

SOMMAIRE

I. Introduction.....	1
II. Généralités sur les composites	1
A. Composition	1
1. La matrice organique	1
2. Les charges	3
3. Agent de couplage	4
B. Différents types de résines composites.....	4
1. Les résines composites macrochargées.....	4
2. Les résines composites microchargées	5
3. Les résines composites hybrides.....	5
C. Propriétés.....	7
1. Mécaniques.....	7
a. Résistance à la flexion.....	7
b. Résistance à la traction	7
c. Module de Young.....	7
d. Aptitude au polissage	8
2. Physico-chimiques.....	8
a. Rétraction de polymérisation.....	8
b. Propriétés thermiques	9
c. Absorption hydrique et solubilité	10
3. Conséquences cliniques	10
D. Usure des composites	13
1. Définition.....	13
2. Différents types d'usures	13
3. Facteurs d'usure des composites.....	14
III. Généralités sur le Polissage.....	15
A. Définition et intérêt	15
B. Principe de fonctionnement.....	16
1. Abrasion	16
2. Action sur le substrat	17
3. Facteurs d'abrasion.....	19
a. Taille des particules abrasives	19
b. Forme des particules abrasives.....	19
c. Dureté de l'abrasif.....	20

d. Vitesse d'abrasion	21
e. Pression exercée	22
f. Lubrifiant.....	22
C. Instrumentation	23
1. Fraises diamantées.....	23
2. Fraises multi-lames.....	23
3. Disques abrasifs.....	24
4. Embouts en silicone.....	24
5. Pâtes de polissage	24
D. Etat de surface : comparaison au microscope.....	25
1. Comparaison émail – composite brut	26
2. Matrice celluloïde	27
3. Fraises diamantées	28
4. Fraises multi-lames.....	29
5. Disques abrasifs.....	30
6. Embouts en silicone.....	31
7. Conclusions cliniques	32
 IV. Implications cliniques	32
A. Séquence de Polissage.....	33
1. Polissage d'une restauration antérieure	34
2. Polissage d'une restauration postérieure.....	39
B. Maintenance	44
 V. Synthèse	45

I. Introduction

Les matériaux composites sont régulièrement utilisés en dentisterie restauratrice, que ce soit à la suite de fracture coronaire, de caries, ou encore de lésions cervicales d'usure. Leur mise en place suit un protocole précis, cependant l'état de surface final obtenu ne pourra satisfaire le praticien, que ce soit d'un point de vue esthétique et fonctionnel.

Ainsi une étape de polissage sera indispensable pour retrouver un état de surface proche de celui de l'email et ainsi assurer une bonne esthétique, une compatibilité parodontale, une pérennité de la restauration et éviter la reprise carieuse. Cette étape devra occuper un temps relativement important du soin, et ne devra pas être négligée.

C'est cette dernière qui va nous intéresser.

La principale problématique pour le chirurgien-dentiste est de réussir cette étape et de s'y retrouver parmi les multiples protocoles et produits disponibles, aucun consensus n'ayant réellement été mis en avant. Nous allons donc essayer de clarifier tout cela et d'en ressortir les conclusions afin de dégager les techniques et instruments nécessaires à un polissage de qualité.

Pour cela, nous commencerons par un rapide rappel sur les résines composites, puis nous définirons l'état de surface et ses implications cliniques, et enfin les techniques et instrumentations du polissage.

II. Généralités sur les composites

A. Composition

En odontologie, le matériau composite est constitué d'une **matrice organique résineuse** et de **charges**, et la cohésion entre ces deux matériaux étant assurée par un agent de couplage, le **silane**. (1) (Figure 1)

1. *La matrice organique*

Un matériau composite est un matériau composé de plusieurs matériaux de nature ou d'origine différentes et dont les caractéristiques mécaniques sont supérieures à celles des matériaux entrant dans sa composition.

La condition fondamentale pour que cette définition soit valide, est que la cohésion de l'ensemble soit assurée par des liaisons mécaniques, physiques ou chimiques.

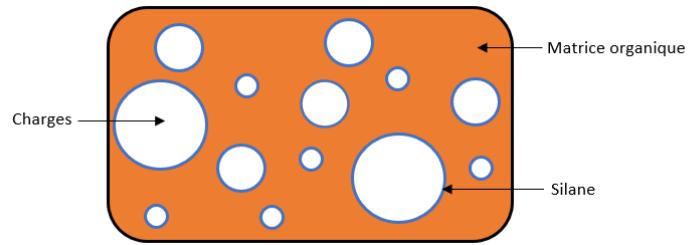


Figure 1 : Représentation schématique d'une résine composite.

Elle représente 24 à 50% du volume des résines composites. (1) (2)

Ses composants sont :

- La résine matricielle : C'est un mélange de monomères, qui correspondent aux composants chimiquement actifs du composite. Ils sont le plus souvent dérivés de méthacrylates, les trois principaux étant :
 - Bis-GMA : Bis Glycidil DiMéthacrylate,
 - UDMA : Uréthane-DiMéthacrylate,
 - Bis-EMA : Bis-phénol Ethyl Méthacrylate.

La sélection des monomères influence fortement la viscosité, la rétraction de prise, l'absorption d'eau et les propriétés mécaniques du composite.

- Les abaisseurs de viscosité : Les monomères que nous avons cité juste avant ont un poids moléculaire important, entraînant une viscosité importante. Pour pallier ce problème, l'adjonction d'un abaisseur de viscosité est primordiale, le plus utilisé étant le TEGDMA (Thiéthylène Glycol DiMéthacrylate).
- Les agents de polymérisation : La polymérisation des composites repose sur la décomposition de l'amorceur par un activateur en radicaux libres. On distingue trois composites selon leur mode de polymérisation :
 - Les composites chémopolymérisables : Ils nécessitent une réaction d'oxydo-réduction, entre une base et un catalyseur, grâce à la chaleur du milieu. Ils mettent en jeu un amorceur chimique, le principal étant le peroxyde de benzoyle.
 - Les composites photopolymérisables : Ils contiennent un photo-initiateur, qui réagit à une intensité lumineuse d'une longueur d'onde donnée. L'amorceur est ici photosensible, le plus utilisé est la Camphoroquinone (pic d'absorption dans le bleu à 466,5 nm).
 - Les composites duals : Ils combinent les deux systèmes d'initiation précédents.

- Les inhibiteurs de prise : Ces molécules supplémentaires sont nécessaires pour une bonne conservation du composite, sans quoi une polymérisation spontanée pourrait avoir lieu dans certaines conditions de stockage. Ainsi, on ajoute des dérivés du phénol, tel que :
 - BHT : butyl-hydroxytoluène,
 - MEHQ (monométhyl éther d'hydroquinone).

De plus, l'oxygène est un inhibiteur de prise, ainsi la résine en contact avec l'air n'est pas polymérisée. Cela entraîne l'absence de polymérisation à la surface des polymères (quel que soit le mode de polymérisation), permettant ainsi l'apport d'incréments successifs avec polymérisation entre ces couches. (1)(2)

2. *Les charges*

Elles représentent la partie inorganique qui renforce le matériau. Elles comptent pour une part très variable du composite (de 20 à 77% du volume), et leur taille varie de 0,02 à 50 microns.

On les distingue principalement par leur taille :

- Macro-charges $> 10\mu\text{m}$ (Quartz, verre),
- Particules de tailles intermédiaire, obtenu par fragmentation de macro-charges,
- Micro-charges $\approx 0,04\mu\text{m}$ (silice).

Ces charges possèdent quatre propriétés principales :

- Une dureté élevée,
- Une inertie chimique,
- Un indice de réfraction proche de celui des matrices résineuses,
- Une opacité contrôlée par addition de pigments de dioxyde de titane (TiO_2).

L'augmentation du pourcentage des charges permet d'améliorer les propriétés mécaniques (principalement si le taux de charges est supérieur à 60% du volume), de réduire la rétraction de polymérisation, le coefficient d'expansion thermique, le coefficient d'absorption et la solubilité hydrique.

L'augmentation du pourcentage des charges et la diminution de la taille de celles-ci ont pour effets d'améliorer l'état de surface et d'augmenter la résistance à l'usure du matériau.

Cliniquement, cela se traduit par une meilleure esthétique et une agressivité moindre du matériau sur le parodonte. (1) (4)

3. *Agent de couplage*

Cet agent est une molécule bifonctionnelle, qui réalise la cohésion entre les charges et la phase organique. Généralement, cette molécule est un silane.

Lorsque l'affinité de la charge pour la matrice augmente, les propriétés du matériau composite augmentent également. L'adhésion entre la résine et la charge facilite le transfert des stress entre ces deux composants et empêche la perte des particules à la surface de la restauration.

B. Différents types de résines composites

Il existe différentes classifications, selon le référentiel choisi :

- Selon la viscosité,
- Selon le mode de polymérisation,
- Selon l'indication clinique,
- Selon **la taille des charges**,

Ce dernier critère est actuellement le plus utilisé pour classer les composites. En effet, la taille des charges influence fortement les propriétés cliniques de ces derniers.

Il faut savoir qu'à l'heure actuelle, aucune classification n'a été universellement adoptée.

Nous allons donc voir 3 types de matériaux composites, selon la taille de leurs charges, et présentés dans un ordre chronologique de leur apparition.

1. *Les résines composites macrochargées*

Elles sont apparues les premières, au cours des années 60. De viscosité moyenne et chémopolymérisables, elles sont constituées d'un mélange de monomères et de macroparticules.

Les charges avaient une taille comprise entre 1 et 40 μ m, et représentaient environ 60% du matériau. (4)

Ces résines avaient une bonne résistance mécanique, mais un état de surface médiocre. Ne permettant plus de répondre aux impératifs cliniques, elles ont récemment disparu du marché.

2. *Les résines composites microchargées*

Dans le but d'améliorer l'état de surface et l'esthétique des composites, sortent les composites microchargés dans les années 70.

Leur viscosité est variable, pouvant être fluide, moyenne ou compactable. On retrouve des particules de SiO_2 de $0.04\mu\text{m}$, représentant 40 % du volume et qui augmentent la viscosité du matériau, forçant les fabricants à rajouter des charges prépolymérisées de 10 et $50\mu\text{m}$ de diamètre pour les rendre utilisables. (1)

Grâce à ces particules de dimensions inférieures, on obtient un état de surface poli et lustré, une résistance à l'usure améliorée mais les propriétés mécaniques sont diminuées.

3. *Les résines composites hybrides*

Ces matériaux sont commercialisés depuis les années 80, et représentent la plus grande famille de composite (95%).

Leur nom vient du fait qu'ils sont composés de particules de charges de tailles et de compositions différentes. Cela permet d'allier les avantages des deux précédentes familles, et ainsi de proposer des matériaux présentant des qualités mécaniques satisfaisantes et une bonne esthétique.

Etant la famille la plus importante et la plus diversifiée, on peut la subdiviser en fonction de la taille de la macrocharge (3) :

- **Hybrides** : La taille moyenne des charges est de $3\mu\text{m}$. Elles possèdent de bonnes propriétés mécaniques, mais de moins bonnes qualités esthétiques que les autres résines hybrides, et sont donc indiquées en recouvrement (substitut dentinaire).
- **Microhybrides** : Apparues au cours des années 90, elles présentent une taille des charges réduite ($< 1\mu\text{m}$), ainsi qu'une modification de la forme et de la répartition de ces charges, permettant une meilleure distribution des charges (75% ayant une taille inférieure à $1\mu\text{m}$). Ainsi, on obtient à la fois des propriétés mécaniques et esthétiques répondant aux exigences des secteurs postérieurs et antérieurs.

Dans les années 2000, l'apport de la nanotechnologie va encore permettre d'améliorer les matériaux composites. En diminuant encore la taille des charges, on améliore l'esthétique, l'état de surface, la polissabilité et la résistance à l'usure.

Également, on va pouvoir augmenter le pourcentage de charges, entraînant une diminution de la rétraction de prise et une augmentation des propriétés mécaniques.

Grâce à ces améliorations, deux nouveaux types de composites apparaissent (1)(3) :

- **Les matériaux composites microhybrides nanochargés** : ils ont une structure comparable aux microchargés tout en possédant les caractéristiques mécaniques des microhybrides. La charge est constituée de nanoparticules, de 20nm, dont une partie est regroupée en agglomérats appelés « nanoclusters », qui font eux 75nm. Les nanocharges sont directement combinées à la résine. Parmi les avantages, on retrouve une faible abrasion et un état de surface lisse, assurant une brillance et un poli durables dans le temps.
- **Les matériaux composites nanohybrides** : ils ont une structure de composite hybride dont les microcharges sont remplacées par des nanoparticules. Il existe des composites nanohybrides complexes composés de nanoparticules, de microcharges et de charges organiques de prépolymère.

Il existe donc une grande diversité de familles de composites, mais également à l'intérieur d'une même famille. L'appartenance à une famille ne détermine pas les propriétés mécaniques et esthétiques d'un composite.

De plus, chaque situation clinique est différente, nécessitant une adaptation du choix du matériau. Ce choix devra être fait par le praticien, dans le but d'obtenir les meilleurs résultats, d'un point de vue mécanique mais également esthétique.

Les matériaux sont également sensibles, demandant une mise en œuvre minutieuse et exigeante afin de permettre au composite d'exprimer toutes ses qualités. La rigueur du praticien sera donc primordiale pour assurer une restauration de qualité.

La frise suivante permet de résumer l'apparition des diverses résines composites dans le temps. (Figure 2)

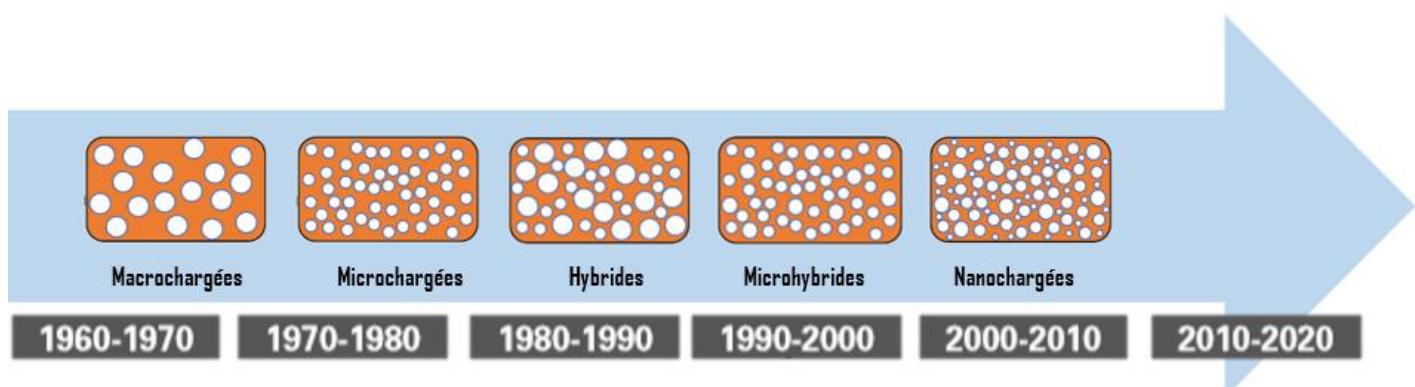


Figure 2 : Frise chronologique d'apparition des résines composites.

C. Propriétés

1. *Mécaniques*

a. Résistance à la flexion

La résistance à la flexion permet d'évaluer, dans le cadre des composites, la capacité d'un matériau à supporter des forces masticatoires. En effet, au niveau des dents postérieures, des forces allant jusqu'à 200MPa peuvent être générées.

Pour l'évaluer, on utilise la norme ISO-4049, permettant de simuler les contraintes occlusales. Ainsi les valeurs obtenues ont un intérêt clinique, et doivent être supérieures à 80MPa. (1)(5)

Les résultats démontrent ainsi une meilleure résistance générale des hybrides, bien que certains composites microchargés ou fluides peuvent être meilleurs.

b. Résistance à la traction

Pour cette donnée, on effectuera un test de compression latérale. Celui-ci nous renseignera sur la résistance du matériau aux forces latérales.

Encore une fois, les composites hybrides sont ceux présentant les meilleurs résultats, devançant les macrochargés. Les composites microchargés et les fluides en revanche présentent de moins bons scores, notamment inférieurs à l'amalgame. (1)

c. Module de Young

Le module de Young ou module d'élasticité représente la rigidité du matériau, et permet d'apprécier le comportement sous une contrainte du matériau.

On obtient ainsi une valeur déterminant la contrainte entraînant une déformation irréversible du matériau.

C'est donc un paramètre très important en dentisterie, jouant un rôle important dans la prévention des récidives de caries, des discolorations et des infiltrations.

En effet, plus le module de Young sera élevé, plus le matériau sera rigide et donc sujet aux fractures.

A l'inverse, s'il est faible, le matériau aura la capacité de suivre les contraintes dentaires sans fracture.

De fait, les composites fluides et microchargés seront ceux présentant un module d'élasticité le plus faible, les indiquant donc pour les restaurations avec des contraintes élevées (classe V), tandis que les composites hybrides auront une rigidité plus élevée. (1)

d. Aptitude au polissage

Elle permet d'évaluer la capacité du matériau à être poli, donc d'obtenir une bonne finition esthétique.

Pour cela, on étudie le paramètre de rugosité Ra. Ce Ra devra tendre vers $0,2\mu\text{m}$, qui est la valeur seuil de rétention de la plaque alimentaire, et ne devra jamais dépasser $0,62\mu\text{m}$ qui est la valeur de l'émail. (6)

L'aptitude au polissage d'une résine composite dépend de la taille des charges. En effet, le polissage s'effectue en arrachant une particule, et non par grappe si elles sont reliées (nanoclusters). Ainsi les composites présentant les meilleurs résultats sont les nanohybrides. (7)

2. *Physico-chimiques*

a. Rétraction de polymérisation

Au cours de la polymérisation des résines composites, on va observer une contraction du matériau, plus ou moins important. Ce retrait est inhérent à la réaction de polymérisation, et il dépend de plusieurs facteurs :

- Composition chimique composite,
- Pourcentage des charges (plus il y a de charges moins le retrait est important),
- Degré de conversion (plus il est élevé moins le retrait est important),
- Volume du matériau (plus le volume sera important moins la polymérisation sera bonne),
- Forme de la cavité (nombre de surfaces collées/surfaces libres),
- Mode de polymérisation,

Il en résulte des contraintes mécaniques, pendant et après la polymérisation. Ces dernières s'exercent à la fois dans le matériau, mais également dans les tissus minéralisés et à l'interface entre les deux.

Ce retrait de polymérisation serait compris entre 2 et 4% selon les fabricants et les études, avec une diminution de cette valeur pour les composites microhybrides nanochargés, annoncés avec une rétraction autour de 1,5%. (7)

Les conséquences cliniques sont nombreuses, avec par exemple :

- Fragilisation ou rupture de l'émail,
- Apparition de hiatus périphérique, pouvant entraîner des discolorations, des récidives carieuses ou encore une inflammation pulpaire,
- Fracture du matériau,
- Diminution de la résistance mécanique.

Afin de limiter l'apparition de ces problèmes, plusieurs procédures peuvent être appliquées. Tout d'abord, une mise en place du matériau par couches successives, une polymérisation de chaque couche mais également finale, en utilisant la technique « soft start », et enfin la diminution du facteur de configuration C.

b. Propriétés thermiques

Elles vont jouer un rôle principalement au niveau de l'interface matériau/dent, donc au niveau du joint périphérique. On va retrouver deux caractéristiques principales :

➤ Coefficient d'expansion thermique :

La dilatation thermique correspond à l'expansion de volume d'un corps, occasionné par son réchauffement, à pression constante. Cette expansion est mesurable expérimentalement, et est exprimée par le coefficient d'expansion thermique (CET), avec pour unité $^{\circ}\text{C}^{-1}$. (1)(5)(8)

Pour les tissus dentaires, on retrouve deux valeurs :

Pour l'émail, $\text{CET}_{\text{email}} = 11,4 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$

Pour la dentine, $\text{CET}_{\text{dentine}} = 8,3 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$

Dans le cas des composites, les valeurs seront différentes selon la taille des charges :

- Pour les microchargés, $45 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1} < \text{CET}_{\text{micro}} < 70 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$
- Pour les macrochargés, $25 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1} < \text{CET}_{\text{macro}} < 35 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$
- Pour les hybrides, $22 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1} < \text{CET}_{\text{hybride}} < 35 \cdot 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$

Ainsi, ces différences de valeur (le CET des composites étant 2 à 4 fois plus élevé que celui des tissus dentaires) peuvent entraîner des contraintes à l'interface matériau/dent au moment des changements de température, et ainsi créer des percolations.

➤ Conductivité thermique :

Elle représente la capacité d'un matériau à transmettre la chaleur qui lui est fournie, et s'exprime en $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ dans le SI. Cependant, dans la littérature odontologique, l'unité la plus utilisée est $\text{cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$. On la note K. (1)(8)

Il faut savoir que l'organe pulinaire ne supporte pas d'élévation de température excessive, cela entraînant des douleurs dans un premier temps, puis des lésions irréversibles.

Les tissus dentaires limitent ce phénomène, par leur faible conductibilité thermique ($K = 2,2 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ pour l'émail et $K = 1,4 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$ pour la dentine).

Dans le cas d'une restauration, on attendra donc du matériau une capacité d'amortir la température proche de ces tissus.

C'était loin d'être le cas pour les amalgames qui présentaient une valeur $K = 54 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$. Il fallait donc éviter de les utiliser sans isolant en cas de proximité pulinaire.

En revanche, les composites ont une faible conductibilité thermique ($K = 2,6 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$), permettant une protection efficace de la pulpe vis-à-vis de la température. Il faudrait une exposition prolongée à des changements de température pour qu'il y ait des répercussions.

c. Absorption hydrique et solubilité

Dans le milieu buccal, le composite va être en permanence en contact avec des fluides (salive, eau, etc...), et cela va avoir un impact sur ses propriétés. Le comportement hydrique du composite dépendra du taux de polymérisation de celui-ci, mais surtout de la nature de la matrice organique et de l'abaisseur de viscosité.

➤ Absorption hydrique :

La première interaction sera l'absorption de l'eau, entraînant un gonflement du matériau. Il en résulte une diminution des propriétés mécaniques, principalement de sa résistance aux contraintes. Pour l'évaluer, on détermine la différence de masse avant et après séchage, à la suite de l'immersion du matériau dans de l'eau pendant 7 jours, à température corporelle.

Selon la norme ISO 4049, la valeur obtenue doit être inférieure à $40\mu\text{g}.\text{mm}^{-3}$. Plus cette valeur sera élevée, plus le passage de pigments de la nourriture sera aisés, augmentant le risque de coloration. (5)

Cette absorption sera en grande partie influencée par les monomères présents dans la matrice, et par la présence de TEGDMA pour abaisser la viscosité de ces monomères. En effet, ce dernier augmente significativement les valeurs d'absorption du composite. (9)(10)

➤ Solubilité :

L'autre interaction possible sera la solubilité, qui, à l'inverse, entraînera une perte de matière, risquant d'engendrer des problèmes biologiques du au relargage de produits de dégradation. On la détermine en observant la perte de masse engendrée par l'immersion du composite dans de l'eau, toujours à température corporelle, pendant 7 jours. (11)(12)(13)

Ici, la norme ISO 4049 estime à $7,5\mu\text{g}.\text{mm}^{-3}$ la valeur maximale acceptable. (5)

La solubilité elle sera majoritairement influencée par le degré de conversion des monomères, bien que la composition joue également un rôle.

3. Conséquences cliniques

Maintenant que nous avons décrit les différentes propriétés des composites, à la fois mécaniques et physico-chimiques, nous allons voir leur intérêt dans la pratique clinique.

Pour simplifier cela, nous avons réalisé un tableau comparatif des divers composites. (Tableau 1) Ce tableau est simplifié, avec pour but non pas de détailler des valeurs, mais d'aider le praticien dans son choix du composite selon la situation et les caractéristiques recherchées. Dans ce tableau, nous avons pris le parti de classer les composites fluides en une seule famille, mais il est à noter que selon la taille des charges de ce dernier, les résultats pourront varier.

De plus, les indications données par ce tableau sont basées sur une moyenne des composites d'une famille, mais comme vu précédemment, au-delà de la taille et du pourcentage des charges, la nature des monomères retrouvés dans la matrice et de l'abaisseur de viscosité joue un rôle important. Il sera donc indispensable de prendre ce paramètre en compte pour le choix d'un composite, au risque d'avoir une coloration rapide de ce dernier et donc un échec thérapeutique.

Ainsi, il faudra éviter les composites contenant du TEGDMA comme abaisseur de viscosité, ce dernier augmentant considérablement les valeurs d'absorption hydrique, entraînant des discolorations inesthétiques. On devra également être attentif au degré de conversion des monomères présents dans la matrice pour éviter une solubilité trop importante, amenant à une dégradation du matériau et l'apparition de hiatus. (9)(10)(11)(12)(13)

Type de composite	Résistance à la flexion	Résistance à la traction	Module de Young	Aptitude au polissage	Rétraction de polymérisation	CET
Macrochargés	--	+	+	--	--	+
Microchargés	-	-	++	-	-	--
Microhybrides	+	+	-	+	+	+
Nanohybrides	++	++	-	++	++	++
Fluides	+	-	++	-	---	-

Tableau 1 : Tableau comparatif simplifié des propriétés physiques et chimiques des composites.

Ainsi, ce tableau nous permet de voir que les composites nanohybrides sont les plus polyvalents, présentant les meilleurs résultats dans presque toutes les propriétés, les indiquant donc comme matériau de choix pour la majorité des situations.

En revanche, leur module de Young étant élevé, ils seront rigides et donc sujets aux fractures. Donc dans des situations de fortes contraintes, telles que les classes V, des composites microchargés ou fluides seront les références.

D. Usure des composites

1. *Définition*

Selon McCabe et al. (14), l'usure est définie comme « la perte de substance progressive résultant d'une interaction mécanique entre deux surfaces en contact, qui sont en mouvement relatif ».

Cette usure dépend de trois critères du matériau (ici le composite) :

- **Sa structure** : elle regroupe les composants et la géométrie de leur agencement,
- **Les conditions d'interactions entre les composants** : on retrouve ici les forces, les contraintes et la durée de ces interactions,
- **L'environnement et les propriétés de la surface** : ils sont vastes, les principaux étant la température, la chimie de surface et sa topographie.

2. *Différents types d'usures*

L'usure est classée en ingénierie selon son mécanisme, on retrouve ainsi 4 types d'usures :

- Usure par laminage (fatigue),
- Usure par corrosion,
- Usure par adhérence,
- Usure par abrasion.

En dentisterie, en revanche, elle est classée selon ses manifestations cliniques. Elle est divisée en 4 catégories (15) :

- **Abfraction**, où la perte de substance se situe dans la région cervicale de la dent, et imputable à une flexion de la dent à la suite d'une surcharge occlusale. Leur étiologie est multifactorielle, et on préfère utiliser le terme de lésion cervicale non carieuse.
- **Abrasion**, est définie par une usure mécanique excessive des tissus durs de la dent, causée par des objets durs autre que les dents (brosse à dent, dentifrice, aliments...). On retrouve souvent ce genre de lésions lors d'un brossage traumatique, sur les faces vestibulaires.
- **Erosion**, due à l'action chimique de produits corrosifs. Les causes de ces érosions peuvent être alimentaires, avec une forte consommation de produits acides (tels que les sodas, jus de fruits etc..), on parlera alors de cause extrinsèque. Les surfaces touchées seront alors plutôt vestibulaires et/ou occlusales.
On peut retrouver également une production anormalement élevée d'acide gastrique, lié à des problèmes de santé (boulimie, reflux gastrique...). Ici on sera face à une cause intrinsèque, et les surfaces préférentiellement touchées seront linguales et palatines. Un changement dans le flux ou la composition de la salive peut également jouer un rôle.
- **Attrition**, identique à l'abrasion dans le processus, mais causée cette fois par le frottement des dents les unes contre les autres. Elle est liée au vieillissement mais peut être accélérée par une parafonction, tel que le bruxisme ou l'onychophagie.

Dans ces 4 cas de figure, on se retrouve avec des lésions d'origine non carieuse affectant les dents. Cependant, le chirurgien-dentiste aura pour rôle d'intervenir afin d'interrompre l'origine néfaste du problème.

Les solutions pourront être une correction de l'occlusion (alignement, équilibration), la correction ou suppression d'une mauvaise habitude (mastication excessive, brossage traumatique, bruxisme, onychophagie...), le traitement d'un état psychologique (boulimie, anorexie...) ou encore des conseils alimentaires (acidité alimentaire excessive...).

3. Facteurs d'usure des composites

Les résines composites seront soumises aux mêmes types de contraintes, ce qui devra être pris en compte par le chirurgien-dentiste au moment de la mise en place du matériau. En effet, plusieurs critères vont influencer l'usure des composites, et donc leur durée de vie.



Figure 3 : Photographie de résines composites usées.

Premièrement, la forme, la taille, l'orientation, la distribution et la quantité des charges vont jouer un rôle dans cette usure. Des études ont ainsi démontré que l'usure était réduite avec la réduction de la taille et de l'espacement des charges. (16)(17)

Deuxièmement, le type de résine matricielle et les initiateurs de la polymérisation vont influencer la dureté de la résine. Ainsi, plus le degré de conversion du composite est important (plus le matériau est polymérisé), plus celui-ci aura une résistance à l'usure élevée. (18)

Enfin, les liaisons entre la matrice et les charges détermineront la probabilité que les particules soient arrachées. Logiquement, plus ces liaisons seront fortes, moins cette probabilité le sera. (19)

La dégradation du composite dépendra également de l'abrasif, et plus particulièrement de sa composition et de la forme de ses particules. Cela influencera sa dureté, et si celle-ci est inférieure à celle du composite, l'usure sera grandement réduite, et elle ira en augmentant avec la dureté de l'abrasif. (20)

En outre, les composants du matériau composite, s'ils sont plus durs que l'abrasif, peuvent jouer le rôle d'une barrière protectrice. (21)

La forme aura également une importance, principalement si l'abrasion a lieu entre 2 corps, des formes angulaires provoquant plus d'usure que les arrondies. Ceci est moins important si elle a lieu entre 3 corps, car la réorientation est plus considérable, limitant les interactions. (22)(23)

III. Généralités sur le Polissage

A. Définition et intérêt

A la suite de la mise de la mise en place du matériau, le praticien devra attacher une attention et un temps particulier aux étapes de finition et de polissage, indispensable pour réaliser une restauration qui réponde aux exigences esthétiques, anatomiques et fonctionnelles. Ces deux étapes seront toujours associées, et chacune devra respecter certains critères que nous allons aborder.

Finition : Lors de cette étape, l'objectif va être d'obtenir une forme finale qui soit anatomiquement et fonctionnellement semblable à la dent initiale (et/ou à la dent contralatérale). Cependant, cette dernière aura une rugosité trop importante, et donc incompatible avec l'environnement buccal.

Pour réaliser cela, le praticien utilisera des instruments avec une granulométrie importante, pour avoir une certaine efficacité de coupe, mais il engendrera des rayures relativement importantes. La durée de cette étape sera raccourcie par une bonne mise en forme du composite initialement.

Ainsi, avant de passer au polissage, le praticien devra s'assurer que la dent n'ait plus d'excès de matériau, que ce soit au niveau des points de contact, des limites cervicales ou encore des faces occlusales.

Polissage : Ici, le but sera d'obtenir une surface définitive polie, sans rayure visible, biologiquement compatible avec la bouche du patient. La restauration devra également répondre à des impératifs esthétiques, mais sans avoir modifié la forme obtenue lors de l'étape de finition. Pour cela, on aura recours à des instruments d'une granulométrie faible, afin de supprimer les irrégularités et les craquelures causées lors de celle-ci.

Le polissage est indispensable pour assurer la pérennité de la restauration.

Ces deux étapes nécessitent donc des instruments de granulométrie différentes, donc ayant des pouvoirs abrasifs variés ; en effet, pour l'étape de finition, on voudra un pouvoir abrasif élevé pour éliminer efficacement les excès ; tandis que pour le polissage, il devra être le plus faible possible afin d'éviter les rayures.

Dans les 2 cas, on fera appel à l'abrasion.

B. Principe de fonctionnement

1. *Abrasion*

Abrasion : Ce terme représente l'usure de la surface d'une substance par une autre substance par frottement, creusage, ciselage, ou par d'autres moyens mécaniques. La substance qui cause l'usure est appelée **l'abrasif** et celle qui subit l'usure est appelée **le substrat**. (24)

Afin d'être efficace, l'abrasif doit avoir une dureté supérieure à celle du substrat. L'abrasif provoque un flux plastique de la couche superficielle du substrat entraînant l'élimination des excès de matériau (=finition), modifiant la structure de sa surface et en améliorant l'état macro- et microscopique (=polissage).

Le contact entre l'abrasif et le substrat doit produire suffisamment de forces de cisaillement et de forces plastiques pour casser les liaisons inter-atomiques et/ou intermoléculaires pour libérer les particules du substrat, et ainsi retirer de la matière.

2. Action sur le substrat

On peut distinguer l'action de l'abrasif selon deux principes (25) :

➤ La présentation de cet abrasif,

- Le « Two-body wear »: les particules abrasives sont fermement liées à la surface de l'instrument abrasif et aucune autre particule abrasive n'est utilisée. (Ex : fraise diamantée) (Figure 4)

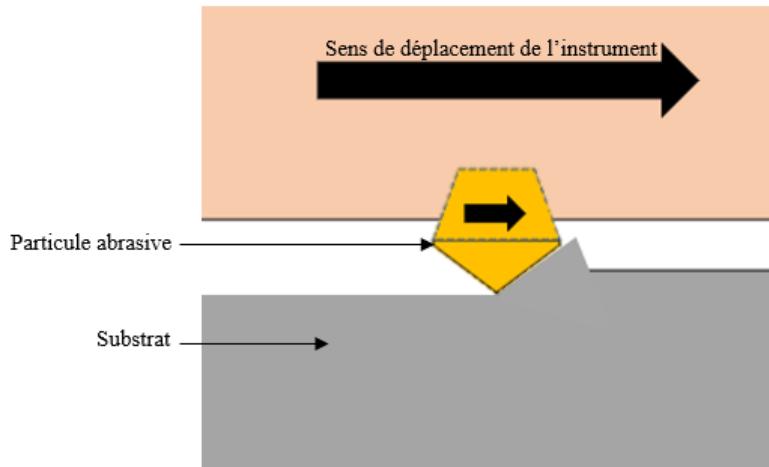


Figure 4 : Concept du « Two-body wear ».

- Le « Three-body wear » : les particules abrasives sont libres de se déplacer et de tourner entre deux surfaces (ex: les abrasifs non liés comme les pâtes de polissage ou prophylactiques: ces particules sont placées sur une cupule caoutchouc qui tourne contre la dent ou le matériau). (Figure 5)

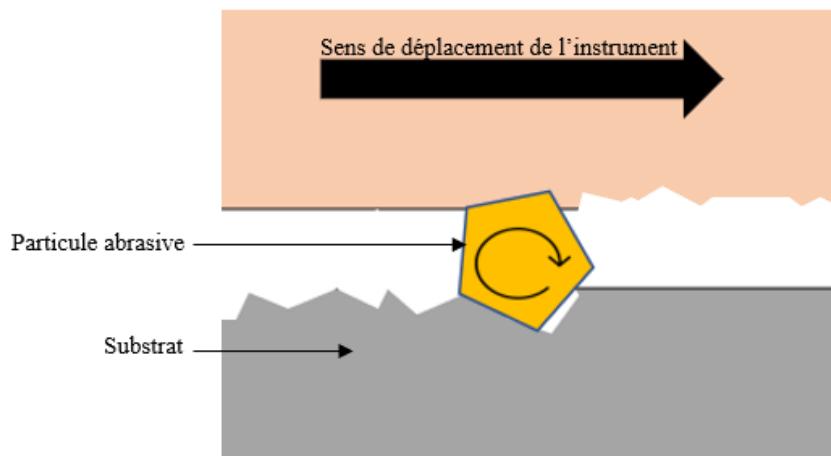


Figure 5 : Concept du « Three-body wear ».

Ces deux situations peuvent tout à fait se cumuler.

En effet, une fraise diamantée peut perdre des particules, et ainsi on se retrouvera dans la deuxième situation. De même, les particules abrasives d'une pâte de polissage peuvent rester fixer sur la cupule en caoutchouc, et ainsi créer une situation de « two-body wear ». (25)

Afin de limiter cela, on pourra utiliser un lubrifiant tel que l'eau ou la vaseline.

➤ Son action par rapport au substrat (25) :

- Abrasion par coupe : On la retrouve lorsqu'on utilise des instruments avec de multiples lames. Le substrat est clivé en larges segments séparés (copeaux) et se retrouve avec de profondes entailles et des creux. Exemple : les fraises en carbure de tungstène ont de nombreuses lames arrangées régulièrement qui déplacent des petits copeaux du substrat quand la fraise tourne à grande vitesse créant un dessin de coupe unidirectionnel. Le nombre de lames déterminera l'état de surface du matériau. Plus il y aura de lames, moins le dessin de coupe sera visible et plus l'état de surface sera lisse.

Il faut noter également que selon le nombre de lames ou la taille des particules diamantées, l'effet sur la surface sera différent : une fraise en carbure de tungstène à 16 lames produit un aspect plus lisse qu'une fraise à 8 lames mais la dernière déplace du matériau plus rapidement. De même, la fraise diamantée la plus grossière enlève du matériau plus rapidement mais laisse une surface plus rugueuse.

- Abrasion par meulage : Elle existe lorsqu'on utilise des instruments recouverts de particules abrasives disposées au hasard. Chaque particule possède plusieurs pointes coupantes qui parcourent la surface du substrat entraînant un déplacement de petites particules du matériau. Exemple : les fraises diamantées contiennent de nombreuses particules diamantées coupantes qui abrasent le matériau. Les particules étant disposées au hasard, elles créent un nombre très élevé de rayures unidirectionnelles et parallèles entre elles à la surface du matériau.

Ainsi, l'abrasion causée par l'instrument utilisé dépendra de l'action de ses particules abrasives mais également de leur présentation au substrat.

Cependant, même en utilisant le même instrument, d'autres facteurs vont influencer le taux d'abrasion du matériau. C'est ce que nous allons aborder dans la partie suivante.

3. Facteurs d'abrasion

a. Taille des particules abrasives

On classe les particules selon leur taille (24) :

- De 0 à 10 μm : particules fines,
- De 10 à 100 μm : particules moyennes,
- De 100 à 500 μm : particules grosses,

De fait, plus les particules seront grosses, plus elles useront rapidement la surface en laissant des rayures plus larges et plus profondes. (Figure 6)

Cela implique qu'en dentisterie, on utilisera des instruments avec des particules de tailles décroissantes au fur et à mesure du polissage, pour aboutir à une surface la plus lisse possible.

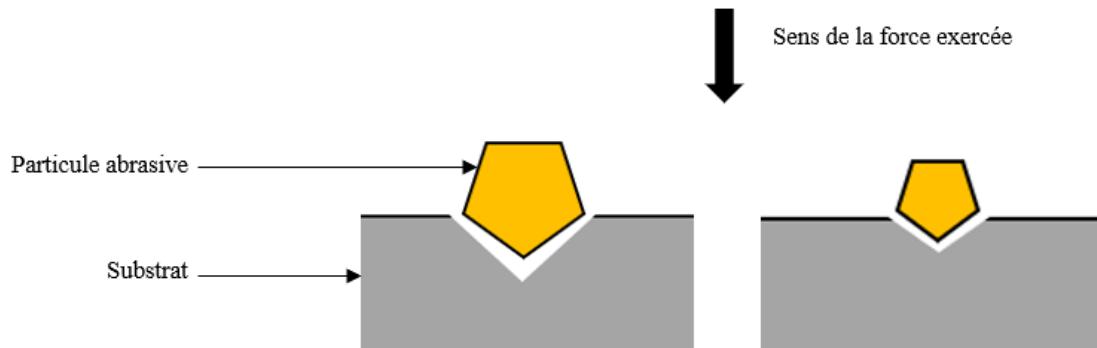


Figure 6 : Influence de la taille des particules abrasives.

b. Forme des particules abrasives

En plus de la taille, la forme de ces particules jouera un rôle important dans l'abrasion. (24)

En effet, plus les particules auront une forme irrégulière et pointue, plus la surface du substrat sera usée rapidement, tandis qu'une forme arrondie ou cubique, avec des angles émoussés, de ces mêmes particules sera moins abrasive. (Figure 7)

Evidemment, l'usure plus rapide du substrat obtenue par le premier type de particules s'accompagnera forcément de rayures plus profondes.

Ainsi en pratique, le degré d'abrasion d'un instrument diminuera au fur et à mesure de son utilisation, du fait de l'arrondissement des particules, mais également de la contamination de l'abrasif par les résidus du substrat.

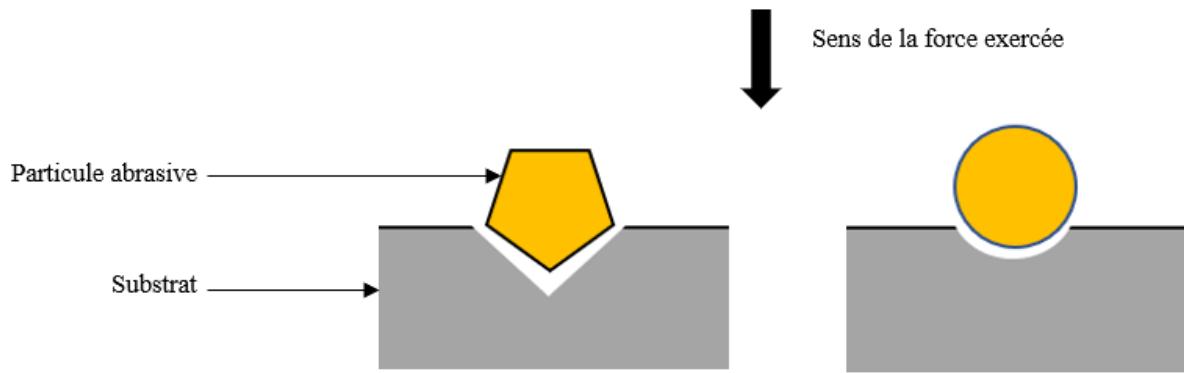


Figure 7 : Influence de la forme des particules abrasives.

c. *Dureté de l'abrasif*

La dureté représente le degré de résistance d'un matériau (substrat) à la pénétration par un autre matériau (abrasif). Selon la nature de l'abrasif et du substrat, cette pénétration entraînera (24)(26) :

- Une indentation, que l'on mesurera avec la dureté Vickers,
- Une empreinte, que l'on mesurera avec la dureté Brinell,
- Une rayure, que l'on mesurera avec la dureté Mohs. C'est cette dernière qui nous intéressera, l'action des instruments dentaires étant principalement par rayage.

Ainsi, en dentisterie, l'échelle Mohs sera la plus appropriée pour mesurer l'abrasion. Elle a été inventée en 1812 par le minéralogiste allemand Friedrich Mohs, afin de mesurer la dureté des minéraux. Il proposa une échelle de 1 à 10, basée sur dix minéraux facilement disponibles, avec une dureté croissante. (Tableau 2)

Ainsi c'est une échelle ordinaire, les minéraux étant rangés par ordre de dureté croissante dont on connaît déjà la dureté. Chaque élément de l'échelle peut rayer ceux qui le précédent et être rayé par ceux qui le suivent.

Par exemple, le Quartz peut rayer l'apatite et peut-être rayé par la topaze.

Il faut savoir de plus qu'un minéral donné peut-être rayé par un minéral de la même nature (ex : un diamant peut rayer un autre diamant).

Pour les résines composites, cette dureté est comprise entre 5 et 7, du fait de la dualité de sa composition (matrice et charges). Afin d'éviter d'avoir une surface en relief après le polissage, il faudra donc utiliser un abrasif avec une dureté supérieure aux charges du composite, pour avoir une surface uniforme.

Matériaux	Dureté Mohs
<i>Diamant</i>	10
<i>Corindon</i>	9
Carbure de tungstène	9
Oxyde d'aluminium	9
<i>Topaze</i>	8
<i>Quartz</i>	7
Céramique	6 à 7
Composite	5 à 7
<i>Orthose</i>	6
Email	5 à 6
<i>Apatite</i>	5
Amalgame	4 à 5
<i>Fluorite</i>	4
Dentine	3 à 4
<i>Calcite</i>	3
<i>Gypse</i>	2
<i>Talc</i>	1

Tableau 2 : Classification relative des matériaux selon leur dureté sur l'échelle de Mohs.

En italique : les minéraux de référence de l'échelle de Mohs

En gras : les principaux matériaux en dentisterie

d. Vitesse d'abrasion

Durant le polissage, l'abrasion va être grandement influencée par la vitesse de l'instrument rotatif. En effet, plus le mouvement de l'abrasif sur la surface exposée sera rapide, plus l'usure sera importante.

Cette vitesse sera influencée d'une part par la nature de l'instrument rotatif, selon que celui-ci est une turbine ou un contre-angle, pour lesquels la couleur de la bague aura également une importance capitale.

Une turbine aura une vitesse de rotation élevée, allant jusqu'à 400 000 tours/minutes, entraînant une abrasion importante. (27)

Pour les contre-angles, on aura des valeurs différentes selon la bague de couleur :

- Bague rouge : jusqu'à 200 000 tours/minutes, on aura également une abrasion conséquente,
- Bague bleue : jusqu'à 30 000 tours/minutes, vitesse bien plus faible, l'abrasion sera ainsi diminuée et permettra un contrôle plus précis,
- Bague verte : jusqu'à 1 000 tours/minutes, vitesse très faible, pour les finitions et l'obtention d'un état de surface lisse.

L'autre point qui jouera un rôle dans cette vitesse sera la pression exercée par le praticien sur la pédale de l'UNIT. Au plus celui-ci appuiera dessus, au plus la vitesse sera élevée, entraînant une coupe importante.

De plus, la grande friction exercée par l'abrasif à haute vitesse entraînera une augmentation de la température pouvant entraîner une déformation plastique si aucun lubrifiant n'est utilisé.

e. Pression exercée

Au même titre que la vitesse, la pression appliquée par le praticien sur le substrat aura un rôle important. (24)

En effet, une pression importante de l'abrasif sur le substrat entraînera des rayures plus profondes et plus larges dans ce dernier, ainsi qu'une usure plus rapide de l'abrasif. (Figure 8)

Le praticien devra donc veiller à diminuer la pression au fil des étapes du polissage pour approcher un état de surface satisfaisant.

Comme pour la vitesse, une pression trop importante conduira à une augmentation de la température, et donc à une déformation.

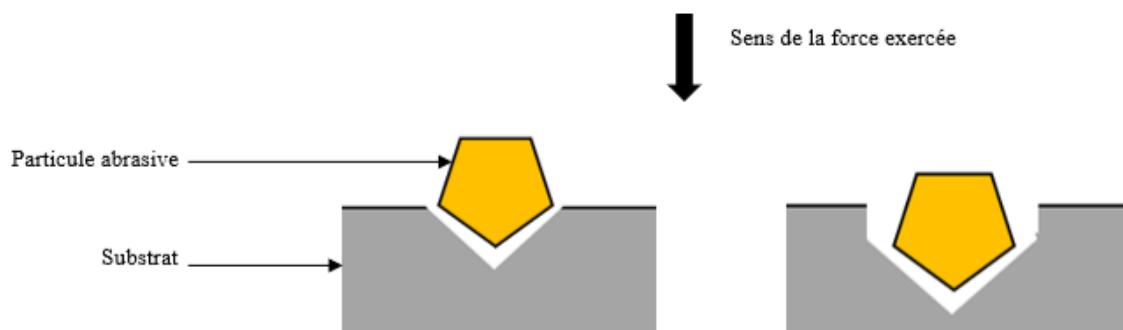


Figure 8 : Influence de la pression exercée lors de l'abrasion.

f. Lubrifiant

Comme vu précédemment, la vitesse et la pression de l'abrasif peuvent entraîner une hausse de la température à l'interface abrasif/substrat, pouvant conduire à des déformations. Pour diminuer cela, l'utilisation d'un lubrifiant, tel que l'eau ou la glycérine, est recommandé.

Ce lubrifiant augmentera également l'efficacité d'abrasion en permettant l'élimination des débris, qui peuvent encrasser l'abrasif, et ainsi faciliter le mouvement de coupe.

En revanche, un excès de lubrifiant aura un effet contraire, car il pourra s'interposer entre l'abrasif et le substrat, et ainsi diminuer la vitesse d'abrasion.

C. Instrumentation (27)(28)

Maintenant que nous avons vu tous les paramètres influençant l'abrasion, nous allons décrire les instruments utilisés lors des étapes de polissage et de finition.

1. *Fraises diamantées*

Ce sont les fraises les plus utilisées et les plus courantes. Elles se présentent sous la forme de tige métallique, avec un embout de forme variable sur lequel sont incrustés des grains de diamant de tailles diverses. (28)

Pour distinguer la taille de ces grains, on utilise un code couleur particulier, correspondant à une numérotation ISO, qui est la suivante (du plus épais au plus fin) :

- Noire : Supergros, 180 μm de diamètre maximum,
- Vert : Gros, 150 μm de diamètre maximum,
- Bleu : Moyen, 106 μm de diamètre maximum,
- Rouge : Fin, 63 μm de diamètre maximum,
- Jaune : Superfin, 40 μm de diamètre maximum,
- Blanc : Ultrafin, 14 μm de diamètre maximum.

Il faudra bien évidemment respecter ce code couleur et cet ordre décroissant pour obtenir un état de surface final le plus lisse possible.

De plus, on aura une diversité des formes de ces fraises importante, permettant de s'adapter selon la zone à travailler. Les plus courantes pour le polissage seront :

- Cylindro-coniques : principalement utilisés pour dégrossir la forme initiale,
- Flamme : très utile pour les zones vestibulaires et proches de la gencive, permettant d'obtenir une surface lisse sans abîmer la zone gingivale,
- Ovoïde : utilisée quasi exclusivement pour la zone palatine ou linguale des dents antérieures, elle permet de reproduire la forme du cingulum de ces dents.

2. *Fraises multi-lames*

Ces fraises sont en carbure de tungstène, et présentent un nombre de lames variables, compris entre 8 et 30. On les classe d'ailleurs généralement selon ce nombre de lames, car c'est cette donnée qui sera la plus importante pour déterminer l'état de surface final. (27)(28)

En effet, plus le nombre de lames est important, moins on distinguera les rayures et donc plus l'état de surface sera lisse. Ces lames auront un effet de coupe sur le substrat, nécessitant de respecter l'angle de coupe pour être efficace.

Pour ces fraises, les formes seront les mêmes que pour les diamantées :

- Cylindro-conique : on l'utilise à la suite des diamantées pour améliorer l'état de surface, car elle réduit significativement la rugosité,
- Flamme : très utilisée en parodontologie ou pour une légère éviction gingivale, car elle est peu traumatisante et limite le saignement, elle permet de polir une restauration juxta-gingival sans traumatiser le parodonte,
- Ovoïde : on l'utilise pour améliorer l'état de surface des surfaces palatines des dents antérieures.

3. *Disques abrasifs*

Ce sont des roues, le plus couramment constituées d'un cadre en papier sur lequel sont disposés des grains d'abrasif (alliage d'oxyde) de taille différente. (28)

Comme pour les fraises diamantées, on aura des granulométries différentes, que l'on identifiera par la couleur du disque. Ils pourront être utilisés seuls, mais le plus généralement après l'utilisation des fraises, en utilisant des disques de granulométrie décroissante.

On peut également les trouver en caoutchouc, avec une forme de roue spiralée, imprégnées de diamant.

Ces deux types de disques ont l'avantage d'être flexible, à l'inverse des fraises, leur permettant de s'adapter à la forme de la dent que l'on voudra polir. En revanche ils ne sont pas efficaces en occlusal du fait de leur forme.

4. *Embuts en silicium*

Ce sont des moules de silicones de formes variables, sur lesquels sont ajoutés des particules abrasives de diamant, de carbure de silicium ou bien d'alliage d'oxyde. (28)

Au niveau des formes, on trouvera les disques, les cupules ou les flammes, l'utilisation de chacun dépendant des préférences du praticien, bien que les disques soient préférentiellement utilisés pour les faces proximales, tandis que les cupules et les flammes seront pratiques pour les faces occlusales et vestibulaires/linguales.

La dimension des particules pourra varier, en moyenne entre 15 et 40 µm.

5. *Pâtes de polissage*

Ce sont des pâtes que l'on viendra appliquer à sec sur le composite, à l'aide de disques ou de brosses munies de poil en plastique, poil de chèvre, en coton etc... Elles seront à utiliser en toute fin de polissage. (28)

Encore une fois, leur composition sera des grains de diamant ou d'alliage d'oxyde.

Elles devront être utilisées à sec pour améliorer leur efficacité, et donneront un effet miroir à la restauration.

Comme pour les fraises diamantées, ces pâtes sont classifiées selon leur granulométrie, mais il n'y a pas de consensus de classification comme pour les fraises, chaque fournisseur ayant un système différent.

Globalement, on distingue des pâtes de pré-polissage de granulométrie moyenne, située entre 20 et 40 μm , et les pâtes de polissage, avec une granulométrie fine ou ultrafine, comprise entre 18 et 3 μm . (29)

D. Etat de surface : comparaison au microscope

En premier lieu, nous allons définir quelques valeurs de référence, permettant de situer les rugosités obtenues par les divers instruments.

Il faut ainsi savoir que la langue détecte une rugosité supérieure à 0,3 μm , et que la valeur maximale de rugosité acceptable pour éviter les colorations est de 0,2 μm . (30)

Afin d'illustrer les différences de rugosité entraînées par ces systèmes de polissage, nous allons voir des images par microscope électronique à balayage de surfaces de résines composites, après le passage d'un instrument. Il est à noter que les composites utilisés pour les coupes microscopiques sont tous des nanohybrides, mais que l'intérêt de ces images est de montrer l'effet réalisé par le passage des divers instruments, et donc leur efficacité vis-à-vis du polissage.

Pour les valeurs de rugosité, les différentes études citées n'utilisent pas le même système de mesure, ce qui explique les valeurs variables, et les résultats parfois différents selon l'instrument utilisé. C'est pourquoi ces valeurs seront présentées sous forme d'intervalles, englobant les différents résultats des études.

Le but sera avant tout de situer la valeur de rugosité du composite après le passage des différents instruments par rapport à la valeur seuil de 0,2 μm vue plus haut.

1. Comparaison émail – composite brut

Tout d'abord, voici une comparaison entre un émail et un composite, tous deux sans polissage.

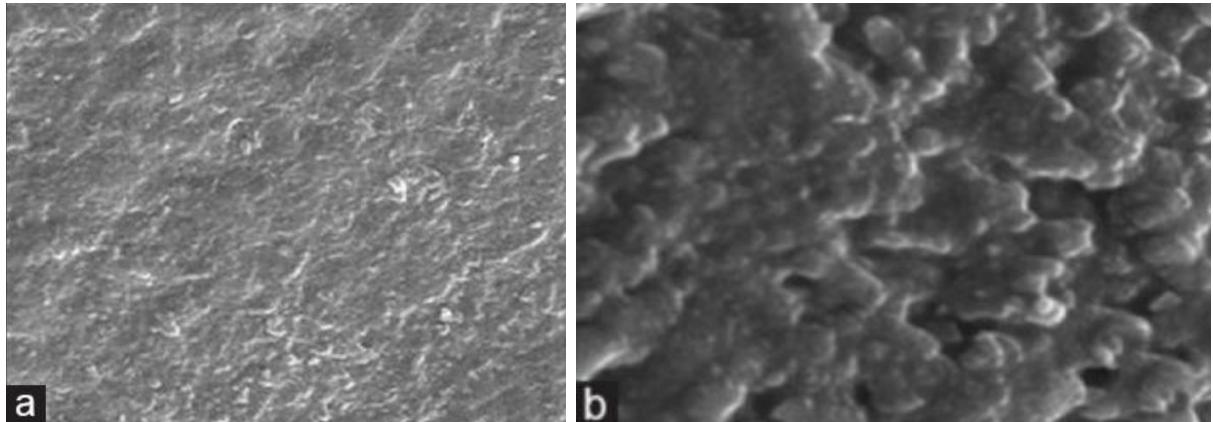


Figure 9a : Image de surface d'émail dentaire, vue au microscope électronique à balayage avec un grossissement de 3000 (31).

Figure 9b : Image de surface de composite sans polissage, vue au microscope électronique à balayage avec un grossissement de 3000 (31).

Ici, la rugosité de l'émail (Figure 9a) est de $0.366 \mu\text{m}$, tandis que celle du composite non poli (Figure 9b) est de $0.767 \mu\text{m}$, ce qui est nettement supérieur à la fois à celui de l'émail mais surtout au valeurs seuils. (31)

Ainsi, si après la mise en place du composite, le chirurgien-dentiste n'apporte aucune étape de polissage, ce dernier aura un état de surface tel que le patient sentira une gêne au passage de la langue, mais surtout que la plaque alimentaire restera beaucoup plus facilement accrochée, entraînant une coloration rapide de la restauration, mais aussi et surtout augmentant considérablement le risque de reprise de carie.

Ceci démontre donc qu'on ne peut se passer d'une étape de polissage après la mise en place du composite.

2. **Matrice celluloïde**

Il existe cependant une situation où l'état de surface du composite, juste après sa mise en place, sera compatible avec l'environnement buccal. C'est lorsqu'on l'appliquera à l'aide d'une matrice celluloïde, et que la polymérisation sera réalisée à travers celle-ci.

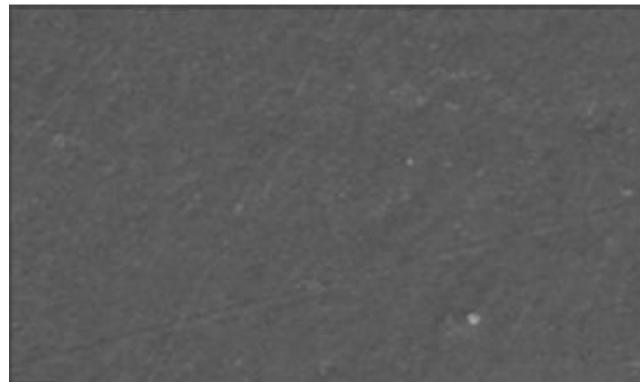


Figure 10 : Image de surface de composite après polymérisation au travers d'une matrice celluloïde, vue au microscope électronique à balayage avec un grossissement de 3000 (31).

En effet, comme on peut le voir sur cette photo de microscope, l'état de surface est extrêmement lisse, sa rugosité étant ici inférieure à $0,1 \mu\text{m}$, donc nettement inférieure au seuil acceptable (Figure 10). (31)

Il sera cependant très rare de ne pas retoucher la restauration, car cela implique d'avoir un contour respectant parfaitement la forme de la dent et sans imperfection. On passera donc quasiment toujours par une étape de polissage par la suite, détériorant ainsi cet état de surface.

Néanmoins, leur utilisation est recommandée pour avoir un état de surface initial le plus lisse possible, et ainsi faciliter les étapes de polissage ultérieures.

3. *Fraises diamantées*

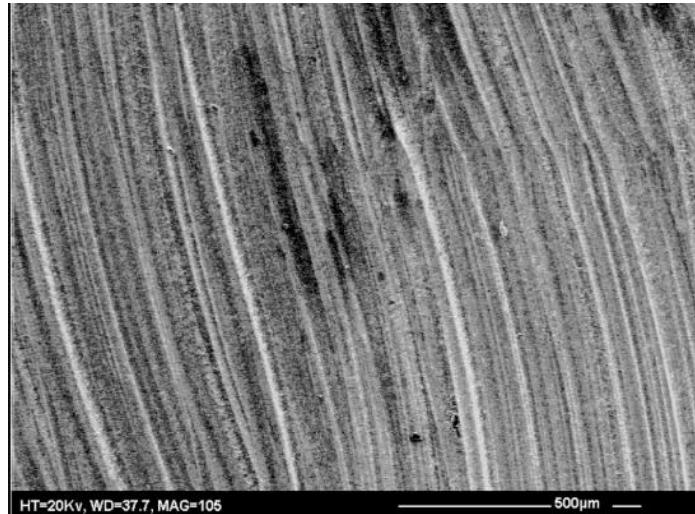


Figure 11 : Image de surface de composite après une finition à une fraise diamantée à grains de 20µm, vue au microscope électronique à balayage avec un grossissement de 100 (32).

L’image ci-dessus représente un composite après le passage de fraises diamantées fines et ultrafines, donc ayant la granulométrie la plus faible possible (Figure 11).

Dans ce cas, on remarque des rayures à la surface, entraînant une rugosité élevée qui est comprise selon les mesures entre 0,7µm et 2,8µm pour certaines, ce qui est nettement supérieure aux valeurs critiques. (31)(32)

En moyenne, selon toutes les études réalisées, le passage de fraises diamantées n’améliore pas la rugosité et l’état de surface, et même souvent cela le détériore par rapport à la situation initiale.

Cela indique donc qu’elles ne peuvent être utilisées pour le polissage final du composite, et même qu’elles doivent être évitées pour l’étape de finition. Leur utilisation doit se limiter aux excès importants de matériau et aux zones difficiles d’accès, où leur diversité de forme sera d’une grande aide

4. *Fraises multi-lames*



Figure 12 : Image de surface de composite après une finition à l'aide d'une fraise tungstène, vue au microscope électronique à balayage avec un grossissement de 100 (32).

Dans le cas d'un polissage réalisé à l'aide d'une fraise en carbure de tungstène, présentant 30 lames, on note un état de surface bien plus lisse. Cela est dû à l'effet d'abrasion par coupe, qui crée un dessin de coupe unidirectionnel, et diminue le nombre de rayures par rapport à une fraise diamantée.

On se rapproche ainsi d'une rugosité acceptable, avec une rugosité comprise entre 0.180 et 0.420µm. (32)(33)

Ainsi, selon la littérature, ce sont les fraises les plus adaptées pour l'étape de finition. On retrouve en effet une diversité de forme importante, permettant de s'adapter à la plupart des reliefs dentaires, tout en ayant un état de surface final correct.

Comme vu précédemment, le nombre de lames jouera un rôle important sur l'état de surface, et l'utilisation d'une fraise présentant 30 lames sera recommandée dans ce sens.

5. *Disques abrasifs*

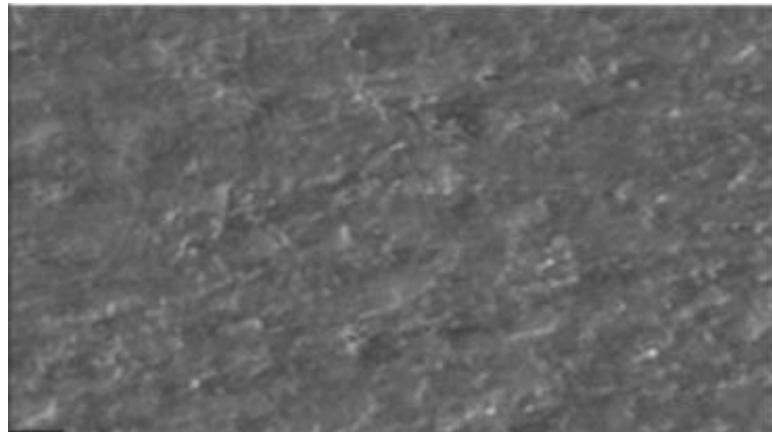


Figure 13 : Image de surface de composite après polissage à l'aide de disque abrasif, vue au microscope électronique à balayage avec un grossissement de 3000 (31).

Voyons maintenant l'effet sur le composite de disque abrasif, tel que les Sof-Lex dans ce cas. On constate la disparition des rayures, et une surface encore plus lisse.

En effet, les valeurs de rugosité mesurées dans les diverses études, après l'utilisation des disques type Sof-Lex, sont comprises entre 0.16 et $0.25\mu\text{m}$, donc dans des seuils biologiquement compatibles avec la bouche. (31)(32)

Ce sont des instruments de polissage, donc à utiliser après avoir dessiner les contours de notre restauration pendant l'étape de finition. En effet, leur forme et leur granulométrie ne permettent pas un contourage efficace, mais sont efficaces pour obtenir un état de surface final satisfaisant.

6. Embouts en silicone

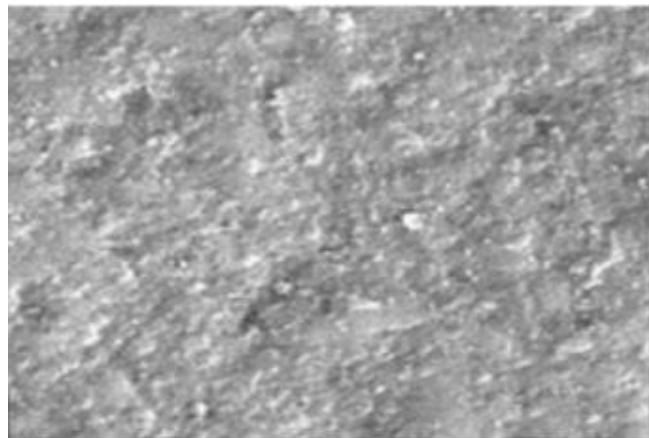


Figure 14 : Image de surface de composite après polissage à l'aide du système Shofu, vue au microscope électronique à balayage avec un grossissement de 3000 (31).

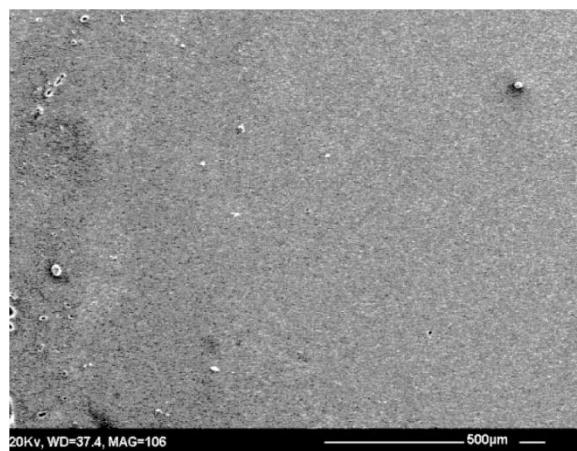


Figure 15 : Image de surface de composite après polissage à l'aide du système Enhance PoGo, vue au microscope électronique à balayage avec un grossissement de 100 (32).

Pour finir, nous allons examiner l'état de surface d'une résine composite après polissage par des embouts en silicone, type Shofu ou Enhance PoGo.

Au même titre que les disques abrasifs, l'état de surface final est satisfaisant, avec des surfaces lisses et sans rayures. Les valeurs de rugosité mesurées sont entre 0.10 et 0.380 µm, selon le modèle utilisé. (31)(32)

On retrouve donc des valeurs de rugosité satisfaisantes en moyenne, avec des instruments ayant la même utilité que les disques abrasifs, à savoir le polissage final.

7. *Conclusions cliniques*

Comme vu précédemment, les études n'utilisant pas le même système de mesure de la rugosité, ils ne présentent donc pas les mêmes conclusions. Une normalisation des méthodologies permettrait une linéarisation de ces résultats et donc d'aboutir sur une comparaison fiable entre ces deux systèmes de polissage.

De plus, la dureté des particules abrasives présentes dans le système Shofu est supérieure à celles des Sof-Lex, entraînant une action plus agressive pour ce type de composite. Ces résultats pourraient être différents avec des composites avec une dureté supérieure.

Enfin, la forme des instruments et leur flexibilité, ainsi que les habitudes de l'opérateur jouent également un rôle dans ce rendu final.

Dans ces conditions, il est donc difficile de comparer réellement ces deux systèmes de polissage, et d'en sortir le meilleur. Au vu des contraintes de forme de chaque système, aucun ne permettant d'accéder à toutes les zones de toutes les restaurations, nous utiliserons les deux pour nos séquences de polissage, afin d'obtenir un état de surface final le plus uniforme possible.

En revanche, une constante revient dans la plupart des études, à savoir l'effet bénéfique de l'utilisation de pâtes de polissage après le passage des instruments de polissage. En effet, elles permettent d'améliorer l'état de surface et de donner un rendu miroir à la préparation, permettant de gagner encore en esthétique.

Elles peuvent être appliquées à l'aide de disques ou de brossettes, les deux amenant de très bons résultats, et leur composition (aluminium d'oxyde ou diamant) ne semble pas apporter de changements majeurs, l'importance étant leur passage après le polissage complet.

IV. Implications cliniques

Maintenant que nous avons décrit les différents composites, les principes importants du polissage et l'instrumentation nécessaire à sa réalisation, nous allons tenter de définir une séquence type de polissage, permettant d'obtenir l'état de surface le plus lisse possible.

Puis nous verrons le suivi et la maintenance à réaliser ensuite. En effet, quel que soit le polissage réalisé et l'application mise, il faudra toujours entretenir celui-ci.

A. Séquence de Polissage

Dans cette partie, nous allons décrire les différentes étapes de polissage, d'une dent postérieure dans un premier temps, puis d'une dent antérieure ensuite. En effet, les différences, au niveau instrumentation et réalisation, sont significatives et nécessitent donc de réaliser deux séquences types.

Il est à noter que ces séquences ne sont pas des références absolues, et qu'elles seront amenées à varier selon les habitudes du praticien, le type de composite utilisé, la dent concernée et également la localisation de la restauration sur la dent.

Elles établissent plutôt un exemple type, une ligne conductrice permettant de définir l'ordre d'utilisation des différents instruments, et de s'y retrouver parmi la multitude de produits proposés sur le marché.

En premier lieu, il faut savoir que les étapes de mise en place du composite jouent déjà un rôle très important dans l'état de surface final de ce dernier. Nous allons donc voir comment, dès cette étape, nous allons pouvoir influer positivement sur l'état de surface final et nous faciliter le travail.

En effet, lors de la mise en place de la résine composite, il faudra respecter un certain nombre de critères :

- Utilisation d'un système adhésif, de type MR3 de préférence, en respectant les temps de mordançage et les étapes de la mise en place de l'adhésif, (34)
- Choix d'un composite adapté à la restauration, au niveau de la localisation et de la forme de la cavité,
- Apport successif de plusieurs incrément de moins de 2mm d'épaisseur,
- Polymérisation intermédiaire à chaque nouvel apport,
- Fouler le matériau au maximum pour éviter les hiatus.

Ensuite, la littérature a mis en évidence quelques recommandations générales sur les étapes du polissage. Celles-ci permettent d'obtenir de meilleurs résultats et d'augmenter la pérennité de la restauration. Ainsi :

- Comme vu précédemment, éviter si possible les composites contenant du TEGDMA, celui-ci augmentant l'absorption du composite, et entraînant ainsi une coloration plus rapide et plus prononcée (35).
- Réaliser le polissage juste après la mise en place du composite, et non attendre un prochain rendez-vous. Le composite, dans les 2 mois qui suivent sa mise en place, va subir une expansion hygroscopique, qui pourra combler les défauts microscopiques d'adaptation marginale qu'aura entraîné le polissage (36),
- Choisir de préférence un système de polissage multiples, c'est-à-dire avec plusieurs étapes et instruments. Ces derniers ont en effet des résultats bien supérieurs, grâce notamment au passage successif de particules abrasives de plus en plus fines (37),

- Polir exclusivement sous spray refroidissant, le cas contraire entraînant une chaleur excessive, qui va créer une déformation plastique du matériau et donc des fissures à la surface du composite (38),

Nous allons désormais voir deux séquences de polissage, l'une pour une restauration antérieure, la seconde dans le cas d'une dent postérieure. Ces deux séquences seront illustrées de photographies simulant une séquence de polissage type.

1. Polissage d'une restauration antérieure

Dans cette partie, les dents concernées seront les incisives, les canines, et les faces vestibulaires des prémolaires. Dans l'ordre, les étapes seront donc :



Figure 16 : Incisive centrale après débridement carieux et réalisation cavité.

- Réalisation de la cavité, débridement carie avec éviction totale du tissu carieux, (Figure 16)
- Préparation cavité au collage : mordançage à l'acide orthophosphorique pendant 30s (émail) ou 15s (dentine), rinçage abondant, puis séchage léger,
- Mise en place de l'adhésif (MR3 de préférence) sur toutes les faces concernées, séchage important pour imprégner, et polymérisation de chaque face (30s),
- Apport du composite, que l'on aura choisi selon la restauration, par couches successives de 2 mm d'épaisseur maximum. Polymériser à chaque apport pour polymérisation plus efficace et uniforme,
- Restauration finale la plus fidèle possible à la forme de la dent, avec utilisation d'une matrice celluloïde pour la dernière couche en contact avec l'extérieur. En effet, elle permettra d'obtenir un état de surface lisse, plus que celui obtenu après les étapes de polissage multiples. On polymérisé à travers la matrice.
- Puis polymérisation finale, 60s minimum.



Figure 17 : Restauration composite d'une incisive centrale, juste après sa polymérisation.

Ainsi, après la réalisation de toutes ces étapes, nous nous retrouvons avec une restauration dont la forme doit être la plus proche possible de la dent initiale/contro-latérale, avec des excès de matériau et des défauts de forme les plus minimes possibles. (Figure 17)

➤ Nous allons donc pouvoir passer à la **Finition** :

Comme vu précédemment, le but de cette étape va être de dessiner les contours de notre composite, pour obtenir une restauration dont la forme et l'occlusion seront en harmonie avec le reste de la bouche. En revanche, cette restauration sera biologiquement incompatible car trop rugueuse.

Nous avons décrit plus haut dans ce document que deux types d'instruments pouvaient être utilisés pour la finition, à savoir les fraises diamantées et les fraises multilames.

Or nous avons également vu que les fraises diamantées, bien que pratique par leur diversité de forme et leur efficacité de coupe, étaient trop agressives pour le composite, et laissaient donc des rayures à la surface de celui-ci, même après un polissage efficace. Elles seront donc à éviter.

Les instruments privilégiés pour cette étape de finition seront donc les fraises multilames en carbure de tungstène, avec 30 lames de préférence pour améliorer encore l'état de surface. L'utilisation de fraises avec moins de 30 lames entraînera un dessin de coupe plus grossier, et donc un aspect visuel moins satisfaisant avec des rayures plus visibles.

On utilisera des formes différentes selon la face instrumentée :

- Pour les faces proximale et vestibulaire, des formes cylindro-coniques et flammes, en restant parallèle aux différents axes de la dent de cervical à occlusal, pour une restauration la plus fidèle possible. L'intérêt de la forme flamme sera de pouvoir finir avec précision une restauration juxta-gingivale sans traumatisme du parodonte, en amenant la pointe dans le début du sulcus. (Figure 18)
- Pour ce qui est de la face linguale/palatine, et plus particulièrement du cingulum, la forme privilégiée sera ovoïde, qui permettra de reproduire la forme caractéristique de cette zone. La partie cervicale située sous ce cingulum se fera elle à l'aide d'une fraise flamme comme précédemment.



Figure 18 : Finition à la fraise multilames d'une restauration composite sur une incisive centrale.

Dans les deux cas, l'application du praticien à respecter les principes de bases d'un bon polissage seront indispensable pour un état de surface final correct. Il devra en effet veiller à garder un geste continu, dans le même sens pour éviter la multiplication des dessins de coupe, un effet parallèle donnant un aspect final lisse. L'utilisation de ces instruments sous spray sera une obligation pour éviter un échauffement de la surface.

A la fin de cette étape, nous nous retrouverons ainsi avec une restauration dont la forme sera satisfaisante, c'est-à-dire quasi-identique à la forme initiale, une occlusion convenant au patient et n'ayant pas de sur ou sous-occlusion. (Figure 19)



Figure 19 : Restauration d'une incisive centrale après l'étape de finition.

En revanche, l'état de surface, bien que visuellement correct, ne sera pas suffisant en rapport aux valeurs seuils (0,3µm pour la détection de la langue, 0,2µm pour la valeur maximale acceptée pour éviter les colorations). Ce sera l'étape de polissage qui permettra d'atteindre des valeurs inférieures, avec l'utilisation d'instruments moins abrasifs, ne permettant pas de modifier la forme mais simplement d'améliorer l'état de surface.

➤ Voyons donc maintenant l'étape de **Polissage** :

Cette étape aura donc pour but d'obtenir une surface polie, compatible avec l'environnement buccal et esthétiquement satisfaisante pour le patient, surtout dans le cas d'une restauration antérieure, où un effet miroir sera recherché. Pour cela, on utilisera trois types d'instruments dont la granulométrie sera faible, avec encore une fois des spécificités de forme permettant leur utilisation selon la localisation anatomique :

- Pour les faces proximale et vestibulaire, les instruments les plus adaptés seront les disques abrasifs. En effet leur grande surface plate permettra d'accéder à toute la face, jusqu'au début du sulcus, pour réaliser un polissage efficace. Comme pour les fraises multilames, on les passera parallèlement à la surface polie. Les embouts en silicone seront également de bons instruments pour ces faces, mais les disques resteront la meilleure option. (Figure 20)
- Pour la face linguale/palatine, la spécificité de forme du cingulum rendra l'accès difficile pour les disques abrasifs, ces derniers n'ayant pas de flexibilité. On utilisera donc dans ce cas des embouts en silicone, avec lesquels l'accès à cette zone sera facilité. En effet, les formes flamme et cupule de ces instruments seront parfaitement adaptées à cette zone, afin de la polir le plus efficacement possible.

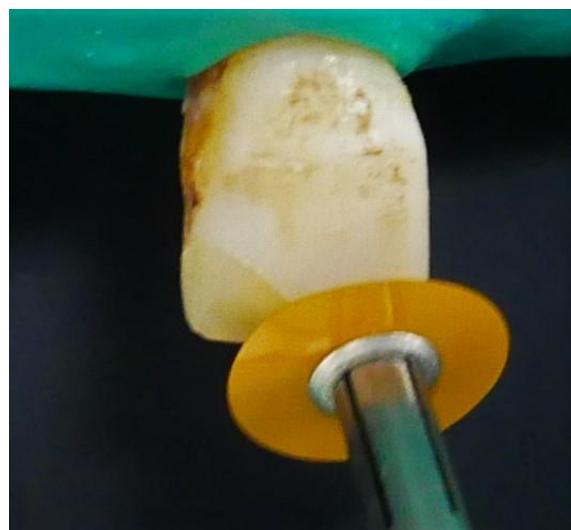


Figure 20 : Polissage à l'aide d'un disque abrasif d'une restauration sur une incisive centrale.

Comme pour l'étape de finition, le polissage devra être réalisé sous spray, en respectant les contours de forme de la restauration. Après cela, la rugosité finale du composite sera cette fois dans des valeurs convenables, et donc en accord avec l'environnement buccal.

Il ne restera plus qu'une étape à réaliser, pour améliorer encore l'aspect esthétique, en obtenant un effet miroir, pour se rapprocher de l'aspect visuel d'une vraie dent. Pour cela, on utilisera une pâte de polissage, soit composée de grains de diamant soit d'aluminium d'oxyde, qu'on appliquera à l'aide d'une brossette, généralement en poil de chèvre pour un meilleur résultat.

L'avantage de cet instrument est qu'il pourra être appliqué sur toutes les surfaces, permettant de polir de manière uniforme toute la restauration. Le but sera de le passer sur tout le composite, afin d'éliminer toutes les aspérités résiduelles qu'on aura créées lors de précédentes étapes.

Bien entendu, pendant et à la fin de notre polissage, on s'aidera de papier articulé afin de s'assurer de l'absence de sur-occlusion. Pour ce qui est de l'état de surface, notre seul indicateur sera la sensation du patient lors du passage de la langue sur la dent.

Ainsi, à la fin de toutes ces étapes, nous nous retrouvons avec une restauration d'une dent antérieure dont l'état de surface sera proche des dents naturelles, et surtout dans des valeurs de rugosité proche de $0,2\mu\text{m}$, lui assurant ainsi une pérennité, en évitant les colorations et les gênes pour le patient. De plus, ce composite, grâce à toutes ces étapes de polissage, aura un très bon rendu esthétique, lui permettant de parfaitement s'intégrer au sourire du patient, en ayant un rendu le plus proche possible des dents adjacentes. (Figure 21)

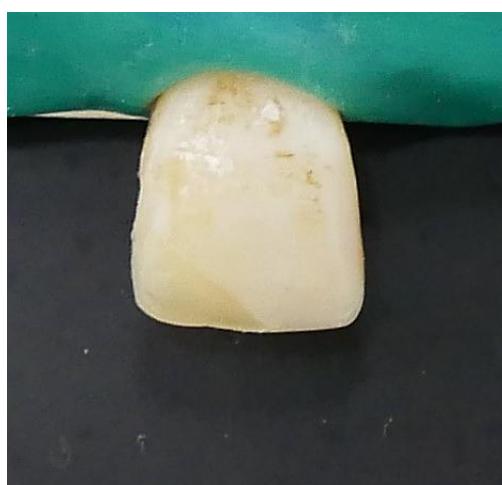


Figure 21 : Restauration composite d'une incisive centrale après polissage.

2. Polissage d'une restauration postérieure

Pour une restauration postérieure, les étapes de mise en place de la résine composite seront dans un premier temps similaire à ce que nous avons vu précédemment :



Figure 22 : Molaire maxillaire après débridement et réalisation cavité.

- Réalisation de la cavité, débridement carie avec éviction totale du tissu carieux, (Figure 22)
- Préparation cavité au collage : mordançage à l'acide orthophosphorique pendant 30s (émail) ou 15s (dentine), rinçage abondant, puis séchage léger,
- Mise en place de l'adhésif (MR3 de préférence) sur toutes les faces concernées, séchage important pour imprégner, et polymérisation de chaque face (30s),
- Apport du composite, que l'on aura choisi selon la restauration, par couches successives de 2 mm d'épaisseur maximum. Polymériser à chaque apport pour polymérisation plus efficace et uniforme,

- A ce moment-là, il ne sera pas question d'utiliser une matrice celluloïde, dont l'utilisation n'est possible qu'en antérieur. Si notre restauration concerne une face proximale, alors on utilisera une matrice métallique, que l'on viendra ajuster à l'aide d'un crampon sur la dent, avec l'utilisation également d'un coin de bois pour ménager l'espace. Ainsi cela permettra de recréer un point de contact fiable, évitant tout problème de sur ou sous contact, entraînant plus tard des problèmes de gencive et d'infiltration de la restauration,
- Pour la face occlusale, les reliefs à respecter seront nombreux et importants pour une bonne adaptation. Ainsi les apports devront se faire successivement, pan par pan pour recréer naturellement les cuspides et les sillons, sans avoir à les tracer par la suite à la fraise.
- On finira là encore par une polymérisation finale.



Figure 23 : Restauration composite d'une molaire maxillaire, juste après sa polymérisation.

Ainsi, à la fin de ces étapes, notre dent doit être le plus proche possible de l'anatomie dentaire souhaitée (Figure 23).

Nous allons désormais passer à l'étape de **Finition**, qui comportera quelques différences avec celle vue précédemment :

Comme pour une restauration antérieure, nous utiliserons des fraises multilames. Les formes utilisées dépendront de la face à finir :

- Pour les faces proximale, vestibulaire et linguale/palatine, une forme cylindro-conique sera privilégiée pour le tiers occlusal, et une forme flamme pour la zone cervicale, afin de pouvoir descendre jusqu'au sulcus sans traumatiser ce dernier.
- Ensuite, la face occlusale sera le plus gros travail pour ce type de restauration. En effet, les reliefs variés et l'occlusion précise à ce niveau-là rendront cette étape extrêmement importante. La moindre imperfection sera ressentie par le patient, c'est pourquoi il faudra parfaitement suivre le contour de chaque relief, afin de rendre au patient une occlusion convenable. Les formes ovoïde et flamme courte seront adaptées à cette face, permettant de respecter l'anatomie sans abîmer le reste de la restauration. (Figure 24)



Figure 24 : Finition d'une restauration d'une molaire maxillaire à l'aide d'une fraise multilames.

Encore une fois, les recommandations pour le praticien seront les mêmes, à savoir un geste continu et toujours dans le même axe, et l'utilisation du spray.

La forme finale devra être satisfaisante, mais le plus important ici sera d'avoir une occlusion convenant au patient et n'ayant pas de sur ou sous-occlusion. Etant sur des dents très sollicitées au moment de la mastication, la moindre imperfection sera très gênante pour le patient. (Figure 25)



Figure 25 : Restauration d'une molaire maxillaire après l'étape de finition.

L'état de surface, bien que visuellement correct, ne sera, là encore, pas suffisant en rapport aux valeurs seuils ($0,3\mu\text{m}$ pour la détection de la langue, $0,2\mu\text{m}$ pour la valeur maximale acceptée pour éviter les colorations). Ce sera l'étape de polissage qui permettra d'atteindre des valeurs inférieures, avec l'utilisation d'instruments moins abrasifs, ne permettant pas de modifier la forme mais simplement d'améliorer l'état de surface.

➤ Nous allons ainsi décrire cette étape de **Polissage** :

Elle aura toujours le même but, mais les instruments utilisés pourront varier avec les spécificités anatomiques :

- Pour les faces proximale, vestibulaire et linguale/palatine, on pourra utiliser les disques abrasifs, mais l'accès à ces dents postérieures avec ces instruments pourra être compliqué. Ils seront pratiques pour polir les points de contact grâce à leur finesse, leur permettant d'être utilisés à ce niveau-là sans changer la forme de ce point de contact. Pour le reste des faces, l'utilisation d'embouts en silicone, avec une forme flamme, permettra un accès facilité et une efficacité de polissage.
- Pour la face occlusale, on ne pourra pas utiliser de disques abrasifs, qui ne pourront suivre les reliefs marqués de cette face. Des embouts en silicone, de forme flamme, seront donc privilégiés pour un accès à toute la surface à polir. On pourra ainsi suivre la forme des cuspides, tout en ayant accès aux sillons. (Figure 26)



Figure 26 : Polissage à l'aide d'un embout en silicone d'une restauration sur une molaire maxillaire.

Ainsi, après ce polissage, on obtient une rugosité dont la valeur se rapproche des seuils acceptables. Cependant, selon l'anfractuosité des sillons, on pourra avoir du mal à être totalement efficace à ce niveau-là. On aura donc le besoin d'utiliser les pates de polissage avec des brossettes en poil de chèvre. Leurs poils pourront ainsi accéder aux zones les plus difficiles d'accès, et ainsi éliminer les dernières impuretés restantes. (Figure 27)

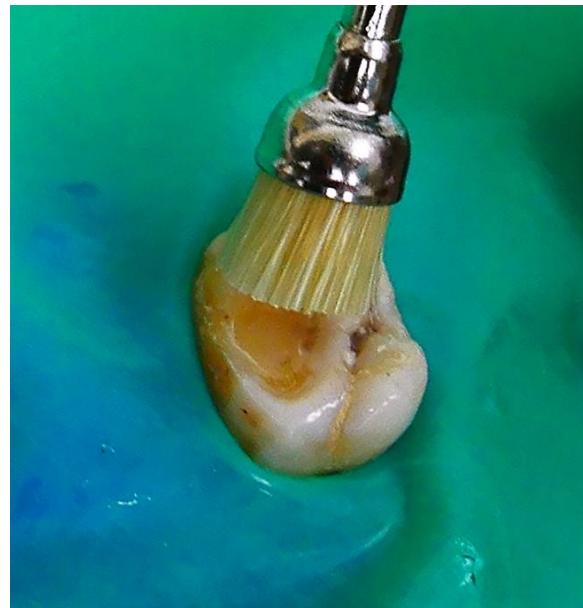


Figure 27 : Polissage à l'aide d'une brossette d'une restauration sur une molaire maxillaire.

L'utilisation de papier d'occlusion sera indispensable pour vérifier qu'il n'y a pas de sur-occlusion gênant le patient, auquel cas une retouche sera indispensable.

La finalité de cette étape sera l'obtention d'une restauration fidèle à la dent initiale au niveau esthétique, mais aussi et surtout au niveau de l'occlusion. Le patient ne devra ressentir aucune gêne, et les imperfections devront être corrigées, sous peine de rugosités résiduelles, pouvant entraîner la rétention de plaque et donc une reprise de carie. (Figure 28)



Figure 28 : Restauration composite d'une molaire maxillaire après polissage.

B. Maintenance

A la suite de la mise en place du composite et de son polissage définitif, le praticien devra avoir une attention toute particulière à la surveillance et à la maintenance de sa restauration, et ce même s'il a parfaitement respecté le protocole de mise en œuvre.

Cette maintenance commencera par une explication au patient des recommandations d'hygiène et de l'importance de rendez-vous réguliers pour surveiller la tenue de la restauration.

En effet, il faudra expliquer au patient l'importance d'un brossage rigoureux et régulier, ainsi que des conseils alimentaires pour éviter les risques de reprise de caries. De plus, il faudra informer le patient du risque de coloration, accentué par certains aliments (café, thé...), pouvant rendre la restauration inesthétique.

Ce risque de coloration dépendra en premier lieu de la qualité du polissage du praticien et du respect du protocole énoncé précédemment, car un bon polissage diminue la rugosité du matériau et donc le risque de coloration par la suite.

Le second point qui influencera cette coloration sera l'alimentation. De nombreuses études ont mis en évidence l'action de certaines substances sur les restaurations composites, que ce soit au niveau de la rugosité ou de la coloration.

L'étude de R. Veena Kumari et al. a mis en évidence les effets du Coca Cola, du café, du thé et du curcuma sur des composites (39). Ils ont ainsi démontré que le Coca Cola était la substance provoquant la dégradation de surface la plus accrue, et donc une rugosité marquée. Cette rugosité engendrera une rétention de la plaque et des pigments colorants des aliments, entraînant ainsi une coloration de la restauration. Le café et le thé, dans une moindre mesure, provoquent également une légère rugosité de surface.

Cette même étude démontre ensuite le pouvoir colorant de ces produits. Le curcuma présente ainsi le plus haut pouvoir colorant, loin devant le café et le thé. D'autres études viennent confirmer ce pouvoir colorant du thé et du café. Cet effet est accentué si l'on ajoute du lait ou du sucre à la boisson (40)(41).

En revanche, on peut noter le fait que la coloration du composite diminue lorsqu'un polissage a été effectué, et d'autant plus si l'on a suivi la procédure « idéale » décrite plus haut.

Le rôle du chirurgien-dentiste sera donc de réaliser un polissage le plus efficace possible pour éviter la coloration, mais également détecter des habitudes alimentaires pouvant influencer l'aspect du composite, afin de prévenir le patient et l'encourager à éviter cela, ou à défaut, à atténuer les effets de ces aliments. Cela pourra se faire par un brossage régulier, et un verre d'eau après l'ingestion de l'aliment colorant pour diminuer le dépôt provoqué par ce dernier.

Ensuite, un contrôle tous les 6 mois à 1 an afin d'effectuer un détartrage ainsi qu'un polissage éventuel de la restauration en cas d'apparition d'aspérités.

Malgré toutes ces précautions, il se peut que la restauration vienne à se fracturer, partiellement ou entièrement. Dans ce cas, le praticien aura pour rôle de réparer cela, mais il aura plusieurs possibilités :

- Soit il décidera de conserver l'ancienne restauration et il viendra remplacer la partie manquante, auquel cas il devra procéder à une préparation de la surface afin d'avoir une adhérence du matériau. En effet, le composite étant ancien, la zone à l'air libre n'aura plus les propriétés pour se lier au nouvel incrément. Il faudra donc créer une rugosité de surface et utiliser un adhésif pour avoir un résultat satisfaisant. Pour cela, l'utilisation d'un acide fluorhydrique à 10% pour préparer la surface et augmenter la zone de collage, permet d'obtenir la meilleure rugosité de surface, notamment par rapport à un acide orthophosphorique à 37% (43). Ensuite, l'utilisation d'un adhésif sur cette surface, suivi d'un séchage et d'une polymérisation efficace permettra une liaison chimique améliorée entre l'ancien composite et le nouvel apport.
- Soit il préfèrera déposer toute la restauration et réaliser un nouvel apport complet pour coller sur une surface propre de dentine et/ou d'email. A ce moment-là, la procédure sera la même que celle détaillée dans la partie IV paragraphe A.

V. Synthèse

Au vu des demandes esthétiques croissantes des patients, mais également de l'interdiction d'utiliser des amalgames dentaires depuis le 1^{er} juillet 2018, les résines composites sont devenues les matériaux de choix dans le cadre de restaurations directes à la suite d'une perte de substance légère ou modérée, que ce soit en antérieur ou en postérieur.

En effet, elles présentent des propriétés esthétiques, mécaniques et physico-chimiques satisfaisantes et proches de celles d'une dent. De plus, avec la constante amélioration des composants de ces composites, et l'apport de la nanotechnologie, les propriétés ne font que progresser.

A l'heure actuelle, les composites nanohybrides sont ceux présentant les meilleures propriétés, mais conservant le défaut principal des résines composites : la rétraction de polymérisation. Celle-ci peut créer des hiatus entre la restauration et la dent, entraînant une fragilisation, des fractures, des colorations et des infiltrations. Pour diminuer ce phénomène,

Une fois ce composite mis en place et polymérisé, il faudra le polir pour obtenir un état de surface compatible avec l'environnement buccal. Pour cela, de nombreux instruments et techniques ont été décrites, et le chirurgien-dentiste peut avoir du mal à se retrouver parmi la multitude de protocoles décrits. Les tableaux qui suivent sont une synthèse des points importants, permettant ainsi de sortir un protocole clair pour un polissage optimal. (Tableau 3) (Tableau 4)

Recommandations	Intérêts
Utiliser une matrice celluloïde dès que cela est possible	L'état de surface après l'utilisation d'une matrice celluloïde sera extrêmement lisse
Eviter les résines composites contenant du TEGDMA dans leur matrice	Le TEGDMA contient un groupement éthoxy-hydrophile, favorisant l'absorption d'eau et donc de solutions colorantes
Utiliser un système de polissage multiple	Le passage de particules abrasives de taille décroissante favorise l'obtention d'une surface lisse
Réaliser la finition et le polissage immédiatement après la mise en place du composite	Le composite, dans les 2 mois qui suivent sa mise en place, va subir une expansion hygroscopique, qui pourra combler les défauts microscopiques d'adaptation marginale qu'aura entraîné le polissage
Toujours travailler sous spray refroidissant	Le travail à sec va créer une chaleur excessive et ainsi entraîner une déformation plastique du matériau et donc des fissures à la surface

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des recommandations favorisant l'obtention d'un état de surface le plus lisse possible.

	Objectif	Instruments de choix	Etapes
Finition	Obtenir une forme finale qui soit anatomiquement et fonctionnellement semblable à la dent initiale	Fraises multilames en carbure de tungstène	Eliminer les excès de matériau en suivant les contours de la dent
Polissage	Obtenir une surface définitive polie, sans rayure visible, biologiquement compatible avec la bouche du patient	<ul style="list-style-type: none"> - Disques abrasifs - Embouts en silicone - Pâtes de polissage avec brossettes 	<ul style="list-style-type: none"> - Polir zones accessibles avec disques (vestibulaire, palatine et proximale) - Pour les zones plus difficiles d'accès (cingulum, face occlusale) - Eliminer impuretés restantes avec pâtes à polir sur brossettes

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des points clefs des étapes de finition et polissage.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 – Représentation schématique d'une résine composite. <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 2
Figure 2 – Frise chronologique d'apparition des résines composites. <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 6
Figure 3 – Photographie de résines composites usées. <i>Image tirée sur site sop.asso.fr</i>	Page 14
Figure 4 – Concept du « Two-body wear ». <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 17
Figure 5 – Concept du « Three-body wear ». <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 17
Figure 6 – Influence de la taille des particules abrasives. <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 19
Figure 7 – Influence de la forme des particules abrasives. <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 20
Figure 8 – Influence de la pression exercée lors de l'abrasion. <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 22
Figure 9a et 9b - Images de surface d'émail et de composite sans polissage, vue au MEB avec un grossissement de 3000 <i>Bansal K et al., 2019</i>	Page 26
Figure 10 - Image de surface de composite après polymérisation au travers d'une matrice celluloïde, vue au MEB avec un grossissement de 3000. <i>Bansal K et al., 2019</i>	Page 27
Figure 11 - Image de surface de composite après une finition à une fraise diamantée à grains de 20µm, vue au MEB avec un grossissement de 100. <i>Daud A et al, 2018</i>	Page 28
Figure 12 – Image de surface de composite après une finition à l'aide d'une fraise tungstène, vue au MEB avec un grossissement de 100. <i>Daud A et al, 2018</i>	Page 29
Figure 13 - Image de surface de composite après polissage à l'aide de disque abrasif, vue au MEB avec un grossissement de 3000. <i>Bansal K et al., 2019</i>	Page 30
Figure 14 - Image de surface de composite après polissage à l'aide du système Shofu, vue au MEB avec un grossissement de 3000. <i>Bansal K et al., 2019</i>	Page 31
Figure 15 - Image de surface de composite après polissage à l'aide du système Enhance PoGo, vue au MEB avec un grossissement de 100. <i>Daud A et al, 2018</i>	Page 31
Figure 16 - Incisive centrale après débridement carieux et réalisation cavité. <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 34
Figure 17 - Restauration composite d'une incisive centrale, juste après sa polymérisation. <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 35
Figure 18 - Finition à la fraise multilames d'une restauration composite sur une incisive centrale. <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 36
Figure 19 - Restauration d'une incisive centrale après l'étape de finition. <i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 36

Figure 20 - Polissage à l'aide d'un disque abrasif d'une restauration sur une incisive centrale.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 37
Figure 21 - Restauration composite d'une incisive centrale après polissage.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 38
Figure 22 - Molaire maxillaire après débridement et réalisation cavité.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 39
Figure 23 - Restauration composite d'une molaire maxillaire, juste après sa polymérisation.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 40
Figure 24 - Finition d'une restauration d'une molaire maxillaire à l'aide d'une fraise multilames.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 41
Figure 25 - Restauration d'une molaire maxillaire après l'étape de finition.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 41
Figure 26 - Polissage à l'aide d'un embout en silicone d'une restauration sur une molaire maxillaire	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 42
Figure 27 – Polissage à l'aide d'une brosse d'une restauration sur une molaire maxillaire.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 43
Figure 28 - Restauration composite d'une molaire maxillaire après polissage.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 43

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Tableau comparatif simplifié des propriétés physiques et chimiques des composites.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 12
Tableau 2 – Classification relative des matériaux selon leur dureté sur l'échelle de Mohs.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 21
Tableau 3 – Tableau récapitulatif des recommandations favorisant l'obtention d'un état de surface le plus lisse possible	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 46
Tableau 4 – Tableau récapitulatif des points clefs des étapes de finition et polissage.	<i>Girardet Baptiste, 2020</i>	Page 46

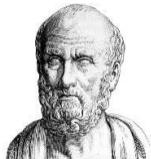
BIBLIOGRAPHIE

1. Vevren J, Raskin A, Sabbagh J, Vermeersch G, Leloup G. Résines composites. EMC, Odontologie (23-065, E-10) 2005, Medecine Buccale, (28-210, U-10) 2008.
2. Denis M, Attal JP. Dentisterie restauratrice adhésive : comment choisir son composite ?. Les entretiens d'odontologie-stomatologie. 2013;1-6.
3. Giraud T, Ramel C, Raskin A. Les résines composites. Partie 2- Classification. BMC. 2019;4(1):10-29.
4. Ndinkabandi M. Procédures de finition et de polissage des matériaux composites utilisés en technique directe : revue systématique de la littérature. Thèse de Chirurgie-dentaire. Université de Bordeaux. 2017:79p.
5. Chaput F, Faure A-C. Composites dentaires. Techniques de l'Ingenieur. 2019:41p.
6. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dent Mater. 1997;13:258-269.
7. Berthault GN, Durand AL, Lasfargues JJ, Decup F. Les nouveaux composites : évaluation et intérêts cliniques pour les restaurations en technique directe. Rev Odont Stomat 2008;37:177-197.
8. Millet P, Weiss P. Propriétés physiques des matériaux dentaires, Société Francophone de Biomatériaux Dentaires. 2009:22p.
9. Martin N, Jedynakiewicz NM, Fisher AC. Hygroscopic expansion and solubility of composite restoratives. Dent Mater. 2003;19:77–76.
10. Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Study of water sorption, solubility and modulus of elasticity of light-cured dimethacrylatebased dental resins. Biomaterials. 2003;24(4):655–665.
11. Gonçalves L, Noronha JD, Filho, Guimarães JGA, Poskus LT, Silva EM. Solubility, salivary sorption and degree of conversion of dimethacrylate-based polymeric matrices. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials. 2007;85B(2):320-325.
12. Al-Shekhl AAR, Aubi IA. Solubility of Nanofilled versus conventional composites. Pakistan xOral & Dental Journal. 2014;34(1):118-121.

13. Da Silva EM, Almeida GS, Poskus LT, Guimarães JG. Relationship between the degree of conversion, solubility and salivary sorption of a hybrid and a nanofilled resin composite. *J Appl Oral Sci.* 2008;16(2):161-166.
14. McCabe JF, Molyvda S, Rolland SL, Rusby S, Carrick TE. Two- and three-body wear of dental restorative materials. *Int Dent J.* 2002;52:406–416.
15. Lee A, He LH, Lyons K, Swain MV. Tooth wear and wear investigations in dentistry. *Journal of Oral Rehabilitation.* 2012;39(3):217-25.
16. Oliveira GU, Mondelli RF, Charantola Rodrigues M, Franco EB, Ishikirama SK, Wang L. Impact of filler size and distribution on roughness and wear of composite resin after simulated toothbrushing. *J Appl Oral Sci.* 2012;20(5):510–516.
17. Bayne SC, Taylor DF, Heymann HO. Protection hypothesis for composite wear. *Dent Mater.* 1992;8:305–309.
18. Turssi CP, Ferracane JL, Vogel K. Filler features and their effects on wear and degree of conversion of particulate dental resin composites. *Biomaterials.* 2005;26:4932-4937.
19. Nihei T, Dabanoglu A, Teranaka T, Kurata S, Ohashi K, Kondo Y. Three-body-wear resistance of the experimental composites containing filler treated with hydrophobic silane coupling agents. *Dent Mater.* 2008;24:760–764.
20. Manhart J, Kunzelmann KH, Chen HY, Hickel R. Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins. *Dent Mater.* 2000;16:33–40.
21. Sekiya K, Okamoto A, Fukushima M, Iwaku M. In vivo wear pattern of experimental composite resins containing different filler components. *Dent Mater J.* 1994;13:36–46.
22. Krejci I, Albert P, Lutz F. The influence of antagonist standardization on wear. *J Dent Res.* 1999;78:713–719.
23. Lawson NC, Cakir D, Beck P, Litaker MS, Burgess JO. Characterization of third-body media particles and their effect on in vitro composite wear. *Dent Mater.* 2012;28:118–126.
24. O'Brien WJ, Ryge G. *Les matériaux dentaires: précis et guide de choix* Saint-Jean-sur-Richelieu Québec; Ed. Préfontaines inc. 1982:504p.
25. Anusavice KJ. Finishing and polishing materials In: Phillip's science of dental materials 11thed. Philadelphia: W.B. Saunders. 2003:351-377.
26. Ferracane JL. Materials in dentistry: Principles and Applications Philadelphia; JB Lippincott Company. 1995:360p.

27. Lasfargues JJ, Colon P. Odontologie conservatrice et restauratrice. Tome 1 : une approche médicale globale. 2009:480p.
28. Pettini F, Corsalini M, Savino MG, Stefanachi G, Di Venere D, Pappalettere C, et al. Roughness Analysis on Composite Materials (Microfilled, Nanofilled and Silorane) After Different Finishing and Polishing Procedures. *Open Dent J.* 2015;26(9):357-367.
29. Endo T, Finger WJ, Kanehira M, Utterodt A, Komatsu M. Surface texture and roughness of polished nanofill and nanohybrid resin composites. *Dent Mater J.* 2010;29:213-223.
30. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater.* 1997;13(4):258-269.
31. Bansal K, Gupta S, Nikhil V, Jaiswal S, Jain A, Aggarwal N. Effect of Different Finishing and Polishing Systems on the Surface Roughness of Resin Composite and Enamel: An In vitro Profilometric and Scanning Electron Microscopy Study. *Int J Appl. Basic Med Res.* 2019;9(3):154–158.
32. Daud A, Gray G, Lynch CD, Wilson NHF, Blum IR. A randomised controlled study on the use of finishing and polishing systems on different resin composites using 3D contact optical profilometry and scanning electron microscopy. *J Dent.* 2018;71:25-30.
33. Reis AF, Giannini M, Lovadino JR, Ambrosano GM. Effects of various finishing systems on the surface roughness and staining susceptibility of packable composite resins. *Dent Mater.* 2003;19(1):12-18.
34. Peumans M, Kanumilli P, De Munck J, Van Landuyt K, Lambrechts P, Van Meerbeek B. Clinical effectiveness of contemporary adhesives: A systematic review of current clinical trials. *Dental Materials.* 2005;21:864-881.
35. Alawjali SS, Lui JL. Effect of one-step polishing system on the color stability of nanocomposites. *J Dent.* 2013;41(3):53-61.
36. Yap AU, Ang HQ, Chong KC. Influence of finishing time on marginal sealing ability of new generation composite bonding systems. *J Oral Rehabil.* 1998;25:871–876.

37. Jung M, Eichelberger K, Klimek J. Surface geometry of four nanofiller and one hybrid composite after One-step and multiple-step polishing. *Operative dentistry*. 2007;32(4):347-355.
38. Kameddi RR, Penumatsa NV, Priya T, Baroudi K. The influence of finishing/polishing time and cooling system on surface roughness and microhardness of two different types of composite resin restorations. *J Int Soc Prevent Community Dent*. 2014;4(2):99–104.
39. Kumari RV, Nagaraj H, Siddaraju K, Poluri RK. Evaluation of the Effect of Surface Polishing, Oral Beverages and Food Colorants on Color Stability and Surface Roughness of Nanocomposite Resins. *J Int Oral Health*. 2015;7(7):63-70.
40. Assaf C, Samra PA, Nahas P. Discoloration of Resin Composites Induced by Coffee and Tomato Sauce and Subjected to Surface Polishing: An In Vitro Study. *Med Sci Monit Basic Res*. 2020;26:e923279-1-e923279-7.
41. Malek Afzali B, Ghasemi A, Mirani A, Abdolazimi Z, Akbarzade Baghban A, Kharazifard MJ. Effect of Ingested Liquids on Color Change of Composite Resins. *J Dent (Tehran)*. 2015;12(8):577-584.
42. Tavangar M, Bagheri R, Kwon T, Mese A, Manton DJ. Influence of beverages and surface roughness on the color change of resin composites. *Journal of Investigative & Clinical Dentistry*. 2018;9(3):e12333.
43. Ayar MK, Guven ME, Burduroglu HD, Erdemir F. Repair of aged bulk-fill composite with posterior composite: Effect of different surface treatments. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2019;31(3):246-252.



SERMENT MEDICAL

En présence des Maîtres de cette Faculté, de mes chers condisciples, devant l'effigie d'HIPPOCRATE.

Je promets et je jure, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine Dentaire.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail, je ne participerai à aucun partage clandestin d'honoraires.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des considérations de religion, de nation, de race, de parti ou de classe sociale viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Même sous la menace, je n'admettrai pas de faire usage de mes connaissances médicales contre les lois de l'humanité.

J'informerais mes patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des connaissances pour forcer les consciences.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

Respectueux et reconnaissant envers mes Maîtres, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leur père.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois déshonoré et méprisé de mes confrères si j'y manque.

GIRARDET Baptiste – Polissage des résines composites en technique directe

Th. : Chir. dent. : Marseille : Aix –Marseille Université : 2020

Rubrique de classement : Odontologie conservatrice

Résumé :

Avec l'évolution de leur composition et de leurs propriétés, les résines composites sont devenues les matériaux de choix pour les chirurgiens-dentistes dans le cadre de restauration directe.

Le protocole pour leur mise en place a été l'objet de nombreuses études, aboutissant à une séquence type, permettant d'optimiser la pérennité et les propriétés de ces résines.

À la suite de cela, une mise en forme, appelée finition, et un polissage de la restauration seront indispensables. Mais, à l'inverse de la mise en place, les protocoles de ces deux étapes varient selon les habitudes du praticien et des instruments à sa disposition, et peu d'études ont réellement sorti une séquence type, aboutissant à un polissage optimal. Cela alors qu'un polissage insuffisant amènera à un état de surface rugueux, entraînant de nombreuses conséquences néfastes pour le patient.

L'objectif de cette thèse sera ainsi de comparer l'effet sur les composites de divers instruments, et d'en sortir une séquence type permettant d'obtenir un état de surface le plus lisse possible, et donc d'optimiser l'intégration de la restauration dans l'environnement buccal.

Mots clés : Restauration directe, résine composite, finition, polissage, état de surface, abrasion.

GIRARDET Baptiste – Polishing of composite resins in direct technique

Abstract:

With the evolution of their composition and properties, composite resins have become the materials of choice for dental surgeons for direct restoration. The protocol for their implementation has been the subject of numerous studies, resulting in a standard sequence, making it possible to optimize the durability and properties of these resins. Following this, shaping, called finishing, and polishing of the restoration will be essential. But, unlike placement, the protocols for these two steps vary depending on the practices of the practitioner and the instruments at his disposal, and few studies have actually produced a typical sequence, resulting in optimal polishing. This while insufficient polishing will lead to a rough surface condition, leading to many negative consequences for the patient. The objective of this thesis will thus be to compare the effect on the composites of various instruments, and to come up with a standard sequence allowing to obtain the smoothest possible surface finish, and therefore to optimize the integration of restoration in the oral environment.

Key words : Direct restoration, composite resin, finishing, polishing, surface finish, abrasion.