



Interêt clinique des composites comportant des fibres de verres en restauration coronaire : revue de littérature et cas cliniques

Pierre Julien, Etienne Boulbin

► To cite this version:

Pierre Julien, Etienne Boulbin. Interêt clinique des composites comportant des fibres de verres en restauration coronaire : revue de littérature et cas cliniques. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-03321164

HAL Id: dumas-03321164

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03321164>

Submitted on 17 Aug 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



THÈSE D'EXERCICE / UNIVERSITÉ DE RENNES 1

sous le sceau de l'Université Bretagne Loire

Thèse en vue du

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

présentée par

JULIEN Pierre et BOULBIN Etienne

nés le 02 août 1994 à Coutances et le 29 juillet 1994 à Rennes

**Intérêt clinique des
composites
comportant des fibres
de verres en
restauration
coronaire : Revue de
littérature et cas
cliniques**

**Thèse soutenue à Rennes
le 16 décembre 2020**

devant le jury composé de :

Guy CATHELINEAU

Professeur émérite
Ancien PU-PH - UFR Odontologie Rennes /
Président de jury

Yann-Loïc TURPIN

MCU-PH - UFR Odontologie Rennes / Directeur de
thèse

Sophie BINET

Ancienne AHU - UFR Odontologie Rennes /
Co-directeur de thèse

Brice CHAUVEL

MCU-PH - UFR Odontologie Rennes / Examineur

William GOUBIN

AHU - UFR Odontologie Rennes / Examineur



CORPS ENSEIGNANT UFR ODONTOLOGIE

Responsable de discipline

Section 56-01 : Développement, croissance et prévention

Discipline Odontologie pédiatrique

SIXOU Jean Louis Professeur des universités-Praticien hospitalier

DAVIT-BEAL Tiphaine Professeur des universités - Praticien hospitalier

MARIE-COUSIN Alexia Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier

JOUAULT Estelle Assistante hospitalier universitaire

Discipline Orthopédie dento-faciale

SOREL Olivier Professeur des universités - Praticien hospitalier

BREZULIER Damien Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier

ALLEREAU Béatrice Assistante hospitalier universitaire

NAAIM Mohamed Assistant hospitalier universitaire

CONTAMINE Marie Assistant hospitalier universitaire

Section 56-02 Prévention, épidémiologie, économie de la santé, odontologie légale

BERTAUD Valérie Professeur des universités - Praticien hospitalier

PRIGENT Hervé Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier

COUATARMANACH Antoine Maître de conférences des universités (associé)

MAYOROVA Nadège Assistant hospitalier universitaire

Section 57-01 : Chirurgie orale ; parodontologie ; biologie orale

Discipline Chirurgie orale

LEJEUNE-CAIRON Sophie Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier

LIMBOUR Patrick Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier

BADER Gérard Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier

DULONG Arnaud Assistant hospitalier universitaire

MURDEN Krisnen Assistant hospitalier universitaire

Discipline Parodontologie

JEANNE Sylvie Professeur des universités - Praticien hospitalier

BOLLE Caroline Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier

NOVELLO Solen Maître de conférences des universités (associé)

POULOUIN Bénédicte Assistant hospitalier universitaire

ALTHYAB Amr Assistant universitaire (associé)

Discipline Biologie orale

BONNAURE-MALLET Martine Professeur des universités - Praticien hospitalier

MEURIC Vincent Professeur des universités - Praticien hospitalier

CHATHOTH Kanchana Assistant universitaire (associé)

Section 58 : Réhabilitation orale

Sous-section 58-01 Dentisterie restauratrice, endodontie, prothèses, fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux

Discipline Dentisterie restauratrice, endodontie

DAUTEL Anne Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LE GOFF Anne Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
TURPIN Yann-Loïg Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
PERARD Matthieu Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LE CLERC Justine Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
VO VAN Thomas Assistant hospitalier universitaire
LE MOUROUX Rozenn Assistant hospitalier universitaire
GASTINEAU Richard Assistant hospitalier universitaire
NOËL Audrey Assistant hospitalier universitaire

Discipline Prothèses

BEDOUIN Yvan Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
RAVALEC Xavier Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
CHAUVEL Brice Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
LE BEVER Pierre Assistant hospitalier universitaire
LEFRANCOIS Etienne Assistant hospitalier universitaire
GOUBIN William Assistant hospitalier universitaire
DESCLOS-THEVENIAU Marie Assistant hospitalier universitaire
LECLERC Clément Assistant hospitalier universitaire

Discipline Fonction-dysfonction, imagerie, biomatériaux

CHAUVEL-LEBRET Dominique Professeur des universités - Praticien hospitalier
MEARY Fleur Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier
CATHELINEAU Guy Professeur émérite
MELOU Caroline Assistant hospitalier universitaire

Section 41 : Sciences biologiques

SHACOORI Zohreh Maître de conférences des universités - Praticien hospitalier

Section 65 : Biologie cellulaire

GAUTIER-COURTEILLE Carole Maître de conférences des universités (HDR)

Remerciements,

A Monsieur le Professeur Guy CATHELINEAU,
D'avoir accepté de présider notre thèse.

A Monsieur le Docteur Yann-Loïc TURPIN,
D'avoir accepté de diriger notre thèse.

A Madame le Docteur Sophie BINET,
D'avoir accepté de co-diriger notre thèse.

A Monsieur le Docteur Brice CHAUVEL,
D'avoir accepté de faire partie de notre jury de thèse.

A Monsieur le Docteur William GOUBIN,
D'avoir accepté de faire partie de notre jury de thèse .

Remerciements Etienne BOULBIN,

A mes parents, Jacques et Mariannick, pour tout votre amour et votre soutien inconditionnel.

A mon frère Paul, je suis admiratif de ton parcours malgré tes poumons en carton. Très heureux de partager cette belle profession à tes côtés.

A mes deux mamies, pour toute votre bienveillance et votre tendresse à mon égard. Vos bons petits plats et ces beaux souvenirs de jeunesse à Pentrez ou Paimpol resteront gravés.

A mes deux papys, à qui je pense bien fort et qui, j'espère, sont fiers de leur petit-fils.

A toute la famille Boulbin/Rospape : Toun, Bel', Françoise, Georges, Quentin, Bibiche et le petit dernier Biel. Pour tous ces bons moments partager à vos côtés.

Au trio Pimousse, Raph et Tristan, et cette très belle amitié qui dure depuis Jeanne d'Arc

A Matthieu, à ta grande générosité, à toutes ces bornes joyeuses à tes côtés

A Pauline, à ces folles années lycée, merci pour tout ton soutien.

A tous mes amis de la fac, merci d'avoir rendu si belles ces 6 années d'étude.

A tous mes amis sportifs, généreux dans l'effort comme dans la vie.

A mon cabinet dentaire paimpolais, en particulier Linda et William de m'avoir accompagné dans mes premiers mois de carrière, pour toute votre confiance et votre aide, je vous en suis infiniment reconnaissant.

A Pierre, El Juuutoo, des TPs de cire d'O2 à la rédaction de cette belle thèse, pour ton doux mélange de sérieux et de connerie.

Enfin à Marion, merci pour tout, merci de me supporter depuis 4 ans, j'ai beaucoup de chance de t'avoir, je t'aime.

Remerciement pierre JULIEN,

A mes parents, d'avoir été présent depuis le début, de m'avoir soutenu sans jamais avoir douté mais surtout merci pour les superbes moments ensembles que ce soit les petits restos avec toi maman ou les gouttes de sueurs sur le vélo avec toi papa!

A mon frère, merci de ta confiance sans faille, je suis très fier de ton parcours, tu as su surmonter les difficultés avec brio et il ne fait aucun doute que tu deviendras un excellent prothésiste dentaire, j'en suis sûr .

A mon oncle Rene et ma Tante marie jo, pour tout les moments passés ensemble , tout ces merveilleux voyages, votre soutien de chaque instant et la bienveillance à l'égard de votre boubou.

A mes grands-parents, pour votre soutien. Je suis fier de vous , merci à mes deux papys de m'avoir fait confiance et d'avoir été mes premiers patients. Ne changez rien vous êtes parfaits.

A sophie,laurent et aux cousines, dès que je reviens on va fêter ça chez paré et au yissssst avec milo! Eloi, ton tour viendra.
Merci d'être ce que vous êtes !

A mes potes, ceux qui sont en France à Rennes ou à Coutain et ceux qui sont à l'autre bout du monde, Portugal, Canada, Tahiti...Merci pour toutes ces soirées mémorables, celles passées et celles à venir que ce soit pendant les longs hivers coutainvillais ou les fin de semaines en BZH.

A l'équipe du cabinet de Coutainville, Samuel, Stéphanie et Magalie pour votre accueil, votre bonne humeur, votre accompagnement et les conditions de travail que vous avez mis à ma disposition depuis mon stage actif. J'en suis très reconnaissant.

Et à ceux qui m'ont permis d'en arriver là, au cours de mes études avec toi Yacine qui m'a si bien accueilli à la polyclinique de cherbourg ou encore à toute l'équipe du CHU de Caen pour votre humeur solaire (qui compense largement le temps..humide). Merci.

Enfin merci à toi Etienne,el phasmo, de ton amitié et d'avoir partagé ces 6 ans d'études qui se terminent aujourd'hui en beauté. Tu n'auras pas réussi à me faire rentrer dans la secte triathlon mais je suivrai ta progression de près.

Tu es le bienvenu quand tu veux à coutain ,JM et moi on t'attend pour rouler.

“Nous certifions sur l'honneur ne pas avoir repris pour notre compte des propos, citations, ou illustrations déjà publiés.”

Table des matières

Introduction à la thèse - Rappels sur les composites	9
I. Définition	9
II. Matrice organique résineuse	9
III. Agent de couplage organo-minéral	11
IV. Charges	11
V. Historique des composites fibrés	11
Intérêt clinique des composites comportant des fibres de verre courtes en restauration coronaire : Revue de la littérature	13
I. Objectifs	13
II. Matériel et méthodes	13
III. Analyse des résultats	13
1. Description des composites fibrés	14
a. Types de matrices	15
b. Types de fibres	15
c. Longueur des fibres	16
d. Rapport d'aspect	16
e. Orientation des fibres	17
f. Adhésion	18
2. Propriétés physiques	18
a. Retrait et contrainte de polymérisation	18
b. Expansion hygroscopique	19
3. Propriétés mécaniques	20
a. Ténacité	20
b. Résistance à la flexion	21
c. Résistance à la fatigue	22
d. Résistance à la compression	22
e. Résistance à la traction	24
f. Module d'élasticité	24
g. Résistance à l'usure	24
4. Propriétés optiques	25
a. Radio-opacité	25
b. Profondeur de polymérisation	25
5. Études cliniques et discussion	26
Cas cliniques et indications en odontologie restauratrice	29
I. Restauration directe de petite ou moyenne étendue	29
II. Substitut dentinaire sous une restauration indirecte collée	32
III. Restaurations de fêlures	34
IV. Reconstruction directe faux-moignon - Build-up préprothétique	39
Conclusion	40
Bibliographie	42
Table des figures	48
Table des abréviations	49

Introduction à la thèse - Rappels sur les composites

Depuis plusieurs décennies, les résines composites sont utilisées dans le domaine médical, en particulier en dentisterie. L'apport de ces résines a permis de développer une dentisterie adhésive en adéquation avec les enjeux actuels de conservation, alliant esthétique et approche dentaire minimalement invasive. Cependant, leurs retrait de polymérisation ainsi que leurs propriétés mécaniques restent à améliorer. C'est pourquoi l'intégration de fibres au composite est devenue une piste de recherche intéressante ces dernières années, mettant en avant leurs multiples propriétés associées à une relative facilité de mise en œuvre. Aujourd'hui plusieurs études, en grande partie in vitro, nous permettent d'avoir un certain recul vis-à-vis de ces matériaux.

I. Définition

En odontologie, on appelle résine composite un matériau constitué d'une matrice organique résineuse, d'un renfort constitué de charges et d'un agent de couplage organo-minéral, généralement du silane, assurant la liaison entre les deux.¹

II. Matrice organique résineuse

La phase organique (continue ou dispersante) représente 25 à 50% du volume du composite. Elle est composée d'une matrice résineuse, d'abaisseurs de viscosité, d'un système de polymérisation et de divers additifs.

Avant polymérisation, la phase organique assure au matériau sa consistance plastique permettant sa manipulation clinique. Après polymérisation, elle assurera la cohésion des différents constituants entre eux.

La résine matricielle est le composant chimiquement actif du composite. Elle est composée de monomères R-diméthacrylate, dérivés des méthacrylates, qui s'associent pour former des polymères.¹ Le plus couramment utilisé est le Bis-GMA. Il est souvent associé à d'autres monomères de faible poids moléculaire (TCD-DI-HEA, Bis-DMA, EGDMA, TEGDMA, UDMA, etc) afin d'obtenir une viscosité compatible avec un confort de manipulation du composite. Leur incorporation dans le composite doit être limitée car ils engendrent une rétraction de prise lors de la polymérisation.²

¹ J. Vreven, « Les résines composites ».

² Asmussen et Peutzfeldt, « Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on Selected Mechanical Properties of Experimental Resin Composites ».

III. Agent de couplage organo-minéral

Afin d'assurer la compatibilité et l'ancrage de la phase organique avec la phase inorganique, un agent de couplage est ajouté à la résine. Il évite de créer des contraintes dans le matériau et améliore l'hydrophobicité et l'agglomération des charges.³ L'agent de couplage généralement utilisé est le silane.

IV. Charges

Les charges, ou phase discontinue, représentent 26 à 75% du composite. Elles ont pour but d'améliorer les propriétés mécaniques, physiques et optiques du matériau. Elles peuvent être de différentes natures : minérales, organiques ou organo-minérales.⁴ Elles influent grandement sur la contraction de prise et l'absorption hydrique des composites.

En jouant sur des facteurs tels que la composition, la taille, la distribution, le pourcentage massique et volumique des charges au sein de la matrice, un large choix de composites s'offre au praticien.⁵

V. Historique des composites fibrés

A la fin des années 80 est apparu un autre type de charge minérale aux résultats prometteurs: les fibres de verre. Ces composites fibrés ont été développés avec l'ambition de faire évoluer la dentisterie adhésive en essayant de se rapprocher au mieux des propriétés biologiques et mécaniques de la dent.

Les premiers composites fibrés, l'Alert et le Restolux, sont arrivés sur le marché dans les années 90. Ces composites comportaient des fibres de verre disposées de façon aléatoire dans la matrice du composite.

Dans un second temps, la matrice a évolué. Sont apparus les composites de remplissage en vrac dits "bulk fill". Ils permettent de remplir la cavité avec un seul incrément de plus de 2 mm. Ils remplacent ainsi la technique du couche par couche qui était plus contraignante et qui, si elle n'était pas parfaitement exécutée, pouvait entraîner des défauts comme l'incorporation de vide, d'une contamination entre les couches du composite, voire des fractures. Les propriétés du composite bulk ne sont pas altérées par rapport à un composite traditionnel.^{6, 7}

La mise en œuvre de ce type de composite permet un gain de temps tout en étant moins opérateur dépendant.

³ J. Vreven, « Les résines composites ».

⁴ Ferracane, « Current Trends in Dental Composites ».

⁵ M. Denis, « Dentisterie restauratrice adhésive : comment choisir son composite ? | Bio Team Paris ».

⁶ Balkaya, Arslan, et Pala, « A randomized, prospective clinical study evaluating effectiveness of a bulk-fill composite resin, a conventional composite resin and a reinforced glass ionomer in Class II cavities ».

⁷ Van Ende et al., « Bulk-Fill Composites ».

Toutes ces évolutions nous ont conduits aux composites fibrés que nous connaissons et utilisons aujourd'hui tel que l'everX de chez GC. Commercialisé récemment, ce produit a été primé Innovation qualité de l'année 2014 par l'ADF. Ceci nous a amenés à nous pencher sur le sujet.

Nous présenterons successivement une analyse de la littérature actuelle puis des cas cliniques illustrant les principales indications des composites fibrés, avant de conclure.

Intérêt clinique des composites comportant des fibres de verre courtes en restauration coronaire : Revue de la littérature

I. Objectifs

Notre travail a pour but d'évaluer l'apport des composites fibrés en dentisterie restauratrice par technique directe en effectuant une revue systématique de la littérature. L'objectif est de vérifier si les composites fibrés font désormais l'objet d'assez d'études et bénéficient d'un recul clinique suffisant pour pouvoir prétendre à une utilisation courante.

II. Matériel et méthodes

Cette revue de littérature porte sur une recherche bibliographique effectuée en septembre 2019 incluant les mots clefs "fiber reinforced", "composites", "restorative", "no post", "no implant". Elle a été mise à jour en septembre 2020 ; 3 nouvelles références dont une étude clinique ont été ajoutées.

Nous avons exclu de cette recherche les mots "post" et "implant" de façon à avoir un maximum de résultats en rapport avec notre sujet. 107 résultats ont été ainsi recensés. Sur ces 107 résultats, nous avons éliminé 9 articles ne correspondant pas au sujet après lecture des résumés car ils traitaient entre autres de l'utilisation des fibres en prothèse et dans les traitements endodontiques.

Nous nous sommes donc concentrés sur un total de 98 articles venant directement de la recherche PubMed. Parmi ces articles, 3 études cliniques.

Par ailleurs, nous avons étoffé notre revue de littérature en y intégrant certains articles trouvés dans les bibliographies et avons aussi effectué une recherche sur Google Scholar incluant les mêmes mots clefs.

III. Analyse des résultats

La lecture de ces articles permet de préciser les connaissances actuelles sur ces matériaux.

Nous les présenterons selon le plan suivant :

- Description des composites fibrés,
- Propriétés physiques,
- Propriétés mécaniques,
- Propriétés optiques,
- Études cliniques et discussion.

1. Description des composites fibrés

Les composites particuliers traditionnels ont montré leurs limites dans les zones subissant de fortes contraintes occlusales, leurs principaux défauts étant notamment leur sensibilité à la fracture et leur retrait de polymérisation.⁸

Les composites de restauration actuels présentent des valeurs de résistance à la fracture (K_{10}) variant entre 0,9 et 1,8 MPa, ce qui semble insuffisant pour éviter les échecs cliniques par fracture massive.

Les travaux de recherches sur la matrice résineuse n'ayant pas amené d'amélioration significative des propriétés mécaniques des composites, les laboratoires ont donc cherché à modifier leur phase discontinue (les charges). Cette modification comprend notamment l'incorporation de fibres courtes, apportant une diminution du retrait de polymérisation et des propriétés physiques améliorées.

L'ajout et la disposition des fibres semblent avoir un lien avec l'évolution des propriétés mécaniques des composites actuels en dentisterie restauratrice par technique directe.

Tableau 1- Liste des matériaux CRFs disponibles					
Nom	everStick® PERIO, C&B, ORTHO everStick® NET*	EverX Posterior®	GrandTec®	Tender Fiber®	Dentapreg® PFU
Fabricant	GC Leuven Belgique	GC Leuven Belgique	Voco Cuxhaven Allemagne	Micerium Avegno Italie	ADM Brno République Tchèque
Type de matrice	Semi-IPN	Semi-IPN	CLP	CLP	CLP
Monomère	PMMA Bis-GMA	PMMA Bis-GMA TEGDMA	UDMA TEGDMA	Bis-GMA	Bis-GMA TEGDMA
Fibres	E-glass	E-glass	R-glass	Glass fibres	S2-glass
Proportion de fibres (vol%)	60 % en poids*	54 %	35-40 %	54,8 % en poids*	35-45 %
Nombre de fibres	2000, 4000, 1600	-	4000-4500	6400	8300
Épaisseur du réseau	0,6 mm	-	-	-	-
Orientation des fibres	Unidirectionnelle Orthogonale (NET)	Aléatoire	Unidirectionnelle	Unidirectionnelle	Unidirectionnelle
Enrobage des fibres	Epoxyasilane	Non communiqué	Silane	Silane	Plasma spray

*E (= Electric)-glass; S (= Strength)-glass; R (= Resistance)-glass; Semi-IPN = réseau semi-interpénétré de polymères; CLP = matrice de polymère réticulée; * le pourcentage exact en volume n'a pas été spécifié par le fabricant.*

Figure 1 : Tableau représentant les différents composites fibrés, ainsi que la constitution de leur matrice et leurs caractéristiques⁹

⁸ Maas et al., « Trends in Restorative Composites Research ».

⁹ Frese « Les composites renforcés de fibres de verre : Propriétés spécifiques du matériau et possibilités thérapeutiques »

a. Types de matrices

Si la matrice résineuse n'augmente pas intrinsèquement les propriétés des composites, elle joue un rôle dans l'adhésion de ces derniers à la dentine.

Les monomères constituant les composites fibrés sont les mêmes que pour les composites classiques (Bis-GMA, UDMA, TEGDMA).

On distingue deux grandes classes de matrices résineuses :

- le réseau semi-interpénétré de polymères thermodurcissables ou thermoplastiques (matrice semi-IPN), au sein duquel le polymère de diméthacrylate est complété par un polymère linéaire de PMMA, sans liaison chimique entre eux.¹⁰
- la matrice de polymères réticulés photo-durcie (matrice CLP).

La résine semi-IPN combinée aux fibres de verre a montré une amélioration des propriétés mécaniques par rapport aux composites de restauration classiques.¹¹

La liaison entre l'adhésif et le composite fibré est meilleure avec une matrice semi-IPN qu'avec une matrice CLP.¹² Le réseau semi-IPN présente une couche d'inhibition à l'oxygène au niveau de sa couche externe, ce qui permet d'avoir une liaison chimique directe à la résine de l'adhésif ou du composite de couverture, éliminant ainsi la nécessité d'une rétention mécanique.¹³

b. Types de fibres

Les principales fibres utilisées dans les composites fibrés sont en polyéthylène ou en verre. Ces dernières peuvent être de différents types : E-, R-, S-Glass qui se différencient par leurs propriétés chimiques et mécaniques.

Il a cependant été montré que les fibres de verre E-Glass présentent de meilleurs résultats de résistance, ce sont donc les plus utilisées.^{14,15} Les fibres sont enduites de silane pour améliorer la liaison avec la matrice résineuse.¹⁶

¹⁰ Sperling, « Interpenetrating Polymer Networks ».

¹¹ Garoushi, Vallittu, et Lassila, « Short Glass Fiber Reinforced Restorative Composite Resin with Semi-Inter Penetrating Polymer Network Matrix ».

¹² Wolff et al., « Analysis of the Interdiffusion of Resin Monomers into Pre-Polymerized Fiber-Reinforced Composites ».

¹³ Freilich et al., « Development and Clinical Applications of a Light-Polymerized Fiber-Reinforced Composite ».

¹⁴ Khan et al., « Ex Vivo Fracture Resistance of Teeth Restored with Glass and Fiber Reinforced Composite Resin ».

¹⁵ Natarajan et Thulasigam, « The Effect of Glass and Polyethylene Fiber Reinforcement on Flexural Strength of Provisional Restorative Resins ».

¹⁶ John, Gangadhar, et Shah, « Flexural Strength of Heat-Polymerized Polymethyl Methacrylate Denture Resin Reinforced with Glass, Aramid, or Nylon Fibers ».

c. Longueur des fibres

L'ajout de fibre ne présente un intérêt que si leur longueur dépasse une longueur minimale appelée longueur critique.¹⁷ Cette longueur critique est calculée à l'aide la formule suivante, basée sur des données mécaniques de résistance à la traction et au cisaillement.¹⁸

$$l_c = \frac{f^d}{2c}$$

f : valeur de traction maximale de la fibre

d : diamètre de la fibre

c : résistance au cisaillement au niveau de la matrice

Figure 2 : Formule de calcul de la longueur critique³⁹

Le renforcement et le raidissement du composite fibré s'expliquent par le fait que la matrice a un module de flexion beaucoup plus faible que la fibre, par conséquent elle se déforme davantage. La longueur critique de la fibre est la longueur minimale à partir de laquelle le stress mécanique est transféré de la matrice vers les fibres, améliorant ainsi les propriétés du matériau. Quand la longueur des fibres est inférieure à cette longueur critique, ces dernières agissent davantage comme des micro-charges et les composites présentent alors des propriétés mécaniques similaires à celles des composites à charges particulières.¹⁹

La longueur critique des fibres de verre dans une matrice de polymère bis-GMA a été déterminée par un test de fragmentation de fibre. Elle est comprise entre 0,5 et 1,6 mm.²⁰

d. Rapport d'aspect

Le rapport d'aspect, ou aspect ratio, correspond à la longueur d'une fibre sur son diamètre. Utiliser des fibres présentant un rapport d'aspect peut significativement changer les propriétés du matériau. Les résistances en traction, flexion et élasticité ainsi que la ténacité du matériau augmentent avec le rapport d'aspect.²¹

Une valeur acceptable du rapport d'aspect dans le cas des composites renforcés aux fibres de verre doit être comprise entre 30 et 94.²²

¹⁷ Petersen, « Discontinuous Fiber-reinforced Composites above Critical Length ».

¹⁸ Garoushi, Lassila, et Vallittu, « Short Fiber Reinforced Composite: The Effect of Fiber Length and Volume Fraction ».

¹⁹ Garoushi, Vallittu, et Lassila, « Short Glass Fiber Reinforced Restorative Composite Resin with Semi-Interpenetrating Polymer Network Matrix ».

²⁰ Cheng, Jones, et Wang, « Effect of Fibre Conditioning on the Interfacial Shear Strength of Glass-Fibre Composites ».

²¹ Petersen et Liu, « Mechanical Properties Comparing Composite Fiber Length to Amalgam ».

²² Vallittu, « High-Aspect Ratio Fillers ».

e. Orientation des fibres

Les composites fibrés utilisés en odontologie restauratrice présentent une orientation aléatoire de leurs fibres, ce qui leur confère des propriétés isotropes. L'isotropie caractérise l'invariance des propriétés physiques d'un milieu en fonction de la direction des forces auxquelles il est soumis .

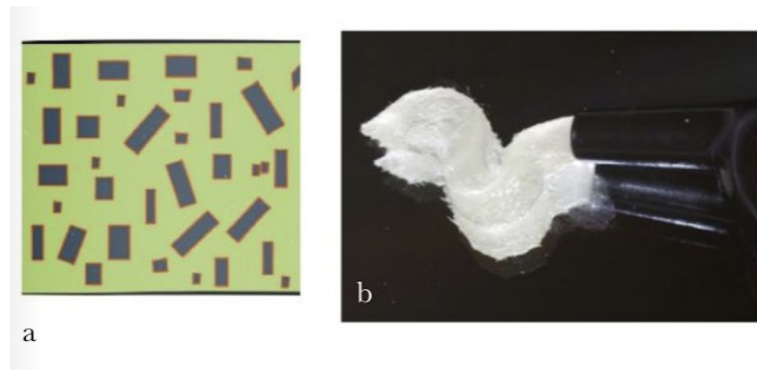


Figure 3 : a. Représentation schématique d'un agencement aléatoire de fibres
b. Composite "bulk-fill" renforcé de fibres courtes (everX Posterior, GC) ⁹

Les fibres ont une orientation unidirectionnelle ou orthogonale sont pré-imprégnées de résine. Elles sont indiquées dans d'autres disciplines que l'odontologie restauratrice unitaire, notamment pour l'élaboration de contentions parodontales, post-traumatiques ou post-orthodontiques, de bridges composites ou encore de réparation de couronnes et facettes.

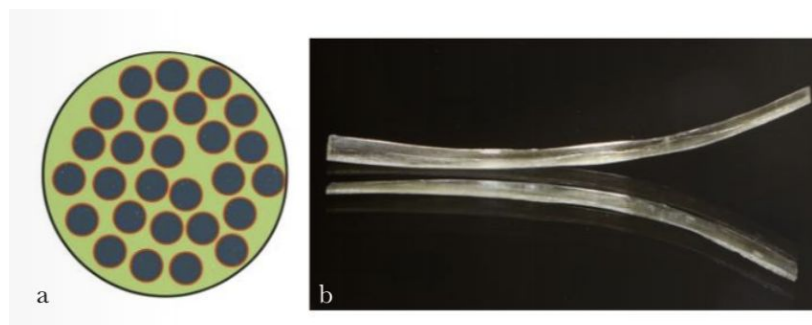


Figure 4 : a. Représentation schématique d'une orientation unidirectionnelle des fibres
b. Brin de fibres unidirectionnelles (everstick C&B, GC) ⁹

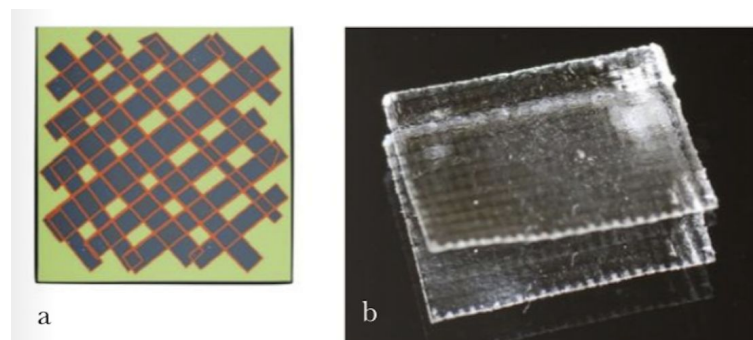


Figure 5 : a. Représentation schématique d'une orientation bidirectionnelle (ou orthogonale) des fibres
b. Réseau de FRC avec une disposition orthogonale des fibres (everStick NET, GC) ⁹

f. Adhésion

L'étude in vitro de Tsujimoto montre que les composites fibrés ont des valeurs d'adhésion similaires aux autres composites de restauration, cette adhésion dépendant du type d'adhésif utilisé et non du composite lui-même.²³

2. Propriétés physiques

a. Retrait et contrainte de polymérisation

La conversion des monomères libres en macromolécules puis en polymères engendre une diminution de volume du milieu réactionnel appelée retrait de polymérisation.

L'ampleur du retrait de polymérisation, et la contrainte qui l'accompagne, sont les principaux facteurs de problèmes in vivo tels qu'une mauvaise adaptation marginale, des douleurs post-opératoires ou des reprises carieuses dues à des micro-fuites. Selon les études, le retrait volumétrique des résines composites est d'en moyenne de 1,5 à 6%.²⁴ Une des méthodes de contrôle de ce retrait est la technique dite incrémentale, consistant en la mise en place du composite par de petits apports successifs.

Nous avons schématisé l'ensemble des conséquences possibles de ce retrait de polymérisation sur la figure 6.

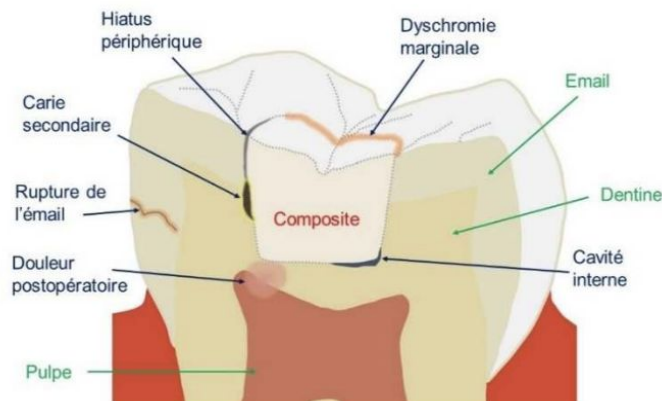


Figure 6 : Dommages engendrés par le retrait de polymérisation et les contraintes de contraction

Le calcul de la contrainte du retrait de polymérisation est réalisé in vitro par différents types de tests : par la méthode "bonded-disk", par jauge de contrainte ou par fibres optiques Bragg.

Dans l'étude de Garoushi et al. de 2013, utilisant la méthode des jauges de contraintes, le composite fibré à fibres courtes a montré le plus faible taux de contrainte de polymérisation

²³ Tsujimoto et al., « Bonding Performance and Interfacial Characteristics of Short Fiber-Reinforced Resin Composite in Comparison with Other Composite Restoratives ».

²⁴ Ferracane, « Placing Dental Composites—A Stressful Experience ».

(0,17%) par rapport aux autres composites.²⁵ Une autre étude du même auteur a comparé la contrainte et la force du retrait de polymérisation par test du “bonded-disk” d’un composite fibré par rapport à un composite particulaire, sur des restaurations occlusales et cervicales. Les résultats montrent une diminution significative de la contrainte de polymérisation et des micro-fuites chez le composite fibré.²⁶

D’autre part, l’étude de Garoushi réalisée en 2015 montre que les restaurations de classe II utilisant un composite fibré en base puis un composite classique particulaire pour le recouvrir ont un pourcentage de micro-fuites significativement plus faible que si l’un ou l’autre des composites était utilisé seul.²⁷ Ceci est dû à une polymérisation plus homogène.

L’étude de Tezvergil²⁸ montre que les composites fibrés avec une orientation longitudinale des fibres présentent un faible retrait dans la direction des fibres mais important dans le sens transversal. Les composites à fibres bi-directionnelles ont quant à eux un faible retrait dans les deux sens.²⁹

b. Expansion hygroscopique

Les mêmes constatations que pour le retrait à la polymérisation sont faites sur l’expansion hygroscopique comme en témoigne l’étude in vitro de Anttila et al. Des échantillons de composites fibrés polymérisés ont été immergés dans l’eau pendant 132 jours et l’expansion hydrique du matériau a été mesurée à l’aide de fibres optiques (Bragg). Elle tend à montrer que l’absorption d’eau compense le retrait de polymérisation.³⁰

L’absorption d’eau par les composites fibrés peut être favorisée par une mauvaise imprégnation des fibres dans la matrice polymère et laisser de petites bulles de vide qui participent à la porosité du matériau et diminuent ainsi ses propriétés mécaniques.^{31,32}

²⁵ Garoushi et al., « Physical Properties and Depth of Cure of a New Short Fiber Reinforced Composite ».

²⁶ Garoushi et al., « Polymerization Shrinkage of Experimental Short Glass Fiber-Reinforced Composite with Semi-Inter Penetrating Polymer Network Matrix ».

²⁷ Garoushi et al., « The Effect of Short Fiber Composite Base on Microleakage and Load-Bearing Capacity of Posterior Restorations ».

²⁸ Tezvergil, Lassila, et Vallittu, « The Effect of Fiber Orientation on the Polymerization Shrinkage Strain of Fiber-Reinforced Composites ».

²⁹ Vallittu, « High-Aspect Ratio Fillers ».

³⁰ Anttila et al., « Evaluation of Polymerization Shrinkage and Hydroscopic Expansion of Fiber-Reinforced Biocomposites Using Optical Fiber Bragg Grating Sensors ».

³¹ Fonseca et al., « Effect of Short Glass Fiber/Filler Particle Proportion on Flexural and Diametral Tensile Strength of a Novel Fiber-Reinforced Composite ».

³² Kamble et Parkhedkar, « In Vitro Comparative Evaluation of the Effect of Two Different Fiber Reinforcements on the Fracture Toughness of Provisional Restorative Resins ».

Plusieurs études montrent qu'il y a un potentiel effet détérioratif de l'eau sur l'adhésion interfaciale entre les fibres et la matrice par hydrolyse de l'agent de couplage, le silane.^{33,34,35} Le composite fibré nécessite donc d'être recouvert par une couche de composite particulaire.

3. Propriétés mécaniques

a. Ténacité

La ténacité, ou résistance à la fracture, est la capacité d'un matériau à résister à la propagation d'une fêlure. Le test de ténacité peut être réalisé par tout moyen de déformation, que ce soit en compression, flexion, torsion ou traction.

La ténacité dépend des propriétés physiques et de la composition chimique du matériau. Elle est l'une des propriétés les plus intéressantes des composites fibrés.

Garoushi et al. comparent à l'aide d'un test de compression 3 types de restauration ; l'une composée uniquement de composite particulaire, l'autre de composite fibré et la troisième avec une sous-structure de composite fibré et une couche de composite particulaire en surface. Les deux groupes composés de composite fibré ont montré une meilleure résistance à la fracture que le groupe composé uniquement de composite particulaire.³⁶

Historiquement, l'Alert présentait déjà une valeur de ténacité supérieure aux composites particuliers traditionnels.³⁷ En modifiant la longueur des fibres vers une longueur similaire ou supérieure à la longueur critique (1 à 2 mm), la valeur de la ténacité par test de traction a doublé.³⁸

L'everX Posterior, composite fibré présenté par son fabricant GC comme un bulk-fill, a montré une valeur de résistance à la fracture par test de flexion en 3 points supérieure aux autres composites bulk.³⁹ Les fibres permettent donc d'arrêter la propagation de la fêlure.

³³ Vallittu, « Effect of 180-Week Water Storage on the Flexural Properties of E-Glass and Silica Fiber Acrylic Resin Composite. ».

³⁴ Lassila, Nohrström, et Vallittu, « The Influence of Short-Term Water Storage on the Flexural Properties of Unidirectional Glass Fiber-Reinforced Composites ».

³⁵ Abdel-Magid et al., « The combined effects of load, moisture and temperature on the properties of E-glass/epoxy composites ».

³⁶ Garoushi et al., « The Effect of Short Fiber Composite Base on Microleakage and Load-Bearing Capacity of Posterior Restorations ».

³⁷ Knobloch et al., « Fracture Toughness of Packable and Conventional Composite Materials ».

³⁸ Garoushi et al., « Physical Properties and Depth of Cure of a New Short Fiber Reinforced Composite ».

³⁹ Abouelleil et al., « Comparison of mechanical properties of a new fiber reinforced composite and bulk filling composites ».

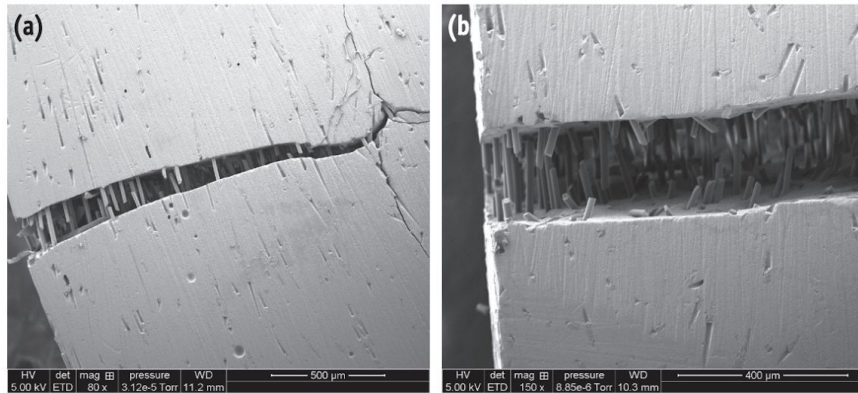


Figure 7 : Photos par microscopie électronique à balayage d'un échantillon soumis à un test de résistance à la fracture

(a) Après la fracture

(b) A plus fort grossissement, on observe l'orientation des fibres le long du trait de fracture ³⁹

b. Résistance à la flexion

L'étude de Kamble visant à comparer par le biais d'un test en 3 points la résistance à la flexion du polyméthacrylate de méthyle (PMMA) et celle de la résine composite bis-acrylique renforcée par du polyéthylène et des fibres de verre montre que l'augmentation de la teneur en fibres jusqu'à 30%, et donc la réduction de la teneur en charges particulières du composite, a entraîné une augmentation des propriétés en flexion. Cette dernière est donc en lien avec le pourcentage de fibres présentes au sein du matériau.⁴⁰

L'étude de Garoushi basée sur des tests en 3 a montré que la présence de fibres était un élément déterminant dans la résistance à la flexion. Par contre elle n'a pas montré de différence significative entre des fibres courtes et des fibres plus longues telles que la base Xenius.

Cette résistance en flexion est isotrope (c'est-à-dire que les propriétés sont identiques en tout point du matériau) lorsque des fibres de verres d'orientations différentes sont utilisées. La composition du matériau est donc préférable avec des fibres de verres courtes, mais néanmoins supérieures à la longueur critique, et orientées de manière aléatoire de façon à pouvoir répondre aux contraintes cliniques.^{41,42}

⁴⁰ Kamble, Parkhedkar, et Mowade, « The Effect of Different Fiber Reinforcements on Flexural Strength of Provisional Restorative Resins ».

⁴¹ Fonseca et al., « Effect of Short Glass Fiber/Filler Particle Proportion on Flexural and Diametral Tensile Strength of a Novel Fiber-Reinforced Composite ».

⁴² Viguie et al., « Epoxy/Carbon Composite Resins in Dentistry ».

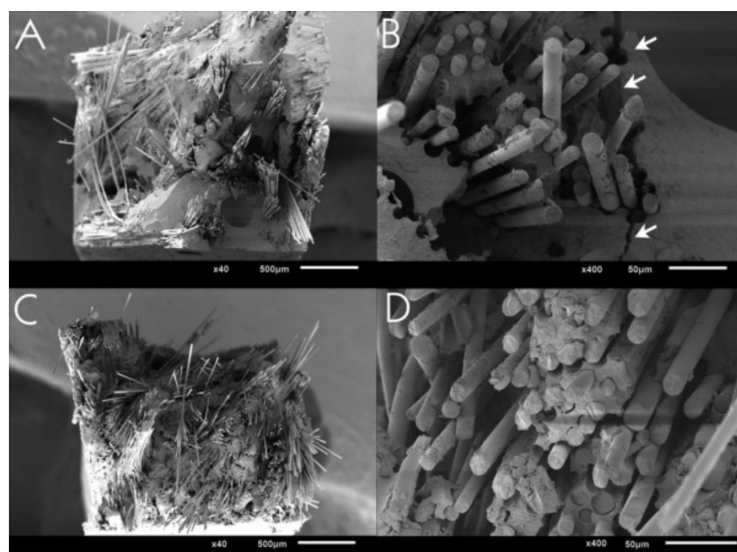


Figure 8 : Vue au microscope électronique de la propagation de la fracture en fonction de la densité de fibres présentes

c. Résistance à la fatigue

La rupture de fatigue d'un matériau se caractérise par des cycles de contraintes variables qui finissent par provoquer une défaillance dans celui-ci et conduire à une fissure voire une fracture.

Dans le cas de cavités de type MOD, l'étude de Magne et Soares ne met pas en évidence de différence significative dans la résistance à la fatigue entre une restauration directe combinant le composite fibré recouvert d'un composite particulaire et une restauration indirecte de type inlay.⁴³ Cette absence de différence significative se retrouve également dans l'étude de Barreto par rapport à une restauration au composite particulaire.⁴⁴

d. Résistance à la compression

Les études ont montré que les fibres contenues dans les composites de restauration permettaient d'améliorer le point limite de rupture.

L'étude de Garoushi portant sur un échantillonnage ex vivo de 336 éprouvettes conclut que l'augmentation de l'épaisseur de la couche de composite fibré augmente la capacité de charge associée. Elle montre également que les composites avec des fibres unidirectionnelles ont une capacité de charge augmentée comparée aux fibres aléatoires courtes.⁴⁵

⁴³ Soares, Razaghy, et Magne, « Optimization of Large MOD Restorations ».

⁴⁴ Barreto et al., « Short Fibre-Reinforced Composite for Extensive Direct Restorations ».

⁴⁵ Garoushi et al., « Load Bearing Capacity of Fibre-Reinforced and Particulate Filler Composite Resin Combination ».

Une autre étude de Garoushi portant quant à elle sur 3 groupes de 8 restaurations chacun conclut que les onlays réalisés en technique directe et comportant une sous-structure de composite fibré ont une meilleure résistance à la compression que les onlays réalisés en composite particulaire.⁴⁶

L'étude de Nagata et Garoushi en particulier montre qu'avec des charges uniformes sur le bord incisif de restauration prothétique à base de FRC résistent mieux au test que les restaurations plus conventionnelles en disilicate de leucite ou disilicate de lithium.⁴⁷

On constate que la rupture est partielle avec des matériaux en A-frc et S-frc tandis qu'elle est dite catastrophique pour les autres matériaux non fibrés tels que des blocs frittés de céramique renforcés en leucite (Empress) ou des blocs pré-frittés de disilicate de lithium (Emax).

Cette étude montre que les composites fibrés photopolymérisés puis non retouchés ont un meilleur comportement en compression que les composites fibrés photopolymérisés et thermo-polymérisés (CAD/CAM) puis usinés. Cela semble dû à l'orientation des fibres en surface qui n'est pas la même suivant si l'on retouche le matériau avant (A-frc) ou après (S-frc) polymérisation.

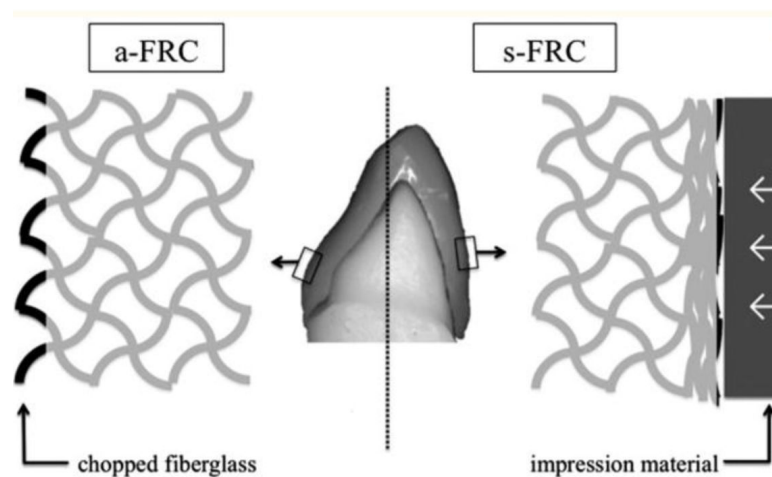


Figure 9 : Dessin schématique des distributions distinctes de la fibre de verre (lignes noires) sur les surfaces prothétiques des restaurations en FRC à structure unique⁴⁷

Enfin, dans une étude de 2020 Lassila a montré des améliorations substantielles de la capacité de charge des restaurations lorsqu'un noyau de composite fibré en vrac était utilisé sous une couche de composite par rapport à celle du PFC ordinaire. Il a en outre été montré que la capacité de charge de la restauration augmentait linéairement avec la diminution de l'épaisseur du composite de recouvrement et qu'une épaisseur de recouvrement comprise entre 0,5 et 1mm semblait optimale.⁴⁸

⁴⁶ Garoushi et al., « Short Fiber Reinforced Composite ».

⁴⁷ Nagata et al., « Fracture Behavior of Single-Structure Fiber-Reinforced Composite Restorations ».

⁴⁸ Lassila et al., « Bilayered composite restoration ».

e. Résistance à la traction

Selon Fonseca et al. la résistance à la traction est elle aussi améliorée par l'incorporation de fibres de verre dans le composite.⁴⁹ Si la résistance à la traction de la fibre est supérieure à celle du matériau nu alors celle-ci augmentera ses capacités mécaniques. De même, plus la capacité des fibres à adhérer à la matrice de polymères sera importante, plus la résistance à la traction augmentera.

De fait, plus la matrice de polymères est imprégnée, plus la résistance aux forces de traction sera importante.

f. Module d'élasticité

La valeur du module d'élasticité est intimement liée au volume de charges présent dans le composite. Dans le cas des composites fibrés, le volume de charges est diminué mais on retrouve un module d'élasticité comparable voire supérieur aux composites particulaires⁵⁰ et aux bulk-fills⁵¹.

g. Résistance à l'usure

Peu d'études se sont intéressées à la résistance à l'usure des composites fibrés car ils sont indiqués en sous-structure et non directement soumis au phénomène d'usure. Il a néanmoins été démontré une meilleure résistance à l'usure par rapport à un composite particulaire micro-chargé.⁵²

Une seule étude est disponible sur l'usure des composites fibrés, réalisée en laboratoire à l'aide d'un testeur d'usure à broche sur disque. L'étude porte sur un échantillon de 45 blocs divisés en 3 groupes. Celle-ci a montré une résistance à l'usure similaire voire supérieure aux composites traditionnels mais inférieure aux restaurations en or coulé.⁵³

⁴⁹ Fonseca et al., « Effect of Short Glass Fiber/Filler Particle Proportion on Flexural and Diametral Tensile Strength of a Novel Fiber-Reinforced Composite ».

⁵⁰ Garoushi et al., « Physical Properties and Depth of Cure of a New Short Fiber Reinforced Composite ».

⁵¹ Abouelleil et al., « Comparison of mechanical properties of a new fiber reinforced composite and bulk filling composites ».

⁵² Hambire et Ashok, « Comparison and Optimization of Wear Rates of Two Types of Dental Composites On The Basis Of Micro Hardness ».

⁵³ Kumar, Sarthaj, et Majumder, « Comparative Evaluation of Wear Resistance of Cast Gold with Bulk-Fill Composites an in Vitro Study ».

4. Propriétés optiques

a. Radio-opacité

En général, les composites fibrés présentent une radio-opacité limitée en raison de la faible concentration d'éléments radio-opaques. Ce défaut de la fibre de verre limiterait son application en dentisterie car une radio-opacité suffisante est hautement souhaitable pour les matériaux dentaires utilisés en technique directe.

L'ajout d'iode synthétisé contenant un nouveau monomère méthacrylate HMTIB a été testé pour augmenter la radio-opacité des composites fibrés, les résultats montrant que ces derniers présentent alors une radio-opacité plus élevée que l'émail dentaire naturel.⁵⁴ Cette voie est donc prometteuse et permettrait d'élargir le champ d'utilisation de tels matériaux.

b. Profondeur de polymérisation

D'une part, la profondeur de polymérisation des composites de type bulk-fill (fibrés ou non) est améliorée par rapport à des composites particuliers traditionnels. La profondeur de polymérisation peut aller jusqu'à 4,6mm pour le Xenius Base, profondeur deux fois plus élevée que pour l'Alert.^{55,56}

Ces différences de résultats s'expliquent notamment par des meilleurs coefficients de réfraction et d'extinction dans les systèmes monomères BisGMA et TEGMA.⁵⁷

D'autre part, des études ont également montré une meilleure conduction et diffusion de la lumière dans les composites fibrés par rapport aux composites classiques.⁵⁸

En 2005, Uctasli a mené une étude dont le but était de comparer les différentes matrices polymères que pouvaient contenir les composites fibrés actuellement utilisés. L'étude conclut à l'absence de différence significative entre le degré de conversion des matrices semi-IPN par rapport aux résines diméthacrylates de FRC.⁵⁹

⁵⁴ He, Vallittu, et Lassila, « Preparation and Characterization of High Radio-Opaque E-Glass Fiber-Reinforced Composite with Iodine Containing Methacrylate Monomer ».

⁵⁵ Garoushi et al., « Physical Properties and Depth of Cure of a New Short Fiber Reinforced Composite ».

⁵⁶ Dionysopoulos, Tolidis, et Gerasimou, « The Effect of Composition, Temperature and Post-Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency ».

⁵⁷ Lehtinen et al., « Optical Characterization of Bisphenol-A-Glycidylmethacrylate-Triethyleneglycoldimethacrylate (BisGMA/TEGDMA) Monomers and Copolymer ».

⁵⁸ Le Bell et al., « Depth of Light-Initiated Polymerization of Glass Fiber-Reinforced Composite in a Simulated Root Canal ».

⁵⁹ Uctasli et al., « The Degree of Conversion of Fiber-Reinforced Composites Polymerized Using Different Light-Curing Sources ».

En outre, il est intéressant de noter que la profondeur de polymérisation et l'irradiance lumineuse d'EverX à 4 mm de profondeur étaient similaires aux résultats les plus élevés des composites de remplissage en vrac selon Garoushi et Vaillittu.⁶⁰

5. Études cliniques et discussion

La majorité des études cliniques réalisées ce jour portent sur des restaurations prothétiques et traitent notamment de l'utilisation du tenon fibré.

Nous avons recueilli seulement 5 études cliniques concernant les restaurations directes avec des composites fibrés. Quatre de ces études ont été réalisées sur de larges restaurations directes en secteur postérieur avec une technique en deux couches qui combine une sous-structure composite bulk à fibres courtes et une couche superficielle de composite de remplissage particulaire classique.

L'Étude de Deliperi (2009) montre que sur 35 molaires traitées par application d'un composite fibré, en l'occurrence de la fibre de ruban de polyéthylène imprégné de résine (Ribbon Triaxial), le suivi porte sur les critères USPHS et après 1 an d'étude clinique, aucun échec n'a été signalé et des scores prometteurs ont été observés sur les paramètres étudiés.⁶¹

Dans cette étude un composite fibré à proprement parler n'a pas été utilisé, mais un mélange extemporané de fibres et de résine, sûrement parce que l'étude a été réalisée en 2009 et qu'à cette époque l'everX Posterior n'était pas commercialisé.

L'étude clinique prospective menée par Garoushi (2016) et son équipe consistait en un suivi à 12 mois d'un nouveau système de résine composite de remplissage qui combine une résine composite renforcée de fibres courtes et une résine composite de remplissage particulaire conventionnelle dans des applications à haute contrainte.⁶²

Dans cette étude, des restaurations majoritairement postérieures sont effectuées puis recouvertes par un composite particulaire classique avant d'être contrôlées selon les critères du US Public Health Service par le même opérateur que celui qui les a effectués.

Cette étude ne comprend pas un nombre assez important de sujets pour apporter des certitudes scientifiques mais elle semble aller dans le sens d'une réduction des échecs cliniques avec des composites chargés en fibres.

Aucun échec majeur n'a été observé mais 1 syndrome pulpaire mineur et 5 fuites marginales mineures non objectivables cliniquement sont apparus sur un total de 37 cas sur 1 an de suivi.

⁶⁰ Garoushi et al., « Depth of cure and surface microhardness of experimental short fiber-reinforced composite ».

⁶¹ Deliperi et Bardwell, « Reconstruction of Nonvital Teeth Using Direct Fiber-Reinforced Composite Resin ».

⁶² Garoushi et al., « Preliminary Clinical Evaluation of Short Fiber-Reinforced Composite Resin in Posterior Teeth ».

La combinaison de matériaux composites à fibres courtes et de composites de remplissage particulaire a montré une limite de fatigue plus élevée que celle obtenue avec un composite de remplissage ordinaire.⁶³

L'étude conclut donc sur l'apport prometteur des composites fibrés en restauration directe sous une restauration par composite particulaire classique.

L'étude de Johanna Tanner (2018), qui comporte des auteurs communs à l'étude de Garoushi, a étudié les restaurations composites en fibres de verre dans le secteur postérieur avec un recul de 2 ans et demi.⁶⁴ L'étude inclut 33 patients et les étudie de façon prospective. De l'aveu-même de ses auteurs, ses principaux défauts en sont l'absence de groupe témoin et l'absence de randomisation.

Cette étude a été menée avec la même technique de mise en œuvre que la précédente, en prenant soin sur chaque restauration de recouvrir le composite fibré par un composite particulaire classique choisi par l'opérateur.

Les auteurs ont effectué des relevés cliniques et radiologiques annuels pour constater l'évolution de certains points des restaurations : la forme anatomique, la fuite marginale et les caries secondaires. Le taux de survie moyen est de 97%. Selon une étude antérieure⁶⁵ les dents vitales restaurées de la sorte auraient un moins bon taux de survie mais cette étude ne montre pas différence significative et donc ne conclut pas dans ce sens

Cette étude corrobore en outre les résultats in vitro de l'étude de Ozsevik⁶⁶ qui stipule que le placement d'un composite renforcé de fibre sous le composite augmente la résistance à la fracture des dents en question.

Une autre étude, celle de Güney (2020), a évalué sur 24 mois différentes résines dans les restaurations de classe 2⁶⁷. 40 patients présentant au moins chacun trois lésions proximales des prémolaires et molaires ont été inclus dans l'étude. Un total de 120 cavités de classe II ont été restaurées à l'aide de 3 composites de restauration différents dont l'everX recouvert de composite particulaire.

Chacun des 3 matériaux de restauration a été utilisé sur 40 cavités. Le suivi des patients quant à lui s'est fait tous les 6 mois par un examinateur indépendant qui a contrôlé l'adaptation, la décoloration marginale et la rétention en utilisant les critères USPHS modifiés.

L'étude ne conclut pas sur une différence significative du composite fibré everX recouvert par le GC postérieur en termes de performance clinique sur tous les critères d'évaluation testés.

⁶³ Garoushi et al., « Static and Fatigue Compression Test for Particulate Filler Composite Resin with Fiber-Reinforced Composite Substructure ».

⁶⁴ Tanner et al., « Clinical Evaluation of Fiber-Reinforced Composite Restorations in Posterior Teeth - Results of 2.5 Year Follow-up ».

⁶⁵ Van Dijken et Hasselrot, « A Prospective 15-Year Evaluation of Extensive Dentin-Enamel-Bonded Pressed Ceramic Coverages ».

⁶⁶ Ozsevik et al., « Effect of Fibre-Reinforced Composite on the Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth ».

⁶⁷ Guney et Yazici, « 24-Month Clinical Evaluation of Different Bulk-Fill Restorative Resins in Class II Restorations ».

El Aziz (2020) a quant à lui réalisé un essai clinique randomisé visant à comparer la résine renforcée de fibres de verre courtes par rapport aux restaurations en composite particulières.⁶⁸ Deux groupes de 38 restaurations de classe 2 avec pulpe vitale ont été constitués, les patients ont respectivement reçu un traitement composé d'un everX Flow recouvert par un composite de restauration postérieur ou une restauration indirecte réalisée directement au fauteuil puis ont été évalués selon les critères USPHS par des évaluateurs indépendants en aveugle à 6 mois et 1 an.

Il en résulte qu'aucune différence significative n'a été obtenue vis-à-vis de la majorité des critères USPHS sauf à 12 mois, on observe une meilleure intégrité marginale des restaurations effectuées avec la technique "super sandwich". D'autre part, le critère de correspondance des teintes a quant à lui donné de meilleurs résultats avec les restaurations indirectes au fauteuil.

⁶⁸ El Aziz, Mohammed, et Gomaa, « Clinical Performance of Short-Fiber-Reinforced Resin Composite Restorations vs Resin Composite Onlay Restorations in Complex Cavities of Molars (Randomized Clinical Trial) ».

Cas cliniques et indications en odontologie restauratrice

I. Restauration directe de petite ou moyenne étendue

Les composites fibrés, de par leurs propriétés mécaniques, sont un matériau de choix pour les reconstructions directes en technique sandwich fermé. Le composite fibré doit être recouvert par une couche de composite classique.

Cette technique est notamment utilisée dans le cas de restaurations de classe 2 de petite ou moyenne étendue.

Cas n°1 :

En consultation d'urgence, le patient se présente avec une fracture asymptomatique distale de sa 36, anciennement restaurée à l'amalgame. Lors de ce premier rendez-vous, l'amalgame restant a été déposé puis la cavité occluso-distale a été obturée à l'aide d'un ciment verre ionomère après curetage carieux (a et b). La dent ne montrait aucun signe d'inflammation pulpaire et répondait positivement au test de vitalité. Du fait du délabrement coronaire important, une restauration indirecte collée a été proposée au patient. Cependant, pour des raisons financières, le patient n'a pas souhaité y avoir recours.

Au rendez-vous suivant, la vitalité a été contrôlée positivement. Le choix d'une restauration directe en technique "super sandwich" (qui est un terme souvent rencontré pour désigner l'utilisation d'une base composite fibrée) a été fait.

Les étapes suivantes ont alors été réalisées :

- Anesthésie loco-régionale à la lingula,
- Isolation à l'aide d'un champ opératoire et de Téflon au niveau de la limite distale (c),
- Mise en place d'une couche d'adhésif en guise d'Immédiate Dentine Sealing (IDS) afin de diminuer les sensibilités post-opératoires et d'obtenir l'adhésion du composite de restauration (d),
- Transformation de la cavité de classe 2 en cavité de classe 1 en remontant le mur distal à l'aide de composite de restauration particulaire (e et f),
- Mise en place d'everX Posterior au centre de la cavité en un seul incrément selon les recommandations du fabricant (g),
- Pose cuspidale par cuspidale d'un composite de restauration sur une épaisseur d'environ 2 mm (h),
- Dépose de la digue et polissage à l'aide de fraises diamantées et de disques abrasifs faibles grains (i),
- Contrôle de l'occlusion et radio post-opératoire (j).

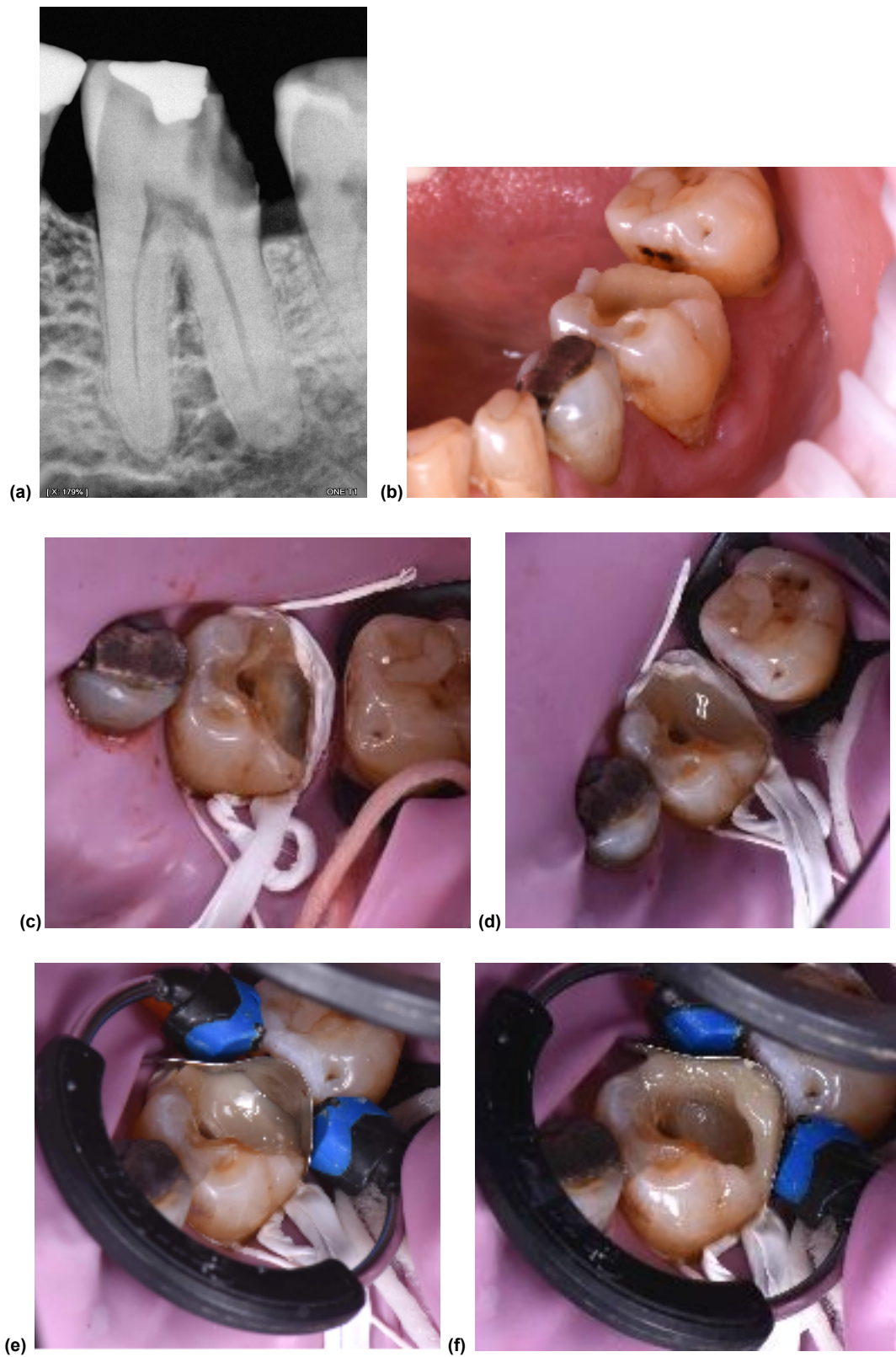


Figure 10 : Restauration de moyenne étendue de classe 2 en technique directe



(g) Mise en place du composite fibré au centre de la restauration (h) Mise en place du composite de surface par stratification (i) Situation finale après polissage et réglage de l'occlusion (j) Radio post-opératoire

Figure 10 (suite) : Restauration de moyenne étendue de classe 2 en technique directe

II. Substitut dentinaire sous une restauration indirecte collée

Le composite fibré peut également être utilisé en substitut dentinaire sous une restauration indirecte collée. Ses propriétés mécaniques évoquées précédemment se rapprochant de celles de la dentine, le recours au composite fibré va permettre de respecter la notion de biomimétisme.⁶⁹ Il permet également de mieux répartir les contraintes sous la pièce prothétique, évitant ainsi les fractures et fêlures sous-jacentes, ou empêchant la propagation de ces dernières.

Cas n°2 :

La patiente se présente en consultation pour des sensibilités à la suite d'une fracture d'un amalgame sur sa 47 (a). La dent répond positivement au test de vitalité pulpaire.

Lors de la première séance, bénéficiant de suffisamment de temps, le composite fibré a pu être placé après traitement de la cavité avec un système adhésif M&R 2 (b). Le composite a été ensuite recouvert de composite de faible viscosité en temporisation (c).

Au rendez-vous suivant, la patiente ne présentait plus de sensibilités et la dent répondait positivement au test de vitalité pulpaire, permettant ainsi sa préservation. Une préparation homothétique occlusale fut réalisée (d). L'usinage et le collage de l'overlay en céramique hybride ont ensuite été réalisés au cours de la même séance (e).

Un an après le soin, la dent répond positivement au test de vitalité et aucune doléance n'est rapportée.

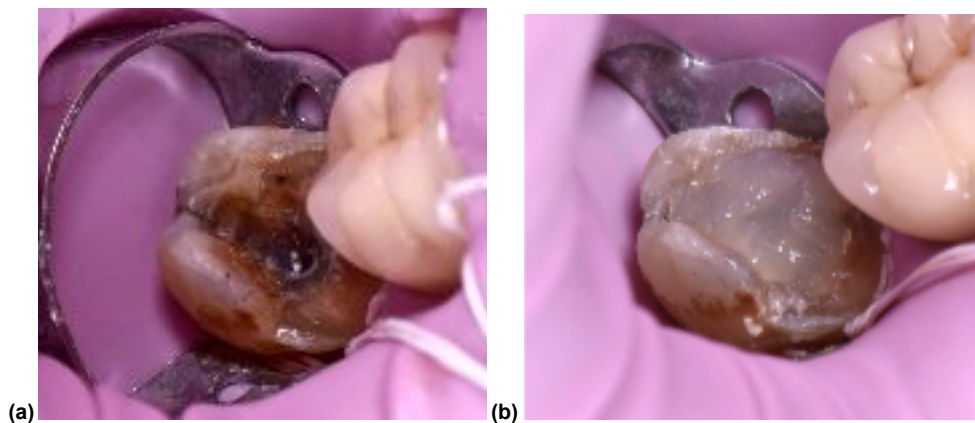


Figure 11 : Restauration fibrée directe sous un overlay

⁶⁹ Keulemans et al., "Biomimetic Restorative Dentistry".



(a) Situation après dépose de l'amalgame (b) Mise en place de l'everX Posterior au coeur de la cavité
 (c) Temporisation avec recouvrement du composite fibré par un composite de faible viscosité (d) Préparation pour
 restauration indirecte collée (e) Situation finale après collage de la pièce prothétique

Figure 11 (suite) : Restauration fibrée directe sous un overlay

III. Restaurations de fêlures

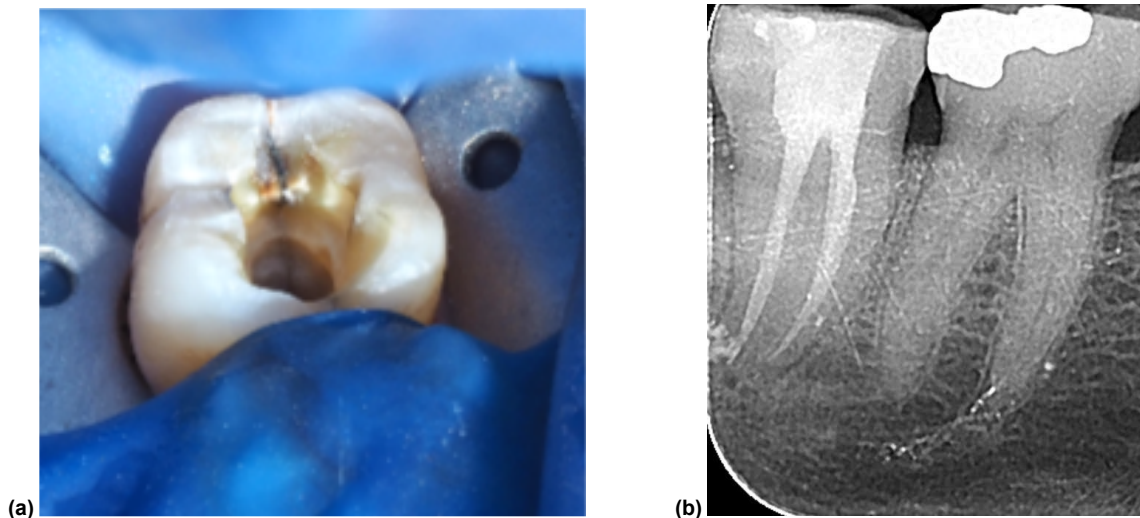
Le composite fibré peut aussi être mis en place pour stopper une fêlure déjà existante. Il permet d'éviter la propagation de cette dernière et de supprimer la symptomatologie qui y est liée.

Cas n°3 :

La patiente se présente au cabinet avec une douleur sur la 47. La douleur est modérée mais à l'examen clinique la dent n'est plus vitale et présente une fêlure longitudinale (a).

Le traitement de dévitalisation a dû être entrepris à la suite duquel une douleur était toujours présente, ce qui nous a conduit à revoir la patiente assez rapidement pour placer un composite fibré en substitut dentinaire (everX) (b) puis lui proposer la réalisation d'un overlay avec une préparation périphérique de la dent (c) de façon à sertir la lésion et diminuer au maximum le risque de fracture catastrophique en concentrant les forces masticatoires vers le centre de la dent.

La patiente n'habitant pas dans la région il n'a pas été possible de la revoir pour refaire des photos mais dès le lendemain au téléphone la patiente ne sentait plus de douleur sur cette dent.



(a) Vue de la fêlure avant mise en place d'everX (b) Radio post-opératoire après mise en place de l'everX

Figure 12 : Restauration fibrée sur une fêlure mésio-distale d'une 47 avant collage d'un overlay



(c)

(c) Préparation pour restauration prothétique

Figure 12 (suite) : Restauration fibrée sur une fêlure mésio-distale d'une 47 avant collage d'un overlay

Cas n°4 :

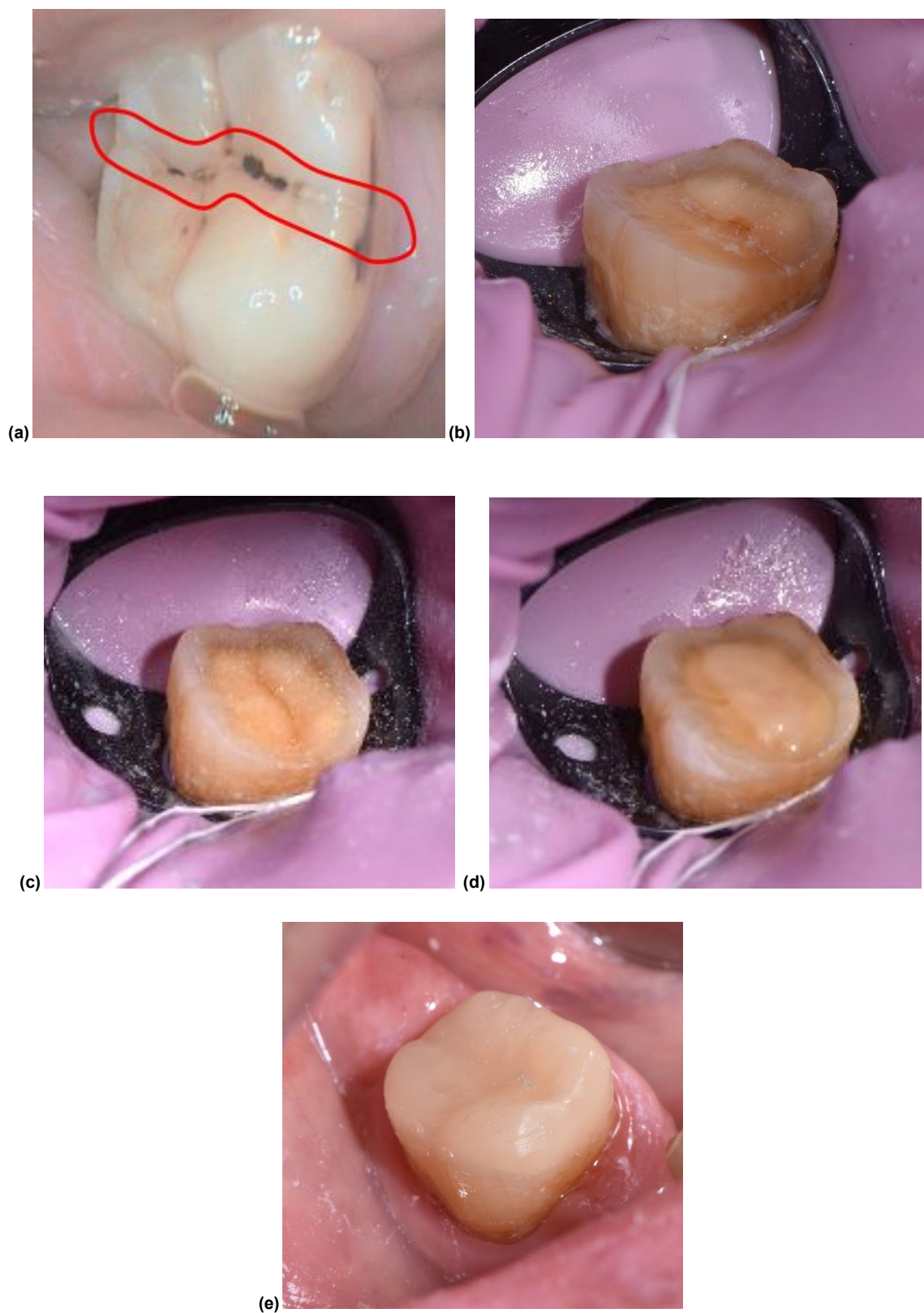
Le patient se présente en consultation et se plaint de douleurs provoquées à la pression qu'il n'arrive pas à localiser côté droit.

A l'examen clinique, on observe une 47 isolée (46 absente) et versée mésialement. Elle répond positivement au test de vitalité pulpaire et n'est pas douloureuse à la percussion axiale et horizontale. Cette dent présente néanmoins un trait de fêlure sur toute sa longueur mésio-distale (a). Cette dernière explique très probablement les doléances du patient.

Une réduction occlusale homothétique de 2 mm à l'aide d'une fraise adaptée a été réalisée. Cette préparation met en évidence la fêlure (b). Un sablage à l'oxyde d'alumine 27 μm a permis ensuite l'élimination du biofilm et le nettoyage profond mais non invasif de la fêlure (c). Un IDS à l'adhésif est appliqué sur la surface dentinaire puis une fine couche d'everX Flow est mise en place au niveau du trait de fêlure. Le recours dans ce cas clinique à de l'everX Flow plutôt qu'à de l'everX Posterior s'explique par sa facilité de mise en place à l'aide de l'embout seringue et sa faible viscosité, permettant ainsi son application en fine couche seulement au niveau de la fêlure (d).

La fin de préparation consiste alors en la réalisation d'un bevel amélaire périphérique qui va diminuer la flexion cuspidienne et concentrer les forces masticatoires vers le centre de la dent. Enfin, après usinage en chairside, l'overlay en céramique hybride est collé (e).

Le patient a été revu en contrôle à 15 jours, il ne présente plus aucun symptôme.



(a) Situation initiale (b) Réduction occlusale homothétique (c) Sablage (d) Mise en place d'everX Flow
(e) Situation finale après collage de l'overlay

Figure 13 : Restauration fibrée directe avant collage d'un overlay sur une molaire mandibulaire

Cas n°5 :

La patiente est ici suivie au cabinet pour d'autres soins, à l'examen clinique il a été constaté une fêlure en distal de l'amalgame sur 16 (a). Il n'y a aucune sensibilité mais la fêlure est longitudinale et le trait de fracture future risque donc de se propager en inter-radiculaire.

La situation est expliquée à la patiente qui la comprend parfaitement. Elle souhaite donc procéder au retrait de l'amalgame qui, par ailleurs, lui provoque une gêne esthétique. Une réhabilitation prothétique par le biais d'un onlay est envisagée en accord avec la patiente.

Lors de la dépose de l'amalgame il s'avère que la fêlure s'étend de distal en mésial de la dent (b,c). Un curetage de la dentine à l'aide d'une fraise multilame a été effectué de façon à nettoyer la surface et à s'assurer que la dent ne soit pas complètement fracturée.

Vérification faite et compte tenu de l'absence de sensibilité, un everX est placé au niveau de la dentine après mordantage à l'acide orthophosphorique et application d'un adhésif M&R 2 pour éviter la propagation de la fêlure (d). Il est ensuite directement recouvert d'un composite flow puis retouché selon les critères de préparation pour onlay (e).

Enfin, la pièce prothétique en disilicate de lithium est préparée et collée (f,g) .

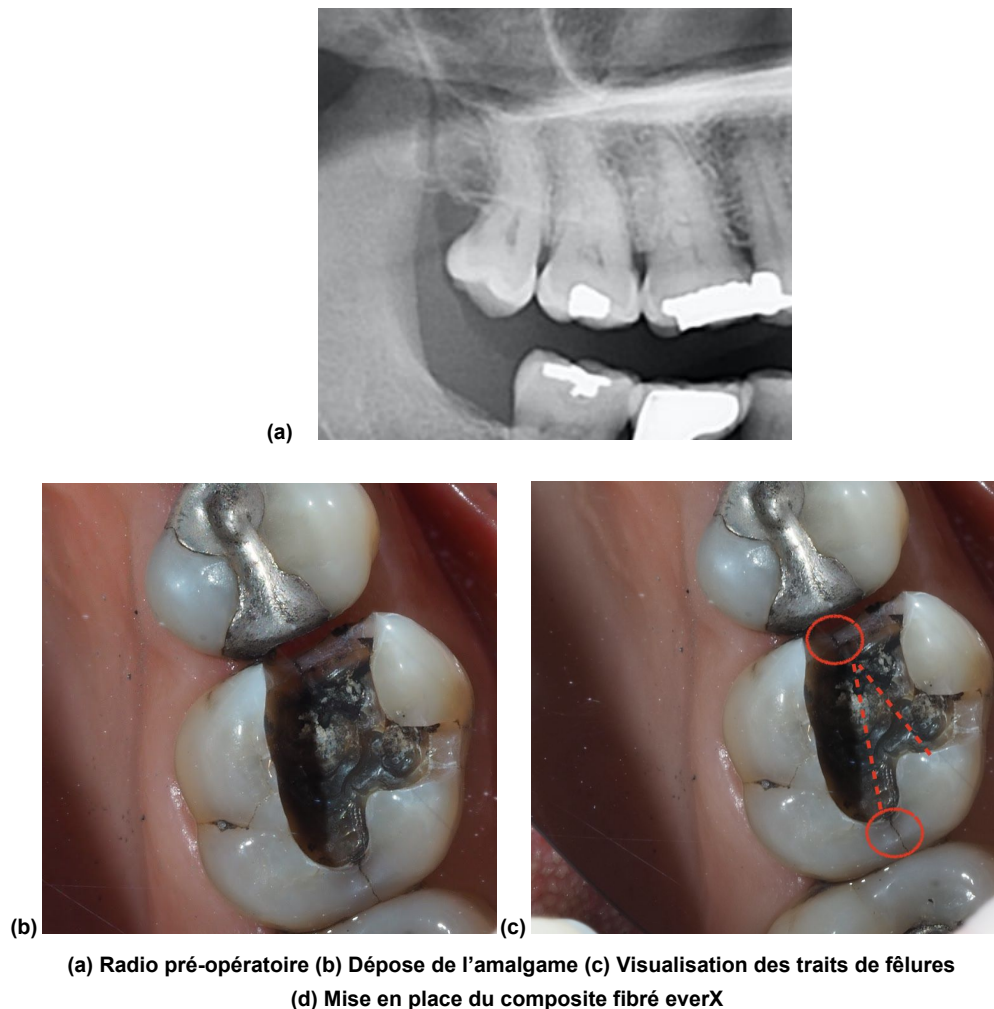


Figure 14 : Reconstruction d'une molaire maxillaire fêlée, après dépose d'un amalgame, par un onlay



(d) Mise en place du composite fibré everX (e) Préparation de la dent (f) Pose de l'onlay (g) Radio post opératoire

Figure 14 (suite) : Reconstruction d'une molaire maxillaire fêlée, après dépose d'un amalgame, par un onlay

IV. Reconstruction directe faux-moignon - Build-up préprothétique

La reconstruction en faux-moignon standard consiste en la mise en place d'un tenon fibré dans le logement canalaire avant la mise en place d'un composite dual qui sera retaillé par la suite en faux moignon.

Il est aussi possible de réaliser cette reconstruction directement avec un composite de reconstruction fibré pour la reconstruction du faux-moignon.

Des produits de ce type sont déjà sur le marché mais ne semblent pas encore aussi utilisés que les composites fibrés en technique directe sous des composites particuliers.

Cas n°6 :

Dans ce cas, la 42 a été dévitalisée puis préparée. Le choix d'une reconstruction coronaire foulée de type faux-moignon par composite fibré a été fait car la dent possédait déjà 3 parois dentaires d'épaisseurs résiduelles suffisantes(a).

La dent a été isolée et ligaturée pour ce faire. Un adhésif dual a été mis en place puis polymérisé sous digue avant que le composite de reconstruction fibré ne soit mis en place. La reconstruction faux-moignon a ensuite été recouverte grâce à une couronne provisoire dans un premier temps, puis une couronne définitive scellée en zircone dans un second temps (b).

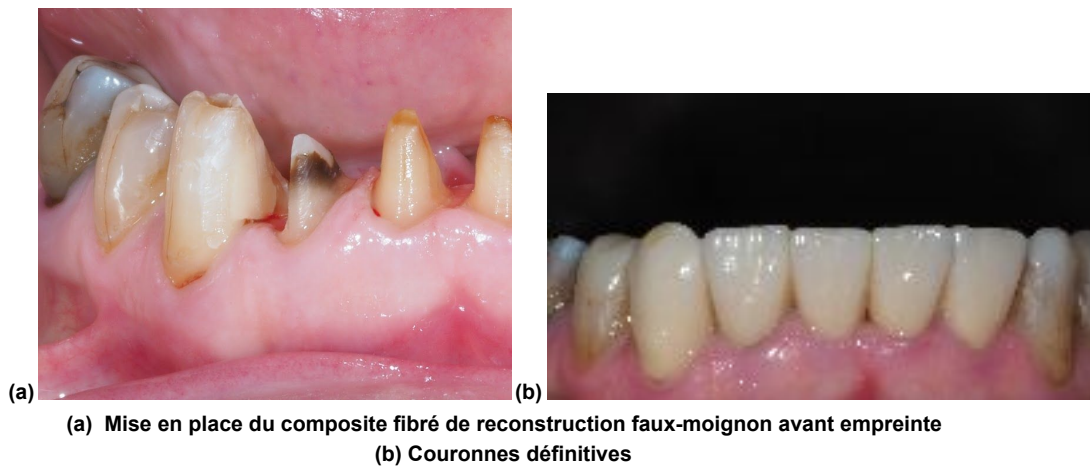


Figure 15 : Reconstruction faux-moignon à l'aide d'un composite fibré

Conclusion

L'apparition des fibres de verre dans les composites est une évolution prometteuse en dentisterie restauratrice de par ses différentes indications.

Les composites fibrés étant un matériau récent, les données cliniques à court terme peuvent donc être considérées comme fournissant des informations précieuses.

Nous avons un recul clinique assez faible mais relativement fiable : les études vont toutes dans le même sens et encouragent une indication plus fréquente dans des cas de reconstruction directe sous un composite de restauration ou de restauration collée, leur but premier étant de stopper la propagation des fêlures et/ou de les prévenir en imitant au mieux la structure biomécanique du complexe amélo-dentinaire.⁷⁰

Lors de la mise en œuvre pour nos cas cliniques, il en est ressorti une facilité d'utilisation. Cela est dû au choix de l'everX qui est parfaitement adapté à un usage dans nos cabinets dentaires et ne nécessite pas de protocole compliqué ou trop chronophage. Sa texture "granuleuse" est au début un peu déconcertante car nouvelle mais une fois recouvert d'un composite particulaire classique il s'intègre parfaitement. Nous l'avons recouvert de composite de restauration dans certains cas ou de composite flow dans d'autres, variant en fonction de l'indication de restauration de la dent : onlay, technique directe, semi-directe, reconstruction faux-moignon.

Le composite fibré demande cependant une certaine rigueur de mise en place comme l'isolation à l'aide d'un champ opératoire et son recouvrement complet par un autre composite de restauration. C'est donc une technique qui nécessite temps et minutie et donc mal valorisée par rapport aux techniques indirectes lorsque le choix entre les deux est possible.

Cela est donc certes prometteur mais restera néanmoins à confirmer dans les années à venir en ce qui concerne les performances cliniques à long terme.⁷¹

⁷⁰ Vallittu, « An overview of development and status of fiber-reinforced composites as dental and medical biomaterials ».

⁷¹ Scribante et al., « Travel beyond Clinical Uses of Fiber Reinforced Composites (FRCs) in Dentistry ».

Bibliographie

(1) (3) : J. Vreven, A. Raskin. « Les résines composites »

(2) : Asmussen, E., et A. Peutzfeldt. « Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on Selected Mechanical Properties of Experimental Resin Composites ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 14, n° 1 (janvier 1998): 51-56.

(4) : Ferracane, J. L. « Current Trends in Dental Composites ». *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine: An Official Publication of the American Association of Oral Biologists* 6, n° 4 (1995): 302-18.

(5) : M. Denis, J.P. Attal. « Dentisterie restauratrice adhésive : comment choisir son composite ? | Bio Team Paris ».

(6) : Balkaya, Hacer, Soley Arslan, et Kanşad Pala. s. d. « A randomized, prospective clinical study evaluating effectiveness of a bulk-fill composite resin, a conventional composite resin and a reinforced glass ionomer in Class II cavities: one-year results ». *Journal of Applied Oral Science* 27.

(7) : Van Ende, Annelies, Jan De Munck, Diogo Pedrollo Lise, et Bart Van Meerbeek. « Bulk-Fill Composites: A Review of the Current Literature ». *The Journal of Adhesive Dentistry* 19, n° 2 (2017): 95-109.

(8) : Maas, Mariel Soeiro, Yvette Alania, Livia Camargo Natale, Marcela Charantola Rodrigues, David Christopher Watts, et Roberto Ruggiero Braga. « Trends in Restorative Composites Research: What Is in the Future? » *Brazilian Oral Research* 31, n° suppl 1 (28 août 2017).

(9) : Frese « Les composites renforcés de fibres de verre : Propriétés spécifiques du matériau et possibilités thérapeutiques » *Biomatériaux Matériaux Cliniques – Vol 1 n°2*

(10) : Sperling, L. H. « Interpenetrating Polymer Networks: An Overview ». In *Interpenetrating Polymer Networks*, 239:3-38. *Advances in Chemistry* 239. American Chemical Society, 1994.

(11) (19) : Garoushi, Sufyan, Pekka K. Vallittu, et Lippo V. J. Lassila. « Short Glass Fiber Reinforced Restorative Composite Resin with Semi-Inter Penetrating Polymer Network Matrix ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 23, n° 11 (novembre 2007): 1356-62.

(12) : Wolff, Diana, Sebastian Geiger, Paul Ding, Hans Jörg Staehle, et Cornelia Frese. « Analysis of the Interdiffusion of Resin Monomers into Pre-Polymerized Fiber-Reinforced Composites ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 28, n° 5 (mai 2012): 541-47.

(13) : Freilich, M. A., A. C. Karmaker, C. J. Burstone, et A. J. Goldberg. « Development and Clinical Applications of a Light-Polymerized Fiber-Reinforced Composite ». *The Journal of Prosthetic Dentistry* 80, n° 3 (septembre 1998): 311-18.

- (14) : Khan, Sulthan Ibrahim Raja, Anupama Ramachandran, Abdulmohsen Alfadley, et Jagan Kumar Baskaradoss. « Ex Vivo Fracture Resistance of Teeth Restored with Glass and Fiber Reinforced Composite Resin ». *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials* 82 (2018): 235-38.
- (15) : Natarajan, Parthasarathy, et C. Thulasingham. « The Effect of Glass and Polyethylene Fiber Reinforcement on Flexural Strength of Provisional Restorative Resins: An in Vitro Study ». *Journal of Indian Prosthodontic Society* 13, n° 4 (décembre 2013): 421-27.
- (16) : John, J., S. A. Gangadhar, et I. Shah. « Flexural Strength of Heat-Polymerized Polymethyl Methacrylate Denture Resin Reinforced with Glass, Aramid, or Nylon Fibers ». *The Journal of Prosthetic Dentistry* 86, n° 4 (octobre 2001): 424-27.
- (17) : Petersen, R.C. « Discontinuous Fiber-reinforced Composites above Critical Length ». *Journal of dental research* 84, n° 4 (avril 2005): 365-70.
- (18) : Garoushi, Sufyan K., Lippo V. J. Lassila, et Pekka K. Vallittu. « Short Fiber Reinforced Composite: The Effect of Fiber Length and Volume Fraction ». *The Journal of Contemporary Dental Practice* 7, n° 5 (1 novembre 2006): 10-17.
- (20) : Cheng, T. -H., F. R. Jones, et D. Wang. « Effect of Fibre Conditioning on the Interfacial Shear Strength of Glass-Fibre Composites ». *Composites Science and Technology*, Special Issue Microphenomena in Advanced Composites, 48, n° 1 (1 janvier 1993): 89-96.
- (21) : Petersen, Richard C., et Perng-Ru Liu. « Mechanical Properties Comparing Composite Fiber Length to Amalgam ». *Journal of Composites* 2016 (2016).
- (22) (29) : Vallittu, Pekka K. « High-Aspect Ratio Fillers: Fiber-Reinforced Composites and Their Anisotropic Properties ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 31, n° 1 (janvier 2015): 1-7.
- (23) : Tsujimoto, Akimasa, Wayne W. Barkmeier, Toshiki Takamizawa, Mark A. Latta, et Masashi Miyazaki. « Bonding Performance and Interfacial Characteristics of Short Fiber-Reinforced Resin Composite in Comparison with Other Composite Restoratives ». *European Journal of Oral Sciences* 124, n° 3 (2016): 301-8.
- (24) : Ferracane, J. L. « Placing Dental Composites—A Stressful Experience ». *Operative Dentistry* 33, n° 3 (1 mai 2008): 247-57.
- (25) (38) (50) (55) : Garoushi, Sufyan, Eija Säilynoja, Pekka K. Vallittu, et Lippo Lassila. « Physical Properties and Depth of Cure of a New Short Fiber Reinforced Composite ». *Dental Materials* 29, n° 8 (1 août 2013): 835-41.
- (26) : Garoushi, Sufyan, Pekka K. Vallittu, David C. Watts, et Lippo V. J. Lassila. « Polymerization Shrinkage of Experimental Short Glass Fiber-Reinforced Composite with Semi-Inter Penetrating Polymer Network Matrix ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 24, n° 2 (février 2008): 211-15.

(27) (36) : Garoushi, Sufyan K., Lippo V. J. Lassila, et Pekka K. Vallittu. « The Effect of Short Fiber Composite Base on Microleakage and Load-Bearing Capacity of Posterior Restorations ». *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica* 1, n° 1 (janvier 2015): 6-12.

(28) : Tezvergil, A., L. V. J. Lassila, et P. K. Vallittu. 2006. « The Effect of Fiber Orientation on the Polymerization Shrinkage Strain of Fiber-Reinforced Composites ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 22 (7): 610-16.

(30) : Anttila, Emilia J., Outi H. Krintilä, Toni K. Laurila, Lippo V. J. Lassila, Pekka K. Vallittu, et Rolf G. R. Hernberg. « Evaluation of Polymerization Shrinkage and Hydroscopic Expansion of Fiber-Reinforced Biocomposites Using Optical Fiber Bragg Grating Sensors ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 24, n° 12 (décembre 2008): 1720-27.

(31) (41) (49) : Fonseca, Rodrigo Borges, Letícia Nunes de Almeida, Gustavo Adolfo Martins Mendes, Amanda Vessoni Barbosa Kasuya, Isabella Negro Favarão, et Marcella Silva de Paula. « Effect of Short Glass Fiber/Filler Particle Proportion on Flexural and Diametral Tensile Strength of a Novel Fiber-Reinforced Composite ». *Journal of Prosthodontic Research* 60, n° 1 (janvier 2016): 47-53.

(32) : Kamble, Vaibhav D., et Rambhau D. Parkhedkar. « In Vitro Comparative Evaluation of the Effect of Two Different Fiber Reinforcements on the Fracture Toughness of Provisional Restorative Resins ». *Indian Journal of Dental Research: Official Publication of Indian Society for Dental Research* 23, n° 2 (avril 2012): 140-44.

(33) : Vallittu. « Effect of 180-Week Water Storage on the Flexural Properties of E-Glass and Silica Fiber Acrylic Resin Composite. » *The International Journal of Prosthodontics* 13, n° 4 (1 juillet 2000): 334-39.

(34) : Lassila, L. V. J., T. Nohrström, et P. K. Vallittu. « The Influence of Short-Term Water Storage on the Flexural Properties of Unidirectional Glass Fiber-Reinforced Composites ». *Biomaterials* 23, n° 10 (mai 2002): 2221-29.

(35) : Abdel-Magid, Beckry, Saeed Ziaee, Katrina Gass, et Marcus Schneider. « The combined effects of load, moisture and temperature on the properties of E-glass/epoxy composites ». *Composite Structures* 71 (1 décembre 2005): 320-26.

(37) : Knobloch, Lisa A., Ronald E. Kerby, Robert Seghi, Jeffrey S. Berlin, et Nancy Clelland. « Fracture Toughness of Packable and Conventional Composite Materials ». *The Journal of Prosthetic Dentistry* 88, n° 3 (septembre 2002): 307-13.

(39) (51) : Abouelleil, Hazem, Nelly Pradelle, Cyril Villat, Nina Attik, Pierre Colon, et Brigitte Grosgeat. « Comparison of mechanical properties of a new fiber reinforced composite and bulk filling composites ». *Restorative Dentistry & Endodontics* 40, n° 4 (novembre 2015): 262-70.

(40) : Kamble, Vaibhav Deorao, Rambhau D. Parkhedkar, et Tushar Krishnarao Mowade. « The Effect of Different Fiber Reinforcements on Flexural Strength of Provisional Restorative Resins: An in-Vitro Study ». *The Journal of Advanced Prosthodontics* 4, n° 1

(février 2012): 1-6.

(42) : Viguie., G. Malquarti, B. Vincent, et D. Bourgeois. « Epoxy/Carbon Composite Resins in Dentistry: Mechanical Properties Related to Fiber Reinforcements ». *The Journal of Prosthetic Dentistry* 72, n° 3 (septembre 1994): 245-49.

(43) : Soares, Luciana Mara, Mehrdad Razaghy, et Pascal Magne. « Optimization of Large MOD Restorations: Composite Resin Inlays vs. Short Fiber-Reinforced Direct Restorations ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 34, n° 4 (avril 2018): 587-97.

(44) : Barreto, Bruno Castro Ferreira, Annelies Van Ende, Diogo Pedrollo Lise, Pedro Yoshito Noritomi, Siegfried Jaecques, Jos Vander Sloten, Jan De Munck, et Bart Van Meerbeek. 2016. « Short Fibre-Reinforced Composite for Extensive Direct Restorations: A Laboratory and Computational Assessment ». *Clinical Oral Investigations* 20 (5): 959-66.

(45) : Garoushi, Sufyan, Lippo V. J. Lassila, Arzu Tezvergil, et Pekka K. Vallittu. « Load Bearing Capacity of Fibre-Reinforced and Particulate Filler Composite Resin Combination ». *Journal of Dentistry* 34, n° 3 (mars 2006): 179-84.

(46) : Garoushi, Sufyan, Enas Mangoush, Mangoush Vallittu, et Lippo Lassila. « Short Fiber Reinforced Composite: a New Alternative for Direct Onlay Restorations ». *The Open Dentistry Journal* 7 (30 décembre 2013): 181-85.

(47) : Nagata, Kohji, Sufyan K. Garoushi, Pekka K. Vallittu, Noriyuki Wakabayashi, Hidekazu Takahashi, et Lippo V. J. Lassila. « Fracture Behavior of Single-Structure Fiber-Reinforced Composite Restorations ». *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica* 2, n° 1 (décembre 2016): 118-24.

(48) : Lassila, Lippo, Eija Säilynoja, Roosa Prinssi, Pekka K. Vallittu, et Sufyan Garoushi. « Bilayered composite restoration: the effect of layer thickness on fracture behavior ». *Biomaterial Investigations in Dentistry* 7, n° 1 (2 juin 2020): 80-85.

(52) : Hambire, Dr Chaitali Umesh, Dr Umesh Vishnu Hambire, et Subodh Ashok. « Comparison and Optimization of Wear Rates of Two Types of Dental Composites On The Basis Of Micro Hardness »

(53) : Kumar, Arvind, A. Sheerin Sarthaj, et Dipak S. Majumder. « Comparative Evaluation of Wear Resistance of Cast Gold with Bulk-Fill Composites an in Vitro Study ». *Journal of Conservative Dentistry: JCD* 21, n° 3 (juin 2018): 302-5.

(54) : He, Jingwei, Pekka K. Vallittu, et Lippo V. Lassila. « Preparation and Characterization of High Radio-Opaque E-Glass Fiber-Reinforced Composite with Iodine Containing Methacrylate Monomer ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 33, n° 2 (2017): 218-25.

(56) : Dionysopoulos, Dimitrios, Kosmas Tolidis, et Paris Gerasimou. « The Effect of Composition, Temperature and Post-Irradiation Curing of Bulk Fill Resin Composites on Polymerization Efficiency ». *Materials Research* 19 (1 mars 2016).

- (57) : Lehtinen, Janne, Toni Laurila, Lippo V. J. Lassila, Pekka K. Vallittu, Jukka Rätty, et Rolf Hernberg. « Optical Characterization of Bisphenol-A-Glycidylmethacrylate–Triethyleneglycoldimethacrylate (BisGMA/TEGDMA) Monomers and Copolymer ». *Dental Materials* 24, n° 10 (1 octobre 2008): 1324-28.
- (58) : Le Bell, Anna-Maria, Johanna Tanner, Lippo V. J. Lassila, Ilkka Kangasniemi, et Pekka K. Vallittu. « Depth of Light-Initiated Polymerization of Glass Fiber-Reinforced Composite in a Simulated Root Canal ». *The International Journal of Prosthodontics* 16, n° 4 (août 2003): 403-8.
- (59) : Uctasli, S., A. Tezvergil, L. V. J. Lassila, et P. K. Vallittu. 2005. « The Degree of Conversion of Fiber-Reinforced Composites Polymerized Using Different Light-Curing Sources ». *Dental Materials* 21 (5): 469-75.
- (60) : Garoushi, Sufyan, Pekka K. Vallittu, et Lippo V. J. Lassila. 2008. « Depth of Cure and Surface Microhardness of Experimental Short Fiber-Reinforced Composite ». *Acta Odontologica Scandinavica* 66 (1): 38-42.
- (61) : Deliperi, Simone, et David N. Bardwell. « Reconstruction of Nonvital Teeth Using Direct Fiber-Reinforced Composite Resin: A Pilot Clinical Study ». *The Journal of Adhesive Dentistry* 11, n° 1 (février 2009): 71-78.
- (62) : Garoushi, S, J Tanner, PK Vallittu, et L Lassila. 2012. « Preliminary Clinical Evaluation of Short Fiber-Reinforced Composite Resin in Posterior Teeth: 12-Months Report ». *The Open Dentistry Journal* 6 (janvier): 41-45.
- (63) : Garoushi, Sufyan, Lippo V. J. Lassila, Arzu Tezvergil, et Pekka K. Vallittu. 2007. « Static and Fatigue Compression Test for Particulate Filler Composite Resin with Fiber-Reinforced Composite Substructure ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 23 (1): 17-23.
- (64) : Tanner, Johanna, Mimmi Tolvanen, Sufyan Garoushi, et Eija Säilynoja. « Clinical Evaluation of Fiber-Reinforced Composite Restorations in Posterior Teeth - Results of 2.5 Year Follow-up ». *The Open Dentistry Journal* 12 (29 juin 2018): 476-85.
- (65) : Dijken, Jan W. V. van, et Lars Hasselrot. « A Prospective 15-Year Evaluation of Extensive Dentin-Enamel-Bonded Pressed Ceramic Coverages ». *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials* 26, n° 9 (septembre 2010): 929-39.
- (66) : Ozsevik, Abdul Semih, Cihan Yildirim, Ugur Aydin, Emre Culha, et Derya Surmelioglu. « Effect of Fibre-Reinforced Composite on the Fracture Resistance of Endodontically Treated Teeth ». *Australian Endodontic Journal: The Journal of the Australian Society of Endodontology Inc* 42, n° 2 (août 2016): 82-87.
- (67) : Guney, T., et A. R. Yazici. « 24-Month Clinical Evaluation of Different Bulk-Fill Restorative Resins in Class II Restorations ». *Operative Dentistry* 45, n° 2 (avril 2020): 123-33.

(68) : ElAziz, Rawda H., Mai M. Mohammed, et Hussien Af Gomaa. 2020. « Clinical Performance of Short-Fiber-Reinforced Resin Composite Restorations vs Resin Composite Onlay Restorations in Complex Cavities of Molars (Randomized Clinical Trial) ». *The Journal of Contemporary Dental Practice* 21 (3): 296-303.

(69) : Keulemans, Filip, Lippo Lassila, Pekka Vallittu, et Roeland De Moor. 2011. *BIOMIMETIC RESTORATIVE DENTISTRY: Clinical possibilities with a recently developed short fibre-reinforced composite*.

(70) : Vallittu, Pekka K. « An overview of development and status of fiber-reinforced composites as dental and medical biomaterials ». *Acta Biomaterialia Odontologica Scandinavica* 4, n° 1 (12 avril 2018): 44-55.

(71) : Scribante, Andrea, Pekka K. Vallittu, Mutlu Özcan, Lippo V. J. Lassila, Paola Gandini, et Maria Francesca Sfondrini. « Travel beyond Clinical Uses of Fiber Reinforced Composites (FRCs) in Dentistry: A Review of Past Employments, Present Applications, and Future Perspectives ». *BioMed Research International* 2018 (22 octobre 2018).

Table des figures

Figure 1 Tableau représentant les différents composites fibrés ainsi que la constitution de leur matrice et leurs caractéristiques

Figure 2 Formule de calcul de la longueur critique

Figure 3 (a) Représentation schématique d'un agencement aléatoire de fibres courtes. (b) Composite "bulk-fill" renforcé de fibres courtes (everX Posterior, GC)

Figure 4 (a) Représentation schématique d'une orientation unidirectionnelle des fibres. (b) Brin de fibres unidirectionnelles (everStick C&B, GC)

Figure 5 (a) Représentation schématique d'une orientation bidirectionnelle (ou orthogonale) des fibres. (b) Réseau de FRC avec une disposition orthogonale des fibres (everStick NET, GC)

Figure 6 Dommages engendrés par le retrait de polymérisation et les contraintes de contraction

Figure 7 Photos par microscopie électronique à balayage d'un échantillon soumis à un test de résistance à la fracture. (a) Après la fracture. (b) A plus fort grossissement, on observe l'orientation des fibres le long du trait de fracture.

Figure 8 Vue au microscope électronique de la propagation de la fracture en fonction de la densité de fibres présentes

Figure 9 Dessin schématique des distributions distinctes de la fibre de verre (lignes noires) sur les surfaces prothétiques des restaurations en FRC à structure unique

Figure 10 Restauration de moyenne étendue de classe 2 en technique directe

Figure 11 Restauration fibrée directe sous un overlay

Figure 12 Restauration fibrée sur une fêlure mésio-distale d'une 47 avant collage d'un overlay

Figure 13 Restauration fibrée directe avant collage d'un overlay sur une molaire mandibulaire

Figure 14 Reconstruction d'une molaire maxillaire fêlée, après dépose d'un amalgame, par un onlay.

Figure 15 Reconstruction faux-moignon à l'aide d'un composite fibré

Table des abréviations

K_{Ic}	Résistance à la fracture
FRC	Composites renforcés de fibres de verre
Bis-DMA.....	Bisphénol A diméthacrylate.
EGDMA.....	Ethylene glycol dimethacrylate
TEGDMA.....	Triethylene glycol dimethacrylate
UDMA.....	Urethane dimethacrylate
Semi IPN	Réseau semi interpénétrés de polymères
CLP.....	Matrice de polymère réticulée
Lc.....	Longueur critique
CRF.....	Contention renforcée aux fibres
IDS.....	Scellement de la dentine immédiat
CAD/CAM.....	Conception/Usinage assisté par ordinateur
M&R 2.....	Mordançage et rinçage de 2ème génération.

BOULBIN Etienne et JULIEN Pierre : Intérêt clinique des composites comportant des fibres de verres en restauration coronaire : Revue de littérature et cas cliniques

(49 feuillets paginés) 15 illustrations, 30 cm. - Thèse : Odontologie ; Rennes 1; 2020 ; N° 42.2020.

Résumé français :

Le composite fibré semble être un matériau prometteur pour la dentisterie restauratrice et biomimétique de demain. Nous avons ici cherché à faire un état des lieux de leurs caractéristiques mécaniques et physiques quand ils sont utilisés en restauration directe. Nous avons cherché dans la dernière partie à comparer les données des études in vitro récoltées avec des données cliniques in vivo.

Il en résulte que les composites renforcés de fibres ont été d'un apport bénéfique, notamment pour endiguer la propagation de fissures existantes tout en permettant une reconstruction pérenne.

D'autre part, leur utilisation reste soumise à certaines règles de mise en place sans quoi leurs propriétés ne sauraient être maximales.

Ses évolutions et indications constituent des pistes de recherche prometteuses.

Rubrique de classement :

Revue de littérature

Mots-clés :

Composite fibré

Direct

Fibre de verre

Mots-clés anglais MeSH :

no post

no implant

restorative

fiber reinforced

JURY :

PRÉSIDENT : Professeur Guy CATHELINEAU

Monsieur TURPIN Yann-Loïg

Madame BINET Sophie

Monsieur CHAUVEL Brice

Monsieur GOUBIN William