface de l'émail et peuvent aller jusqu'à intéresser la totalité de l'émail (8). Contrairement au secteur postérieur où la perte de substance est très fréquente en raison du contact avec l'antagoniste, la morphologie de l'émail est assez souvent intacte car les contraintes mécaniques y sont bien plus faibles.

**Si la lésion intéresse uniquement la partie interne de l'émail (Fig. 1),** il sera nécessaire d'effondrer (par sablage ou fraisage) la zone d'émail sain pour atteindre ce que nous appelons le plafond de la lésion (ligne orange).

**Si la lésion intéresse toute l'épaisseur de l'émail (Fig. 2),** il faudra tout de même éliminer une partie de l'émail hypominéralisé, et ce pour 3 raisons :

- la forme de la lésion nécessite de part et d'autre au minimum un fraisage (au niveau des flèches) pour éviter un halo disgracieux après infiltration (8) ;
- le meilleur résultat optique est obtenu lorsque la résine d'infiltration pénètre le plus profondément possible, or la résine ne peut s'infiltrer que sur une profondeur d'au plus 500 µm (23) voire 700 µm (24). Il faudra donc dans tous les cas commencer l'infiltration plus en profondeur alors même que la lésion est accessible immédiatement ;
- dans le cas des lésions colorées dont la coloration qui n'a pas cédé avec l'éclaircissement ou l'hypochlorite, nous aurons besoin d'un peu d'épaisseur pour masquer à l'aide de matériaux composites la coloration (14).

Cet effondrement se fera par **sablage ou fraisage**, jamais par érosion chimique (trop long).

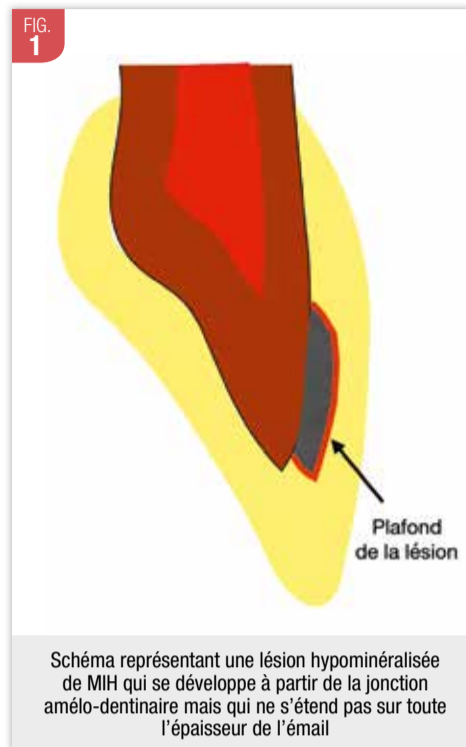


FIG. 1  
Schéma représentant une lésion hypominéralisée de MIH qui se développe à partir de la jonction amélo-dentinaire mais qui ne s'étend pas sur toute l'épaisseur de l'émail

#### Le principe de l'infiltration des lésions blanches

L'infiltration dans les porosités de la lésion hypominéralisée d'une résine dont l'indice de réfraction (1,52) est proche de celui des cristaux d'hydroxyapatite amélaire (1,62) permet de limiter les interfaces réfractives et par conséquent d'autoriser la transmission de la lumière. Ainsi la lésion blanche devient translucide et se retrouve donc masquée (7). En aucune façon ce principe optique qui est à la base de la technique d'érosion infiltration ne peut masquer une tache colorée ! L'encadré suivant résume les données d'un article que nous avons publié récemment (14).

**À retenir :** L'infiltration est efficace contre les taches blanches. L'infiltration n'est pas une technique qui permet de traiter les taches colorées de l'émail, à moins de l'associer à d'autres techniques traitant la couleur. Elles sont au nombre de 4 et ne font pas partie du coffret Icon (DMG) commercialisé pour l'érosion/infiltration :

- l'éclaircissement,
- l'hypochlorite de sodium,
- les composites opaques
- la sur-caractérisation de surface pour augmenter la réflexion diffuse superficielle.

#### Les propriétés mécaniques de l'émail hypominéralisé

Macroscopiquement les cristaux d'hydroxyapatite sont moins minéralisés avec une diminution de la densité minérale évaluée de 31,7 % à 58,8 % (25). Le taux de protéines est du coup 3 à 15 fois plus élevé que sur l'émail sain (6). Les conséquences sur le plan mécanique sont une diminution significative de la microdureté (1,8 GPa vs 4,4 GPa). Ainsi, si l'émail sain est dur et cassant, et résiste au grattage à l'aide d'un bistouri, l'émail hypominéralisé est friable et des copeaux sont ramenés au grattage. Nous allons utiliser cette propriété lors de nos procédures décrites plus loin car le bistouri est un excellent outil qui indique si on a eu accès ou non à la lésion (15).

Il semble aujourd'hui admis que la double infiltration, autrement dit les 2 applications de la résine (26), améliorent les propriétés mécaniques de cet émail hypominéralisé (27), avec notamment un signe qui ne trompe pas sur les molaires qui se cassent moins une fois leur lésion infiltrée (28). Et ce, même si la dureté augmente peu (29) car l'amélioration des propriétés mécaniques est probablement liée à l'amortissement des contraintes que permet l'infiltration de résine.

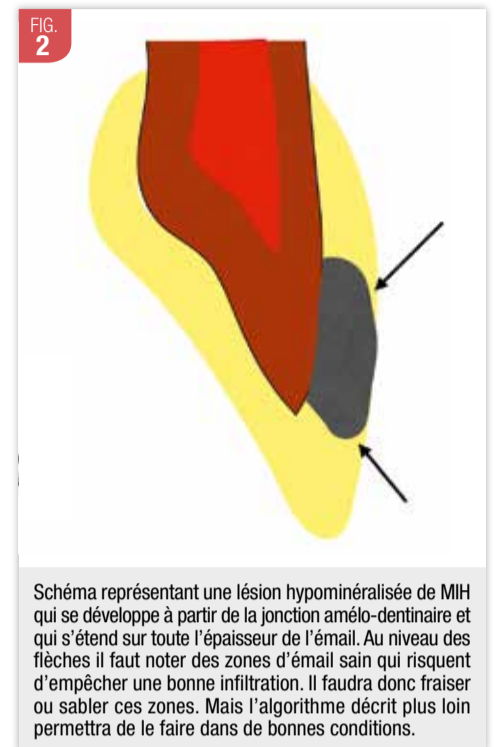


FIG. 2  
Schéma représentant une lésion hypominéralisée de MIH qui se développe à partir de la jonction amélo-dentinaire et qui s'étend sur toute l'épaisseur de l'émail. Au niveau des flèches il faut noter des zones d'émail sain qui risquent d'empêcher une bonne infiltration. Il faudra donc fraiser ou sabler ces zones. Mais l'algorithme décrit plus loin permettra de le faire dans de bonnes conditions.

#### Le rôle de l'acide chlorhydrique

Initialement, dans les protocoles initiaux de l'érosion-infiltration, l'HCl à 15 % était utilisé pendant 2 longues minutes (parfois avec frottement) pour éliminer les 40 microns de l'émail hyperminéralisé (30) (31) au contact du milieu buccal. Lorsqu'on se situe sur de l'émail sain, la cinétique est encore plus lente que sur l'émail hyperminéralisé car les protéines, plus nombreuses, protègent de la déminéralisation (32). On n'utilisera donc pas l'acide chlorhydrique pour atteindre la lésion si elle est en profondeur. **On utilisera le fraisage ou le sablage pour accéder à la lésion !**

**À retenir :** Dans le cas du traitement des MIH, l'HCl n'est pas utilisé pour atteindre le plafond de la lésion. On utilise le fraisage ou le sablage !

#### Les rôles de l'acide chlorhydrique :

- Il permet tout d'abord à l'alcool de pénétrer en profondeur grâce à la déminéralisation préférentielle au niveau de la lésion hypominéralisée. L'alcool étant, comme nous allons le voir plus loin un indicateur d'infiltration, ces cycles HCl/alcool sont très importants car ils permettent d'anticiper la qualité de la pénétration de la résine.
- Il permet en générant une pression capillaire, force motrice de l'infiltration de la résine, de favoriser encore plus « l'aspiration » de l'Icon Infiltrant
- Il permet (après rinçage) d'éliminer les débris du fraisage et du sablage dans le cadre de la séquence HCl/alcool/sablage ou fraisage. En effet les débris de fraisage/sablage pourraient perturber la pénétration de l'alcool et de la résine. Ainsi, même si les propriétés optiques de certaines zones de la lésion sont bien modifiées par l'application de l'alcool, on repassera l'HCl sur ces zones (et celles que l'on a fraisées ou sablées).
- Il libère les protéines colorées en les rendant accessibles à l'oxydation dans le cadre des cycles HCl-NaOCl
- Il peut être utilisé pour le mordantage de l'émail périphérique de la restauration lors du comblement de la concavité.

Au total, en profondeur, des cycles de 5 à 10 secondes sont donc largement suffisants, et ce, sans frottement. Cela procure un gain de temps notable par rapport aux deux minutes systématiques que l'on appliquait encore récemment ! Ainsi dans le cadre du traitement des MIH, et si on applique notre protocole, on ne peut plus vraiment parler d'érosion pour l'acide chlorhydrique, car son utilisation ne correspond pas à une érosion progressive pour éliminer du tissu dentaire (car cela est réalisé par sablage ou fraisage) mais à une simple déminéralisation.



Enfin, une question est souvent posée concernant la possibilité d'utiliser l'acide phosphorique en profondeur (33). En dehors de l'intérêt évident du réassort plus facile du produit, l'acide phosphorique pourrait avoir une moindre agression des prismes d'émail (34) sans différence ni sur l'émail sain ou déminéralisé (35). Toutefois, à ce stade, et en attendant d'autres données sur le sujet, nous conservons l'HCl qui a donné empiriquement satisfaction depuis 10 ans.

### La diffusion de la résine d'infiltration, sa double application et sa biocompatibilité

La résine d'infiltration est composée essentiellement (à environ 78 %) de TEGDMA, d'autres monomères (TMPTA ou triméthylolpropantriacylat 20 %), d'hydroxytoluène butylé (BHT) et de photoinitiateurs (36). C'est essentiellement un monomère hydrophobe, il est donc impératif de bien éliminer au maximum l'eau résiduelle au sein de la lésion grâce à l'étape alcoolique. L'infiltration de la résine s'apparente à un phénomène de diffusion qui correspond, classiquement

en physique, à une cinétique fonction de la racine carrée du temps. C'est pourquoi plus on augmente le temps d'application de la résine, plus la diffusion en profondeur est performante (37) (23) (Paris 2012). Ainsi, si dans nos simplifications proposées nous diminuons drastiquement le temps d'application de l'HCl, nous ne changeons pas le temps de diffusion de la résine, au moins pour la première application. En effet nous n'appliquerons un long temps de pénétration (2 minutes) que pour la première application de résine. La deuxième application n'ayant pour but que de compenser la rétraction de polymérisation, et non pas de diffuser en profondeur. Quelques secondes suffisent donc pour la 2<sup>e</sup> application.

Notons au passage que s'il reste un peu d'eau au fond de la lésion, la résine hydrophobe ne pourra pas s'infiltrer totalement et restera au contact de l'eau laissant des interfaces réfractives et un masquage partiel de la lésion. De nombreuses équipes ont constaté que les résultats du masquage s'améliorent dans le temps, ce qui peut s'expliquer par l'absorption d'eau de la résine qui finit par atteindre

la quasi-totalité de la lésion, diminuant les interfaces réfractives et autorisant une transmission complète de la lumière.

Notons enfin que le TEGDMA est un monomère potentiellement toxique, car il peut libérer du formaldéhyde (38) mais cette inquiétude est totalement levée dans le cas d'une infiltration en profondeur car ce monomère n'est pas au contact des muqueuses.

### L'adhésion

3 points sont à bien comprendre concernant les mécanismes d'adhésion mis en jeu au cours de cette procédure.

#### L'adhésion de la résine d'infiltration à la lésion hypominéralisée.

Cette adhésion est classiquement décrite comme étant moins performante que sur l'émail sain (39). Toutefois en profondeur le mécanisme d'adhésion de la résine TEGDMA au sein de la lésion hypominéralisée présente une composante mécanique importante

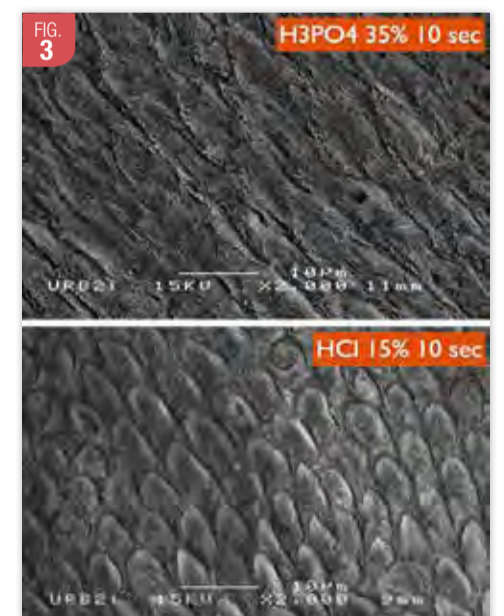
favorable, c'est donc surtout les faibles propriétés mécaniques de l'émail hypominéralisé et de la résine d'infiltration non chargée qui posent problème. De ce point de vue, l'utilisation systématique de NaOCl, sur le modèle des traitements des amélogénèses imparfaites, n'est pas indispensable étant donné la qualité de l'infiltration et de la composante mécanique.

#### L'adhésion entre la résine d'infiltration et le composite.

Ici la composante est chimique car il s'agit d'une co-polymérisation. L'erreur la plus fréquente est soit de négliger la 2<sup>e</sup> couche de résine d'infiltration lorsque l'effet optique a bien été constaté soit de trop l'amincir. En effet l'extrême fluidité de cette résine donne l'impression qu'elle contient un solvant, ce qui n'est pas le cas. Il résulte de son amincissement important, associé à sa forte rétraction volumique, une mauvaise adhésion entre les 2 matériaux. Ainsi certains décollements de composites ont été décrits lorsqu'on utilisait l'Icon Infiltrant comme un adhésif. Notons que la plupart des études qui évaluent l'adhérence de l'Icon infiltrant au composite le font sur un émail déminéralisé en superficie et obtiennent d'excellents résultats d'adhérence (40). Dans le cas des MIH, la lésion est bien plus profonde et il est très probable qu'il n'y ait pas assez de résine d'infiltration après 1 couche et même parfois après 2 couches de résine. Cela expliquerait la contradiction entre les excellents résultats des études in vitro et les résultats cliniques plus décevants. La proposition que nous faisons est de systématiser la 2<sup>e</sup> couche d'infiltrant et de la compléter après polymérisation par le dépôt d'une fine couche de résine hydrophobe chargée afin d'optimiser la cohésion mécanique de l'interface. Attention, il faut s'attarder sur les traitements de surfaces de la périphérie de la lésion. En effet le fait d'être focalisé pendant le traitement sur les modifications optiques de la lésion peut induire le praticien à sous-traiter la périphérie à l'acide chlorhydrique, ce qui peut être à l'origine des échecs de tenue du composite.

#### L'adhésion du composite sur l'émail périphérique sain et traitée à l'HCl 15 %.

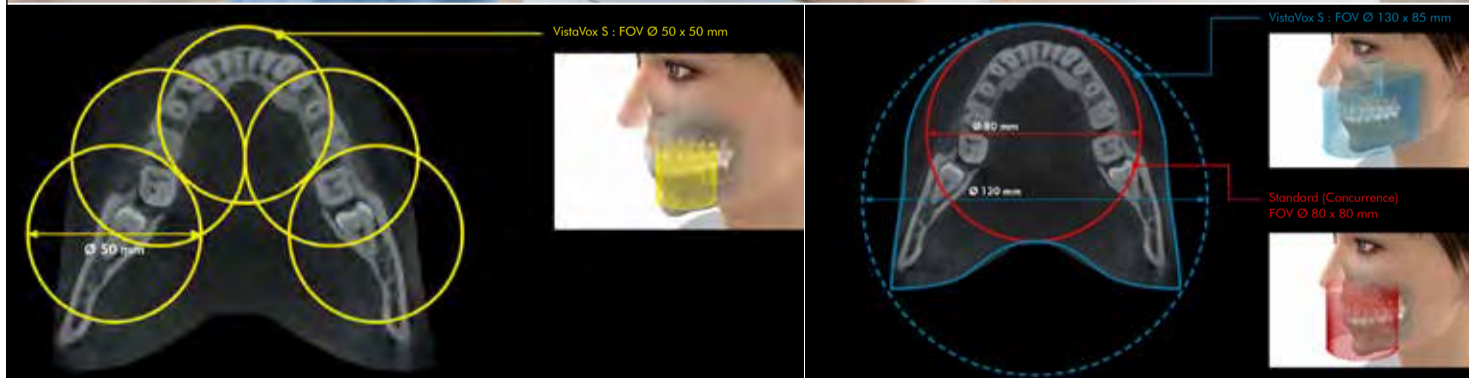
La périphérie du composite collera sur une surface d'émail qui aura été déminéralisée par de l'acide chlorhydrique. Des études antérieures semblent montrer que l'adhésion est aussi bonne avec l'HCl 15 % qu'avec l'acide phosphorique (41). Des vues au MEB réalisées dans notre laboratoire semblent montrer une attaque plus agressive des espaces interprismatiques avec HCl à 15 % pendant 10 secondes qu'avec H3PO4 à 35 % pendant 10 secondes (Fig. 3).



(En haut), les attaques interprismatiques liées à l'attaque à l'acide phosphorique semblent moins agressives qu'avec l'HCl 15 % pendant le même temps (en bas). MEB : Stéphane LeGoff

En termes d'adhérence, des comparaisons ont été réalisées pour 30 secondes d'application d'H3PO4 qui est une durée plus habituelle avec l'acide phosphorique (Fig. 4). On note une excellente adhérence des composites à l'émail mordancé à l'acide chlorhydrique à 35 % pendant 10 secondes, et encore mieux pendant 30 secondes !

## Plateforme VistaSoft, le flux complet d'images disponible en un clic.



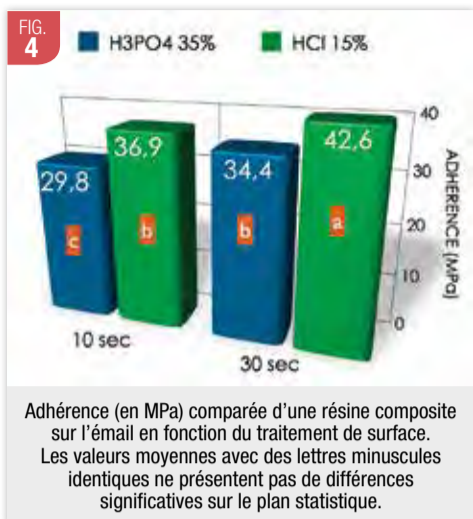
**Plus de diagnostic – moins d'exposition aux rayons :** Le volume adapté à la forme de la mâchoire, propose un volume de diagnostic équivalent à celui d'un appareil de Ø 130 mm. Accès rapide à toutes les fonctions grâce à son écran tactile 7". Avec la technologie S-Pan, vous avez des clichés 2D et 3D d'exception en un seul appareil.

Pour en savoir plus, contactez :  
Nils Saint Jalmes - Tél : 06.35.83.99.93  
Email : Nils.SaintJalmes@duerrdental.com

Dispositif Médical de classe IIb CE0297. Nous vous invitons à lire attentivement les instructions figurant sur les notices. Produits non remboursés par les organismes de santé.

**DÜRR  
DENTAL**  
LE MEILLEUR, TOUT UN SYSTÈME





## La nouvelle procédure simplifiée de l'érosion/infiltration et l'algorithme de traitement

Le principe général du traitement, et surtout toutes les simplifications que nous proposons, ne correspondent pas du tout à celui proposé par l'industriel. Il ne faut pas s'en offusquer car l'industriel n'a jamais indiqué ce traitement pour les MIH.

### Les 4 étapes clés et leurs simplifications

4 étapes sont impératives pour masquer la lésion avec succès. Les connaissances du premier chapitre nous permettent de procéder à des simplifications du protocole pour un gain de temps et d'efficacité.

**Étape 1 - accès effectif à la lésion par fraissage ou sablage :** Cette étape est tellement importante qu'elle donne son titre à certaines contributions (18). La localisation dans la moitié coronaire des lésions antérieures implique une épaisseur d'émail de l'ordre de 1 mm chez le jeune, ce qui nous laisse la possibilité de réaliser cette étape sans crainte particulière d'atteindre la dentine et en général cette étape se fait sans anesthésie. Cet accès par sablage ou fraissage est infiniment plus rapide que celui proposé par l'industriel (qui préconise des érosions successives de 2 minutes à l'HCl 15 %). La vérification que cette étape a été bien réalisée peut se faire, comme nous l'avons expliqué plus haut, par simple grattage à l'aide d'un bistouri.

En effet, lorsqu'on gratte avec un bistouri l'émail hypominéralisé, des copeaux apparaissent car cet émail est mécaniquement plus fragile et friable (Fig. 5a). Lorsque des copeaux apparaissent sur toute la surface de la lésion, on peut passer à l'étape n° 2. Sinon on continuera à sabler ou à fraiser spécifiquement les zones qui ne donnent pas de copeaux au grattage. On fera donc autant de cycles sablage/fraissage et grattage au bistouri que nécessaire. Il n'y a aucun intérêt pendant cette étape à utiliser de l'HCl à 15 %. Notons que le plus souvent, nous atteignons assez vite la lésion au centre de la lésion et c'est très souvent en périphérie que les cycles bistouri/sablage ou fraissage se continueront.

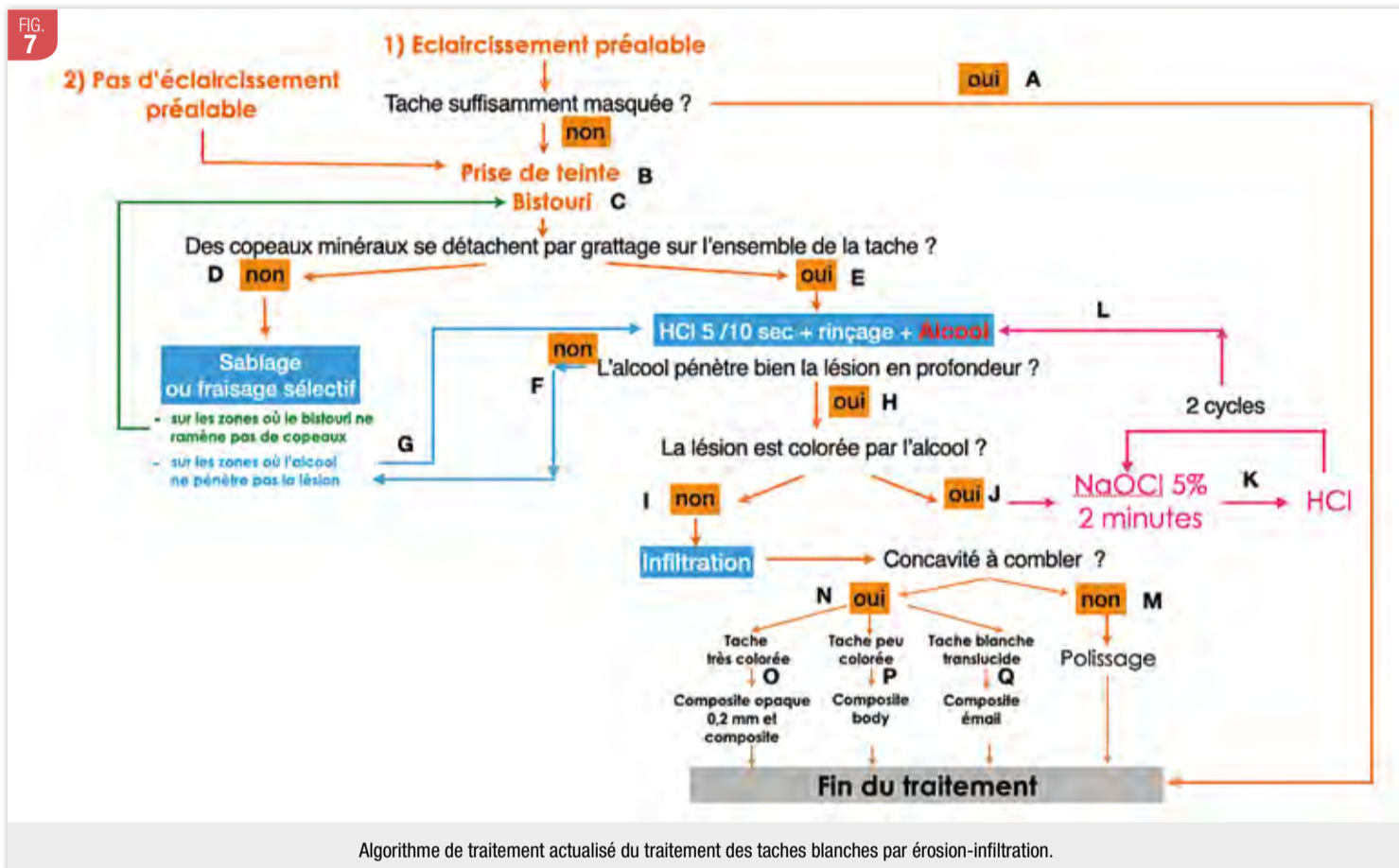
Dans certains cas on pourra aussi utiliser la lame du bistouri au niveau du plafond de la lésion sous le feuillet d'émail sain (entouré) et le faire sauter, un peu comme on ferait sauter un plafond de chambre pulpaire lorsqu'on a trouvé une corne (Fig. 5b).



Lorsqu'on a atteint la lésion hypominéralisée, le grattage à l'aide d'un bistouri ramène des copeaux d'émail (a). On peut même utiliser la lame du bistouri au contact du plafond de la lésion pour éliminer le feuillet d'émail sain juste au-dessus (zone entourée) (b).



Le choix du composite pour combler la concavité laissée par le sablage ou le fraissage se fait en fonction des propriétés optiques de la lésion hypominéralisée une fois infiltrée. Celle-ci peut être très colorée (a), peu colorée (b) ou blanche et translucide (c).



Cette première étape est une condition nécessaire pour l'infiltration de résine (impossible d'imaginer infiltrer une lésion hypominéralisée si on ne l'a pas atteinte) mais pas suffisante. En effet, cela ne nous permet pas de savoir si l'infiltration de la résine sera efficace. Ce sont les cycles HCl/alcool/Sablage ou fraissage qui nous donneront cette information mais cela correspond à l'étape n° 2.

**Étape 2 - Vérification de la capacité de la résine à s'infiltrer :** Il faut maintenant anticiper si la lésion sera infiltrée correctement par la résine. C'est la 2<sup>e</sup> condition. Cette condition est évaluée par le test de l'alcool. On applique l'alcool pendant 30 secondes environ sur la surface de la lésion, préalablement traitée à l'HCl pendant 5 à 10 secondes. La qualité de la pénétration de l'alcool se juge aux modifications des propriétés optiques de la lésion (13). Si l'alcool modifie les propriétés optiques de l'intégralité de la lésion, alors la résine les modifiera aussi, et même un peu mieux. En effet l'indice de réfraction de la résine est plus proche de l'émail que l'indice de réfraction de l'alcool. Pendant cette étape nous réalisons donc des cycles HCl/alcool/fraissage ou sablage.

**À retenir :** Si le bistouri est un indicateur de fraissage ou de sablage, l'alcool est un indicateur d'infiltration. Au cours des cycles HCl/alcool/fraissage ou sablage, la durée de l'application de l'acide chlorhydrique peut être réduite à 5/10 secondes. La dernière application d'acide chlorhydrique sera de 30 secondes pour se mettre dans les conditions des meilleurs résultats de la figure 4.

### Étape 3 - Infiltration de la résine en 2 temps :

L'infiltration se fait (après le dernier passage à HCl et à l'alcool) une première fois pendant 2 minutes, en évitant la lumière du scialytique et des diodes des loupes binoculaires, afin d'assurer la diffusion maximale du TEGDMA. Après un léger étalement au jet d'air du surplus de la résine, on réalise une photopolymérisation de 40 secondes. Puis on applique une 2<sup>e</sup> fois (c'est impératif, cf. plus haut !) la résine, pendant 15 secondes pour compenser le manque lié à l'importante rétraction de polymérisation de cette résine non chargée.

**À retenir :** Ne pas oublier d'infiltrer 2 fois la résine, et ce, même si le masquage des propriétés optiques est optimal. Vous pouvez aussi renforcer la cohésion mécanique de l'interphase à l'aide d'un adhésif hydrophobe chargé (ou votre adhésif universel en veillant à bien éliminer son solvant et son eau) avant l'application du composite.

### Étape 4 - Sélection pertinente et application du ou des composites pour combler la perte de substance :

Dans le cadre de l'infiltration en profondeur, une concavité laissée par le sablage ou le fraissage est quasiment toujours visible. C'est pourquoi la mise en place d'un composite est indispensable. Toutefois les propriétés du composite peuvent être un critère de sélection difficile à appréhender pour le praticien. Même si le choix de la couleur du composite se fait au tout début du traitement, pour éviter d'être gêné par la déshydratation de la dent, sa sélection définitive se fait après infiltration en fonction des caractéristiques optiques de la lésion infiltrée. Ainsi nous utiliserons :

- un composite opaque si la lésion est très colorée après l'infiltration puis un composite de restauration esthétique (Fig. 6a) ;
- un composite « body » si la lésion infiltrée est peu colorée (Fig. 6b). En effet les composites body ont une translucidité intermédiaire entre les composites Email translucides et les composites Dentine opaques ;
- un composite émail si la concavité est peu profonde et que la lésion infiltrée est très lumineuse (Fig. 6c). Dans le cas des MIH la lésion étant toujours profonde, il est rare de n'utiliser qu'un composite émail.

C'est la partie du traitement la plus difficile car il suffit de mal choisir son composite pour masquer imparfaitement la tache.

### L'algorithme de traitement

Un premier algorithme de traitement avait été publié il y a 5 ans (22). L'algorithme suivant (Fig. 7) intègre les nouvelles avancées de procédures de la technique que nous venons de décrire. Cet algorithme est valable pour toutes les lésions de l'émail et permet au praticien, qui a compris le principe de cette technique modifiée, de traiter toutes les hypominéralisations quelle que soit leur étiologie (Trauma ou fluorose par exemple).

### Cet algorithme se lit de haut en bas.

- On commence souvent par un éclaircissement. Si la lésion est masquée suffisamment par cet éclaircissement préalable, le traitement est fini (A).
- En revanche si la lésion n'est pas suffisamment masquée ou s'il n'y a pas d'éclaircissement



préalable, on réalisera une infiltration. Pour cela on commencera à anticiper la teinte du composite de comblement dès le début de la séance (B) (Fig. 8). puis on grattera la lésion avec un bistouri (C).



Un petit bouton de composite est déposé sur la surface de la dent, avant toute opération, afin d'anticiper sa sélection avant que les dents ne se déshydratent.

- Tant que le bistouri ne détache pas des copeaux minéraux sur l'ensemble de la tache (D), on sablera ou on fraisera sélectivement sur les zones où on ne ramène pas de copeaux.
- Lorsque le bistouri détache des copeaux sur toute la lésion (E), on commence un cycle HCl 5 à 10 sec/rinçage/alcool.
- Si l'alcool ne pénètre pas bien en profondeur l'intégralité de la lésion (F) on reprend un sablage ou fraissage sélectif uniquement sur les zones non pénétrées correctement par l'alcool.
- Puis on repasse autant de cycles HCl 5 à 10 sec/rinçage/alcool (G) sablage ou fraissage sélectif (F) que nécessaire. Lorsque l'alcool pénètre l'intégralité de la lésion en profondeur (H), et si la lésion n'est pas colorée par l'alcool (I), il est possible de procéder à l'infiltration.

- En revanche si la lésion est colorée par l'alcool (J), on essaiera d'abord de passer des cycles d'hypochlorite de sodium à 5 % afin de diminuer cette coloration. En général, on essaie 2 cycles (K) de passage d'hypochlorite de sodium (2 minutes). Puis il faut repasser une dernière fois (L) un cycle HCl/alcool avant d'infiltrer (H puis I, on répond à ce stade oui à la question « La lésion est colorée par l'alcool ? » car les cycles de NaOCl ont fait le maximum).
- Après infiltration, si la lésion était peu profonde (ce n'est jamais le cas des MIH) et qu'il n'y a pas de concavité visible (M) on réalise un simple polissage (c'est le cas des fluoroses légères ou des caries débutantes).
- Sinon (N) on comble la concavité à l'aide d'un composite qu'on sélectionne en fonction de la

coloration de la lésion infiltrée (tâche infiltrée très colorée (O), Tache infiltrée peu colorée (P), Tache blanche translucide (Q).

Les figures 9 et 10 présentent 2 cas traités à l'aide de cet algorithme. Les grandes étapes de l'algorithme sont présentées (Fig. 9), ainsi que quelques détails de la procédure (Fig. 10).

### Conclusion

En 12 ans, la technique d'érosion/infiltration initialement décrite pour le traitement des caries interproximales ou vestibulaires débutantes, a largement évolué. Nous avons proposé de l'étendre pour le traitement des fluoroses et des traumatismes en 2011 et des MIH en 2013.



Lésion liée à une MIH très blanche sur la 11 (a). Après éclaircissement (b) et érosion/infiltration en profondeur (c) le résultat est très satisfaisant en comparant avant (d) et après (e).

### Quelques étapes de la procédure de l'algorithme pour le traitement des taches sur 11 et 21 liées à une MIH.



Situation initiale avec présence de lésions caractéristiques d'une MIH.



On note en gros plan des lésions blanches en nappe combinées avec des lésions brunes conférant une charge orangée. Les taches sont localisées dans la moitié incisale de la dent, bien délimitées et asymétriques, 3 caractéristiques propres aux lésions antérieures liées aux MIH.



Le test du bistouri est appliqué en première intention. Tant que des copeaux minéraux ne se détachent pas complètement de la lésion, il faut fraiser ou sabler les zones en question. Une bande matrice métallique est placée pour protéger les dents adjacentes lors du sablage éventuel.



Vue clinique de la mise en place d'HCL (Icon etch, DMG). Lorsque la lésion est atteinte, des cycles HCl 5-10 secondes/alcool/sablage ou fraissage débutent. À ce stade si la lésion reste colorée il ne faut pas hésiter à passer après au moins 2 cycles d'HCl de l'hypochlorite à 5 % pendant 2 bonnes minutes. Ce qui a été fait dans ce cas.



Vue clinique de la surface de la tache après érosion au cours de ces différents cycles. Ici après passage de l'alcool (Icon dry), on note que l'alcool pénètre bien en profondeur la lésion. On va pouvoir infiltrer.



Vue clinique sous champ opératoire après infiltration et polymérisation de la résine (Icon Infiltrant). Une fine couche de composite masse dentine de fond assez opaque (LD Essentia, GC) a été placée pour masquer légèrement le reliquat de coloration. Puis un composite de teinte émail (LE Essentia GC)



Vue clinique finale de l'infiltration en profondeur



## Les points clés à retenir sont les suivants :

- L'érosion/infiltration seule ne permet de traiter que les taches blanches. En cas de taches colorées, il faut se faire aider d'une ou l'autre de ces 4 procédures : l'éclaircissement, l'hypochlorite de sodium, les composites opaques, la sur-caractérisation de surface des composites.
- De plus en plus de données semblent indiquer que l'éclaircissement préalable est un facteur favorable à l'infiltration, en plus des raisons esthétiques. Toutefois il est possible d'éclaircir secondairement, en particulier si la surface de lésion infiltrée n'est pas trop grande.
- Dans le cas des MIH, la lésion est profonde et donc l'infiltration en profondeur est indispensable. On doit commencer directement avec des cycles Bistouri/fraisage (ou sablage)
- En profondeur l'HCl agit comme une solution déminéralisante mais on ne parle pas à proprement parler d'érosion. Ainsi pour tous les traitements en profondeur on parlera plus volontiers d'infiltration en profondeur et non pas d'érosion/infiltration en profondeur.
- Des temps d'action très courts de l'acide chlorhydrique suffisent (5 à 10 secondes), même si la dernière application doit dépasser largement la périphérie de la lésion et doit être de 30 secondes
- Une optimisation de la cohésion mécanique de l'interphase est conseillée par interposition d'un adhésif chargé en évaporant son solvant s'il en a.
- Le choix du composite de comblement est une étape difficile et nécessite une bonne compréhension des phénomènes optiques ainsi que des biomatériaux adaptés (composite opaque, composite body, etc.).

## Remerciements

Sarah Abdel Gawad et Stéphane LeGoff pour les vues au MEB et les essais de cisaillement, Philippe François, Elisabeth Dursun et Sophia Houari pour leurs précieux conseils.

## Liens d'intérêt

En tant qu'inventeurs de la technique d'infiltration pour les traumatismes, les MIH et les fluoroses, Jean-Pierre Attal et Gil Tirlet remercient la compagnie DMG pour leur soutien depuis 12 ans qui a financé des travaux in vitro et cliniques.

## Références bibliographiques

1. Zhao D, Dong B, Yu D, Ren Q, Sun Y. The prevalence of molar incisor hypomineralization : evidence from 70 studies. *Int J Paediatr Dent.* 21 juill 2017 ;
2. De Farias AL, Rojas-Gualdrón DF, Bussaneli DG, Santos-Pinto L, Mejía JD, Restrepo M. Does Molar-Incisor Hypomineralization (MIH) affect only permanent first molars and incisors ? New observations on permanent second molars. *Int J Paediatr Dent.* 24 févr 2021 ;
3. Hasmun N, Vettore MV, Lawson JA, Elcock C, Zaitoun H, Rodd HD. Determinants of children's oral health-related quality of life following aesthetic treatment of enamel opacities. *J Dent.* juill 2020 ; 98 : 103372.
4. Hasmun N, Lawson J, Vettore MV, Elcock C, Zaitoun H, Rodd H. Change in Oral Health-Related Quality of Life Following Minimally Invasive Aesthetic Treatment for Children with Molar Incisor Hypomineralisation : A Prospective Study. *Dent J.* 1 nov 2018 ; 6 (4).
5. Pan Z, Que K, Liu J, Sun G, Chen Y, Wang L, et al. Effects of at-home bleaching and resin infiltration treatments on the aesthetic and psychological status of patients with dental fluorosis : A prospective study. *J Dent.* déc 2019 ; 91 : 103228.
6. Tam CP, Manton DJ. Aesthetic management of incisors affected with molar incisor hypomineralisation. *Clin Dent Rev.* déc 2021 ; 5 (1) : 6.
7. Tirlet G, Attal J-P. une nouvelle thérapeutique pour masquer les taches blanches. *Inf Dent.* 2011 ; 4-7.
8. Denis M, Atlan A, Vennat E, Tirlet G, Attal J-P. White defects on enamel : diagnosis and anatomopathology : two essential factors for proper treatment (part 1). *Int Orthod Collège Eur Orthod.* juin 2013 ; 11 (2) : 139-65.
9. Giannetti L, Murri Dello Diago A, Silingardi G, Spinas E. « Superficial infiltration to treat white hypomineralized defects of enamel : clinical trial with 12-month follow-up. *J Biol Regul Homeost Agents.* oct 2018 ; 32 (5) : 1335-8.
10. Kim S, Kim E-Y, Jeong T-S, Kim J-W. The evaluation of resin infiltration for masking labial enamel white spot lesions. *Int J Paediatr Dent Br Paedodontic Soc Int Assoc Dent Child.* juill 2011 ; 21 (4) : 241-8.
11. Attal J-P, Denis M, Atlan A, Vennat E, Tirlet G. L'infiltration en profondeur : un nouveau concept pour le masquage des taches blanches de l'émail. *Partie 1.* *Inf Dent.* 2013 ; (19) : 74-9.
12. Attal J-P, Denis M, Atlan A, Vennat E, Tirlet G. Nouveau concept pour le traitement des taches blanches. L'infiltration en profondeur. *Partie 3. Traitement d'une MIH sévère.* *Inf Dent.* 2014 ; 2-6.
13. Attal J-P, Atlan A, Denis M, Vennat E, Tirlet G. White spots on enamel : treatment protocol by superficial or deep infiltration (part 2). *Int Orthod.* mars 2014 ; 12 (1) : 1-31.
14. Attal J-P, Tirlet G, Houari S. Peut-on traiter par érosion infiltration les taches colorées antérieures de MIH ? *Clinic (Paris).* 2021 ; 42 (406) : 61-5.
15. Blog de Jean-Pierre Attal [Internet]. [cité 28 nov 2021]. Disponible sur : <http://jeanpierreattal.blogspot.com/>
16. Greenwall L. White lesion eradication using resin infiltration. [cité 1 déc 2013] ; Disponible sur : [http://www.moderndentistrymedia.com/july\\_aug2013/greenwall.pdf](http://www.moderndentistrymedia.com/july_aug2013/greenwall.pdf)

17. Clément M, Marcoux C. Les traitements ultraconservateurs des taches de l'émail. In : *Les dyschromies dentaires : un diagnostic précis pour un traitement esthétique réussi.* 2018. p. 95-147. (Guide clinique).
18. Elbeze L, Salehi A, Camelonte G. Erosion/infiltration : les clés de la réussite pour une bonne validation de l'accès à la lésion. 2020 ; (29) : 26-34.
19. Giannetti L, Murri Dello Diago A, Corciolani E, Spinas E. Deep infiltration for the treatment of hypomineralized enamel lesions in a patient with molar incisor hypomineralization : a clinical case. *J Biol Regul Homeost Agents.* juin 2018 ; 32 (3) : 751-4.
20. Dulla JA, Meyer-Lueckel H. Molar-incisor hypomineralisation : narrative review on etiology, epidemiology, diagnostics and treatment decision. *Swiss Dent J.* 25 mars 2021 ; 131 (11).
21. Denis M, Atlan A, Vennat E, Tirlet G, Attal J-P. Nouveau concept pour le masquage des taches de l'émail. L'infiltration en profondeur. *Partie 2. Traitement d'une fluorose sévère.* *Inf Dent.* 2014 ; 1-6.
22. Attal JP, Tirlet G. Traitement ultra-conservateur des taches de l'émail : bilan avec 5 ans de recul. *Rev Odontol Stomatol.* 2016 ; 1 : 1-4.
23. Paris S, Soviero VM, Seddig S, Meyer-Lueckel H. Penetration depths of an infiltrant into proximal caries lesions in primary molars after different application times in vitro. *Int J Paediatr Dent.* sept 2012 ; 22 (5) : 349-55.
24. Crombie F, Manton D, Palamara J, Reynolds E. Resin infiltration of developmentally hypomineralised enamel. *Int J Paediatr Dent.* janv 2014 ; 24 (1) : 51-5.
25. Fagrell TG, Dietz W, Jälevik B, Norén JG. Chemical, mechanical and morphological properties of hypomineralized enamel of permanent first molars. *Acta Odontol Scand.* juill 2010 ; 68 (4) : 215-22.
26. Paris S, Schwendicke F, Seddig S, Müller W-D, Dörfer C, Meyer-Lueckel H. Micro-hardness and mineral loss of enamel lesions after infiltration with various resins : influence of infiltrant composition and application frequency in vitro. *J Dent.* juin 2013 ; 41 (6) : 543-8.
27. Horuztepe SA, Baseren M. Effect of resin infiltration on the color and microhardness of bleached white-spot lesions in bovine enamel (an

- in vitro study). *J Esthet Restor Dent Off Publ Am Acad Esthet Dent.* sept 2017 ; 29 (5) : 378-85.
28. Nogueira VKC, Mendes Soares IP, Fragelli CMB, Boldieri T, Manton DJ, Bussaneli DG, et al. Structural integrity of MIH-affected teeth after treatment with fluoride varnish or resin infiltration : An 18-Month randomized clinical trial. *J Dent.* févr 2021 ; 105 : 103570.
29. Kumar H, Palamara JEA, Burrow MF, Manton DJ. An investigation into the effect of a resin infiltrant on the micromechanical properties of hypomineralised enamel. *Int J Paediatr Dent.* sept 2017 ; 27 (5) : 399-411.
30. Meyer-Lueckel H, Paris S, Kielbassa AM. Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels in preparation for resin infiltration. *Caries Res.* 2007 ; 41 (3) : 223-30.
31. Paris S, Dörfer CE, Meyer-Lueckel H. Surface conditioning of natural enamel caries lesions in deciduous teeth in preparation for resin infiltration. *J Dent.* janv 2010 ; 38 (1) : 65-71.
32. Baumann T, Carvalho TS, Lussi A. The effect of enamel proteins on erosion. *Sci Rep.* 15 oct 2015 ; 5 : 15194.
33. Abdelaziz M, Rizzini AL, Bortolotto T, Rocca GT, Felizer AJ, Garcia-Godoy F, et al. Comparing different enamel pretreatment options for resin-infiltration of natural non-cavitated carious lesions. *Am J Dent.* févr 2016 ; 29 (1) : 3-9.
34. Yim H-K, Kwon H-K, Kim B-I. Modification of surface pre-treatment for resin infiltration to mask natural white spot lesions. *J Dent.* mai 2014 ; 42 (5) : 588-94.
35. Wiegand A, Stawarczyk B, Kolakovic M, Hämmerle CHF, Attin T, Schmidlin PR. Adhesive performance of a caries infiltrant on sound and demineralised enamel. *J Dent.* févr 2011 ; 39 (2) : 117-21.
36. Gözl L, Simonis RA, Reichelt J, Stark H, Frentzen M, Allam J-P, et al. In vitro biocompatibility of ICON® and TEGDMA on human dental pulp stem cells. *Dent Mater.* août 2016 ; 32 (8) : 1052-64.
37. Meyer-Lueckel H, Chatzidakis A, Naumann M, Dörfer CE, Paris S. Influence of application time on penetration of an infiltrant into natural enamel caries. *J Dent.* juill 2011 ; 39 (7) : 465-9.

38. Emmler J, Seiss M, Kreppel H, Reichl F, Hickel R, Kehe K. Cytotoxicity of the dental composite component TEGDMA and selected metabolic by-products in human pulmonary cells. *Dent Mater.* déc 2008 ; 24 (12) : 1670-5.
39. Lagarde M, Vennat E, Attal J-P, Dursun E. Strategies to optimize bonding of adhesive materials to molar-incisor hypomineralization-affected enamel : A systematic review. *Int J Paediatr Dent.* juill 2020 ; 30 (4) : 405-20.
40. Jia L, Stawarczyk B, Schmidlin PR, Attin T, Wiegand A. Effect of caries infiltrant application on shear bond strength of different adhesive systems to sound and demineralized enamel. *J Adhes Dent.* déc 2012 ; 14 (6) : 569-74.
41. Yetkiner E, Ozcan M, Wegehaupt FJ, Wiegand A, Eden E, Attin T. Effect of a low-viscosity adhesive resin on the adhesion of metal brackets to enamel etched with hydrochloric or phosphoric acid combined with conventional adhesives. *J Adhes Dent.* déc 2013 ; 15 (6) : 575-81.

## Jean-Pierre Attal

MCU-PH (Université de Paris), responsable de la consultation de traitement des dyschromies de l'hôpital Charles Foix de Ivry/Seine, directeur de l'URB21 (UR 4462)

## Gil Tirlet

Ancien MCU-PH (Université de Paris), Fondateur des Bioteams, pratique libérale (Paris)

# XO FLOW – LE PREMIER UNIT DENTAIRE NUMERIQUE



XO FLOW intègre des fonctionnalités et caractéristiques jamais vues auparavant sur un unit dentaire : séquences de travail paramétrables, applications dentaires, gestion par ordinateur, connexion réseau et beaucoup d'autres nouveautés.

XO FLOW dispose de deux interfaces graphiques tactiles : le Dashboard et le Navigator.

Le Dashboard, intégré à la console instruments, permet au dentiste et à l'assistante de gérer les paramètres instruments, le fauteuil, les séquences de travail pendant les soins.

Le Navigator propose une interface intelligente, véritable bibliothèque d'applications logicielles dentaires. Ces applications sont utilisées pour configurer, administrer et intégrer l'unit XO FLOW parmi d'autres dispositifs dentaires et solutions logicielles au sein du réseau du cabinet dentaire.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur : [www.xo-care.com](http://www.xo-care.com).



XO FLOW a remporté deux prix Red Dot Awards. Les catégories « Dispositifs médicaux et technologies » et « Produits innovants ».

