



Articles analysés

- Mazzitelli C, Maravic T, Mancuso E, Josic U, Generali L, Comba A, Mazzoni A, Breschi L. Influence of the activation mode on long-term bond strength and endogenous enzymatic activity of dual-cure resin cements. *Clin Oral Investig* 2022;26(2):1683-94.
- Kelch M, Stawarczyk B, Maying F. Chemical and mechanical properties of dual-polymerizing core build-up materials. *Clin Oral Investig* 2022 Mar 28. doi: 10.1007/s00784-022-04455-4. Online ahead of print.

# Qualité des résines composites duales et modes de polymérisation

Pascal De March  
MCU-PH, Université de Lorraine

La dentisterie adhésive a bouleversé tous les paradigmes en dentisterie restauratrice et ouvert une longue voie vers les principes d'économie tissulaire, de rétablissement des propriétés biomécaniques de la dent et vers des restaurations plus esthétiques grâce aux biomatériaux de substitution disponibles. Son succès clinique repose essentiellement sur la qualité de l'adhésion, qui dépend elle-même énormément du respect de protocoles opératoires très stricts et souvent fortement opérateurs-dépendants. Le mode de réalisation de la couche hybride incluant l'application de l'adhésif en est l'exemple le plus significatif, mais le mode de polymérisation en est un autre. Ce dernier revêt lui aussi une importance particulière, surtout pour les résines composites à prise duale (photo- et chémo-polymérisables). C'est ce à quoi se sont intéressés les auteurs des deux articles rapportés parus en cette année 2022 dans la même revue, *Clinical Oral Investigation*. L'équipe italienne auteure du premier article a étudié l'influence du mode d'activation de la polymérisation d'une colle composite à prise duale associée à un adhésif universel sur sa force d'adhésion à la dentine, sur la présence de nanodéfauts d'adhérence interfaciaux et sur la résistance à la dégradation enzymatique à long terme. Deux types de colle duales (Variolink

Esthetic DC (Ivoclar Vivadent) et RelyX Ultimate (3M)) ont ainsi été utilisés, associés à l'adhésif universel iBond Universal Adhesive (Heraeus Kulzer) pour assembler de manière indirecte un échantillon en résine composite polymérisé sur une surface dentinaire exposée d'une 3<sup>e</sup> molaire extraite dans un protocole réalisé au laboratoire. Un groupe de 10 échantillons a ainsi été constitué pour chaque type de colle. Dans chaque groupe, 5 échantillons ont été assemblés avec une colle mise en œuvre en mode uniquement auto-polymérisable et les 5 autres en mode photo- et auto-polymérisable. Chaque échantillon réalisé a alors été coupé en 2 parties, dont l'une a subi un stockage dans une salive artificielle à 37 °C pendant 24 heures et l'autre pendant 12 mois dans ces mêmes conditions. Les résultats obtenus montrent que le mode de polymérisation influence significativement la force d'adhésion mesurée par un test de microtraction avant et après les procédures de vieillissement avec de meilleures valeurs pour les résines polymérisées en mode duale (photo- + auto-) par rapport au mode auto-polymérisable seul. De même, la dégradation enzymatique mesurée indirectement par la pénétration d'un colorant fluorescent durant la période de vieillissement artificiel de 12 mois est moindre pour la colle polymérisée en mode dual, qui permet une meilleure préservation de la qualité de l'inter-



face de collage au cours de cette période. Les auteurs déduisent que l'activation par la lumière est une étape fondamentale pour le succès clinique des colles duales associées à un adhésif universel. L'étude conduite par l'équipe allemande auteure du second article rapporté s'est aussi intéressée à l'influence du mode de polymérisation, mais cette fois sur le taux de conversion et les propriétés mécaniques de 4 composites pour restauration corono-radicaire (Clearfil DC core plus (Kuraray), Core X flow (Dentsply Sirona), Multi Core Flow (Ivoclar Vivadent) et Rebuilda (Voco)). Pour chaque matériau, 24 échantillons sont mis en forme dans un moule et polymérisés en mode dual pour la moitié (n = 12) et en mode chémo-polymérisable uniquement pour l'autre moitié (n = 12). Les résultats des tests effectués montrent que la photopolymérisation conduit à un taux de conversion (rapport des mono-

mères polymérisés/non polymérisés) plus élevé et à des valeurs de résistance mécanique supérieures à celles obtenues après auto-polymérisation. Les auteurs expliquent que si les cinétiques de polymérisation sont comparables pour une activation par la lumière ou par des chémo-activateurs, il existe des différences dans la capacité des activateurs concernés à initier la polymérisation en chaîne des groupes monomères. Ils constatent aussi des différences de résultats entre les résines étudiées, qu'ils expliquent par leur différence de composition. Ainsi, ils évoquent le monomère UDMA qui présente une meilleure mobilité que le BisGMA et donc une meilleure capacité à trouver son initiateur chimique avec qui réagir, mais il conduit aussi à une pâte moins visqueuse, donc plus difficile à mettre en forme pour la réalisation d'un faux moignon. D'autres composants monomériques dans la formulation peuvent aussi jouer un rôle dans les performances obtenues. Les auteurs citent ainsi le TMPTMA, caractérisé par une capacité à augmenter la vitesse de polymérisation en interagissant avec des groupes amines qui sont des co-initiateurs très employés pour la chémo-polymérisation des résines composites duales. Toutefois, ces co-initiateurs amines doivent être suffisamment disponibles dans le mélange pour rencontrer les monomères et initier la polymérisation de chaque chaîne polymérisée, le produit fini étant une « pelote » de réseaux de chaînes polymérisées imbriquées les unes dans les autres, mais aussi liées à d'autres composants tels que les charges qui donnent la résistance et la couleur à la résine composite. L'article explique que ces charges, leur nature et leur répartition dans le produit de base peuvent influencer les capacités de photo-polymérisation de la résine composite en absorbant ou en réfléchissant une partie de la lumière transmise qui ne sera plus disponible pour les photo-activateurs de la polymérisation. Ainsi, le temps d'insolation nécessaire pour obtenir une photopolymérisation efficace dépend aussi de l'intensité de la lampe, du mode d'illumination et surtout de la composition de chaque produit en

photo-initiateurs et en charges (nature et quantité). Les auteurs recommandent une photopolymérisation par incréments de 2 à 3 mm quel que soit le produit. Cette seconde étude conclut que pour les résines composites injectables destinées aux restaurations corono-radicaire (RMIPP) testées, la photopolymérisation conduit à des taux de conversion et propriétés mécaniques meilleurs ou au moins

équivalents à ceux de la chémo-polymérisation seule. Parmi les résines testées, la Core X flow pourrait représenter le matériau de choix du point de vue des propriétés chimiques et mécaniques évaluées dans le cadre de cette étude expérimentale. Les auteurs concluent aussi à une corrélation positive entre le taux de conversion final de la résine et ses propriétés mécaniques.

## Commentaires

Au cours de la décennie 2000, de nombreuses études se sont intéressées aux phénomènes de contraction de prise des résines duales et ont conclu que la chémo-polymérisation seule conduisait à un moindre stress de polymérisation et moins de rétraction de prise que la photo-polymérisation qui « fige » plus rapidement le réseau polymérisé. Ces résultats ont conduit de nombreux formateurs sur les sujets des restaurations corono-radicaire directes notamment (RMIPP) à recommander de choisir bien entendu une résine duale unique adaptée au collage du tenon fibré et à la restauration du faux moignon, mais aussi de laisser faire au maximum la prise auto- de la résine afin de limiter cette contraction de prise dans l'environnement défavorable que représentent la cavité d'accès endo et le canal (facteur C défavorable). Les deux articles rapportés et de nombreux autres parus récemment révèlent toute la complexité des réactions de polymérisation des résines composites et concluent au contraire à un résultat et des propriétés finales plus importantes lorsque l'activation des réactions en chaîne se fait par photopolymérisation. Pour le comprendre, il faut appréhender toute la complexité des réactions de polymérisation en chaîne des composites qui le sont encore plus lorsque deux modes d'activation différents (photo- et chémo-) sont associés. Tout d'abord, il faut comprendre que ces deux modes d'activation ne sont pas synergiques ni compétiteurs, mais parallèles et que c'est le déroulement même des réactions qui peut freiner ou contrarier leur accomplissement dans tout le matériau. La réaction de polymérisation ne se propage pas comme une traînée de poudre au travers du matériau à partir d'un site initial mais ce sont des tas de réactions qui se font dans tout le matériau à chaque fois qu'un activateur/initiateur (chimique ou photo-initiateur) rencontre un monomère pour

créer et arrêter la formation d'un réseau polymère. Le résultat étant une imbrication de très nombreux réseaux polymérisés. On comprend alors que pour que ces polymérisations s'accomplissent, les initiateurs doivent pouvoir trouver les monomères, mais cette rencontre devient de plus en plus improbable au fur et à mesure que le réseau se rigidifie, et donc que la mobilité des réactifs décroît. La chémo-polymérisation des composites duales implique l'interaction de deux co-initiateurs chimiques qui doivent d'abord se trouver avant de trouver ensuite le monomère, ce qui rend la réaction plus complexe. De plus, l'un de ces co-initiateurs est susceptible de réagir aux radicaux acides résiduels présents à la surface de certains adhésifs SAM ou universels ce qui constitue un risque accru d'annihiler leur rôle dans la polymérisation. Alors que l'on cherche en permanence des protocoles cliniques plus rapides et plus simples, les résultats de ces articles montrent combien les réactions de polymérisation des composites sont complexes et multifactorielles avec une influence majeure de la formulation des produits sur leurs performances, mais aussi sur le mode de mise en œuvre. On apprend aussi que les certitudes d'hier ne sont parfois plus celles d'aujourd'hui lorsque l'on étudie les choses plus en détail en prenant en compte davantage de paramètres ou avec des points de vue différents. Tous les moyens de formation continue disponibles sont là pour permettre aux praticiens modernes d'adapter leurs pratiques et leurs protocoles aux exigences particulières non pas de chaque classe de matériaux, mais de chaque matériau particulier. Le temps de la simplification absolue n'est pas encore venu pour qui veut tirer le meilleur parti de toutes les solutions thérapeutiques proposées par les progrès. Lire et respecter les protocoles spécifiques à chaque produit constitue déjà un pas de géant vers cet objectif.