

UNIVERSITE DE NANTES
UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année 2022

N° 3787

**La place des préparations verticales dans l'activité
prothétique du cabinet dentaire**

THESE POUR LE DIPLOME D'ETAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*Présentée
et soutenue publiquement par*

MOREAU Louis

Le Lundi 14 Février 2022 devant le jury ci-dessous

Président du jury : Monsieur le Professeur Laurent LE GUEHENNEC

Assesseur : Monsieur le Docteur Pierre LE BARS et Monsieur le Docteur Louis-Emmanuel
SARKISSIAN

Membre invité : Monsieur le Docteur Edouard LANOISELEE

Directeur de thèse : Madame le Docteur Fabienne JORDANA

UNIVERSITE DE NANTESPrésident**Pr BERNAULT Carine**

UNIVERSITE DE NANTES

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIREDoyen**Pr SOUEIDAN Assem**Assesseurs

Dr GAUDIN Alexis

Pr LE GUEHENNEC Laurent

Pr LESCLOUS Philippe



Faculté de Chirurgie Dentaire

UNIVERSITE DE NANTES

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES
PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.**

Mme ALLIOT-LICHT Brigitte

M. AMOURIQ Yves

Mme CHAUX Anne-Gaëlle

M. LABOUX Olivier

Mme LOPEZ Serena

Mme PEREZ Fabienne

M. WEISS Pierre

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

M. BOULER Jean-Michel

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme VINATIER Claire

PROFESSEURS EMERITES

M. GIUMELLI Bernard

M. JEAN Alain

ENSEIGNANTS ASSOCIES

M. GUIHARD Pierre (Professeur Associé)

M. BANDIAKY Octave (Assistant Associé)

Mme LOLAH Aoula (Assistant Associé)

**MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES
PRATICIENS HOSPITALIERS DES C.S.E.R.D.**

M. AMADOR DEL VALLE Gilles

Mme ARMENGOL Valérie

Mme BLERY Pauline

M. BODIC François

Mme CLOITRE Alexandra

Mme DAJEAN-TRUDAUD Sylvie

M. DENIS Frédéric

Mme ENKEL Bénédicte

M. HOORNAERT Alain

Mme HOUCHMAND-CUNY Madline

Mme JORDANA Fabienne

M. LE BARS Pierre

M. NIVET Marc-Henri

M. PRUD'HOMME Tony

Mme RENARD Emmanuelle

M. RENAUDIN Stéphane

M. STRUILLOU Xavier

M. VERNER Christian

**ASSISTANTS HOSPITALIERS UNIVERSITAIRES DES
C.S.E.R.D.**

M. ALLIOT Charles

Mme ARRONDEAU Mathilde

Mme CLOUET Roselyne

M. EVRARD Lucas

M. GUIAS Charles

M. GUILLEMIN Maxime

Mme HASCOET Emilie

Mme HEMMING Cécile

M. HIBON Charles

M. KERIBIN Pierre

Mme OYALLON Mathilde

Mme QUINSAT Victoire Eugenie

M. REMAUD Matthieu

M. RETHORE Gildas

M. SERISIER Samuel

Mme TISSERAND Lise

PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme DUPAS Cécile

Mme HYON Isabelle

Par délibération, en date du 6 décembre 1972, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'il n'entend leur donner aucune approbation, ni improbation

Remerciements

À Monsieur le Professeur LE GUEHENNEC Laurent

Professeur des Universités
Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Docteur de l'Université de Nantes
Habilité à Diriger les Recherches
Chef du Département de Prothèses

- NANTES -

*Pour m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse,
Je vous remercie pour votre sérieux et votre disponibilité durant la formation universitaire et
clinique,
Veuillez trouver ici l'expression de mes plus sincères remerciements.*

Remerciements

À Madame le Docteur JORDANA Fabienne

Maître de Conférences des Universités

Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires

Docteur de l'Université de Bordeaux

Habilité à Diriger les Recherches Département de Sciences Anatomiques et Physiologiques,
Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie.

- NANTES -

*Pour avoir été une directrice de thèse attentive et disponible,
Je ne vous remercierai jamais assez pour votre soutien durant la rédaction de cette thèse,
Veuillez trouver ici le témoignage de ma gratitude et de mes sentiments les plus sincères.*

Remerciements

À Monsieur le Docteur LE BARS Pierre

Maître de Conférences des Universités
Praticien Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Docteur de l'Université de Nantes
Département de Prothèses

- NANTES -

*Pour m'avoir fait l'honneur de participer au jury de cette thèse,
Pour la qualité de votre enseignement lors de ma formation universitaire et clinique, veuillez
trouver ici mes plus sincères remerciements.*

Remerciements

À Monsieur le Docteur SARKISSIAN Louis-Emmanuel

Praticien Hospitalier Attaché des Centres de Soins d'Enseignement et de Recherche Dentaires
Docteur de l'Université de Nantes
Département d'Odontologie Conservatrice

- NANTES -

*Pour m'avoir fait l'honneur de participer au jury de cette thèse,
Pour la qualité de votre enseignement lors de la formation universitaire et clinique, veuillez
trouver ici mes plus sincères remerciements.*

PLAN

1. Introduction	9
2. Protocole clinique	11
1. Grands principes	11
2. Étapes du cabinet	13
1/ Préparation dentaire	13
2/ Prise d’empreinte	16
3. Étapes de laboratoire	17
3. Préparations verticales VS Préparations horizontales	18
1. Critères biologiques	18
2. Critères esthétiques	20
3. Critères mécaniques	23
4. Indications	30
1. Les céramiques	30
1/ Disilicate de Lithium	30
2/ Zircone	31
3/ Disilicate de lithium VS Zircone	32
2. Enregistrement et fabrication	34
1/ Empreinte	34
2. Fabrication	37
5. Cas Cliniques	41
6. Conclusion	44

1. Introduction

Pour qu'une prothèse fixée soit jugée acceptable, cette dernière doit répondre à plusieurs critères, notamment des exigences mécaniques, biologiques et esthétiques. Ces derniers dépendent de plusieurs facteurs dont une principale, la ligne de finition, et sa position, c'est-à-dire la préparation marginale.

La position de cette limite peut être de différents types à savoir supra-gingivale, juxta-gingivale ou intra-sulculaire.

Une limite supra-gingivale présente plusieurs avantages comme une absence d'inflammation des tissus mous et une diminution de reprise carieuse qui sont facilitées par le contrôle de plaque et une préparation moins contraignante. Cependant elle n'est pas souvent recommandée notamment pour des raisons esthétiques ou mécaniques pour les dents ayant peu de rétention (1).

A contrario la limite intra-sulculaire permet une réhabilitation prothétique esthétique mais est plus néfaste pour les tissus mous, pouvant entraîner rétention de plaque, saignement au sondage et de possibles récessions en raison de l'irritation chronique quand elle est placée trop apicalement (1). Cependant, elle est de mise lorsque la couronne clinique présente peu de rétention.

La limite juxta-gingivale étant à mi-chemin présente des avantages et inconvénients des deux précédentes limites.

Le design de la ligne de finition est également important. Il peut être divisé en deux types ayant chacun un ou des sous types (Fig.1) à savoir :

- Préparation verticale => knife edge (en lame de couteau)
 - ⇒ feather edge (en tranchant de plume)
- Préparation horizontale => avec chanfrein
 - ⇒ avec épaulement

Les préparations verticales permettent une restauration prothétique et un joint de scellement plus fin et donc mieux accepté par les tissus parodontaux (moins de risques d'irritation). Cependant, cette petite épaisseur constitue également un désavantage puisque la prothèse est plus susceptible de se casser sous les forces occlusales. La limite de finition peut également être difficile à apprécier pour le prothésiste pouvant entraîner des défauts d'adaptation marginale (2).

Les préparations horizontales sont beaucoup moins conservatrices car nécessitent une préparation plus large ce qui peut engendrer à terme des irritations pulpaires ou des fractures. Elles ont également un joint de scellement plus épais pouvant être à l'origine d'irritation des tissus mous. Par contre la limite est facilement exploitable pour le prothésiste permettant une bonne adaptation marginale (ce qui diminue le risque d'inflammation du parodonte et donc de saignement et de récessions (3)) et l'épaisseur de la préparation accorde à la réhabilitation prothétique des caractéristiques mécaniques nécessaires à son bon maintien en bouche.

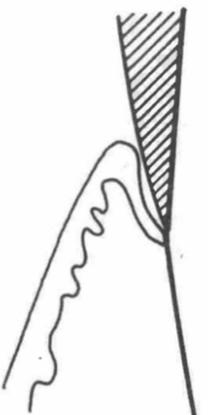
Verticale		Horizontale	
Knife-edge	Feather edge	Chamfer	Shoulder
			

Figure 1 : Les différentes lignes de finition (2)

De nos jours, les chirurgiens-dentistes s'efforcent, avec la micro-dentisterie, d'être le plus conservateur en essayant de respecter les règles du gradient thérapeutique. A cela s'ajoute une exigence toujours plus forte des patients notamment sur l'esthétique.

L'enjeu est de proposer une thérapeutique moins délabrante (préparation verticale) et répondant aux critères de réhabilitation des patients.

Nous allons donc voir qu'avec les avancées technologiques, notamment la conception et fabrication assistée par ordinateur, l'arrivée de nouvelles céramiques sur le marché ainsi qu'une nouvelle approche parodontale (BOPT (4)), il est possible de réaliser une reconstitution prothétique plus conservatrice et répondant aux critères mécaniques, biologiques et esthétiques.

2. Protocole clinique

1. Grands principes

Une préparation verticale peut être décomposée en deux parties puisqu'elle comprend une préparation des substrats dentaires et une préparation des tissus mous. La préparation verticale type feather edge et knife edge correspond à une limite très fine (2).

Cela permet une préservation des structures dentaires, engendre une ferrule (Fig.2) et confère un avantage biomécanique important (notamment pour les dents dépulpées).

De nombreuses études (5,6) ont confirmé que le maintien de la structure dentaire circulaire (ferrule) au niveau de la limite cervicale de la couronne est d'une importance capitale pour la survie à long terme de la dent dépulpée couronnée.

Grâce à la ferrule, la couronne prothétique et la racine dentaire fonctionnent comme un ensemble qui permet une transmission optimale des forces occlusales vers le parodonte (Fig. 2).

Sans ferrule, les forces occlusales sont directement transmises au faux-moignon et/ou au tenon ce qui augmente fortement le risque de fracture dentaire ou de descellement du tenon (7)(8).

Il est illusoire de penser qu'un tenon plus long ou plus large permette de se substituer à l'effet ferrule. Le problème n'est pas l'utilisation ou non d'un tenon : le problème est la présence ou non d'une ferrule cervicale.

La ferrule permet d'assurer la fameuse triade de Housset garante du succès prothétique :

- sustentation
- stabilisation
- rétention

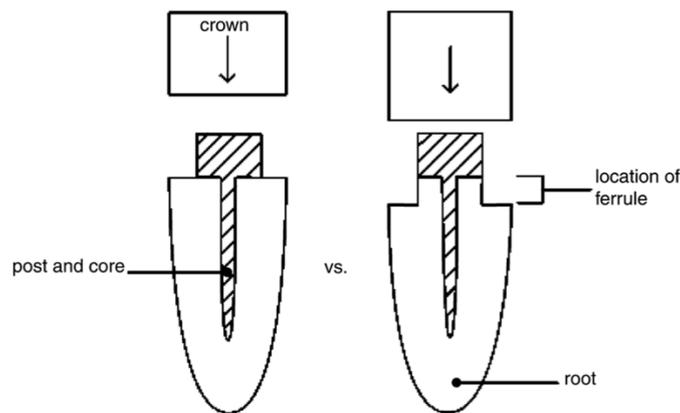


Figure 2 : Schématisation dent sans et avec ferrule (5)

Il est admis que pour avoir une ferrule optimale entraînant le minimum de risque d'échec thérapeutique, il faut que la structure dentaire au niveau cervical soit d'au moins 2mm de hauteur et d'1 mm d'épaisseur (9).

On comprend donc qu'une approche verticale, plus conservatrice, permettra d'obtenir plus facilement un maintien de cette ferrule même pour des dents délabrées (Fig. 3).

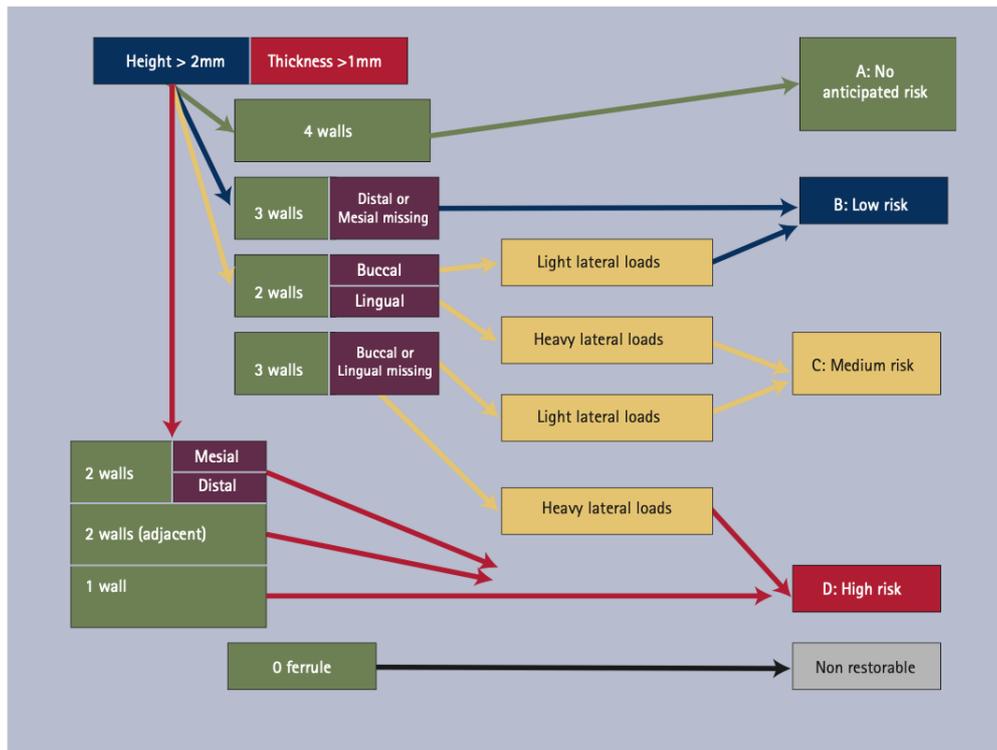


Figure 3 : Risque en fonction de la ferrule (9)

La préparation des tissus mous périphériques peut également être appelée gingivage ou BOPT. Un des problèmes majeurs autour des limites cervicales est l'instabilité des tissus mous se traduisant par des récessions en regard des dents porteuses de prothèses.

Ces récessions sont dues à plusieurs facteurs (1,3,10) :

- limite intra-sulculaire des préparations prothétiques
- traumatisme des tissus mous
- accès invasif aux limites lors de l'empreinte
- manque de lisibilité de la limite
- surcontour horizontal
- biotype gingival fin

L'apparition de ces récessions peut être considérée comme un échec thérapeutique.

Afin de minimiser ce problème, il peut être recommandé de faire un curetage gingival (ou gingivage). Ce dernier consiste en un curetage périphérique des tissus mous (à l'aide de fraises spécifiques) situés au niveau du sulcus et de l'effacement de la jonction émail/cément (offrant un nouveau profil d'émergence et permettant un remodelage des tissus mous) (4).

Le curetage engendre un caillot sanguin contenant des facteurs de croissances et des cytokines entraînant un processus cicatriciel, une réponse tissulaire favorable avec une légère augmentation d'épaisseur des tissus mous et l'apparition d'un nouvel épithélium de jonction (11)

Cependant, le gingivage devra se faire sur un parodonte préalablement assaini (si nécessaire). On comprend que sur un terrain de parodontite, la cicatrisation des tissus mous ne pourra se faire dans de bonnes conditions et son état pourrait même empirer par la pratique du gingivage. Il se fera de manière contrôlée dans le sulcus (à 0,5 - 1 mm de profondeur) et la moins traumatisante possible, sinon cela pourrait entraîner une violation de l'espace biologique, une réaction inflammatoire (par recrutement d'ostéoclastes) et donc l'apparition de récessions (12,13).

On fera également attention au biotype gingivale notamment les fins qui sont plus sujet aux récessions.

Pour résumer, le gingitage associé à la préparation verticale a plusieurs avantages cliniques (4) comme :

- la possibilité de moduler le profil d'émergence afin de créer une architecture gingivale optimale
- la meilleure préservation des structures dentaires
- la facilité et la rapidité d'exécution.

Il y a également des avantages biologiques (4) :

- l'augmentation de l'épaisseur gingivale
- la meilleure stabilité gingivale

Il doit cependant être réalisé en respectant les indications et protocole décrit.

Grâce à ces principes il va donc être possible de placer notre limite de finition en intra-sulculaire sans que cela ne soit délétère aux tissus mous mais également de garantir une résistance biomécanique de l'ensemble dent/couronne tout en étant plus conservateur.

Nous allons maintenant voir les différentes étapes cliniques permettant la préparation et l'enregistrement de la dent ainsi que des tissus mous. Ces étapes se déroulent au fauteuil dans un cabinet dentaire.

2. Étapes du cabinet

1/ Préparation dentaire

Une préparation verticale nécessite une instrumentation spécifique et plus précisément des fraises spécifiques.

Il existe deux écoles divergentes concernant les fraises à utiliser. L'approche BOPT de LOI utilise une fraise flamme (4) tandis que l'approche *Tomorrow tooth* utilise des fraises cylindriques à conicité légère et bout mousse (*batt burs*, initialement utilisé en endodontie pour les cavités d'accès) (14).

Le problème de la fraise flamme est que le design de la fraise entraîne une préparation chanfreinée et donc il faudra l'angler pour obtenir une paroi verticale. Il y a donc un risque de laisser des contre-dépouilles et une mauvaise localisation de la limite (15).

Les *batt burs* offrent, par leur design, une approche conservatrice, une réduction optimale sans angulation du pilier et permet d'éviter les contre-dépouilles (paroi verticale sans changer orientation). De plus, leur bout mousse étant non coupant, cela diminue le risque de dilacération du tissu conjonctif et les saignements.

La pénétration contrôlée est permise grâce à un marquage laser à 1 mm du bout de la fraise.

Hormis ces deux types de fraises, l'instrumentation classique pour préparation dentaire horizontale est utilisée à savoir une fraise diamantée cylindrique à bout plat, une fraise diamantée type olive et des fraises de polissage (Fig. 4).

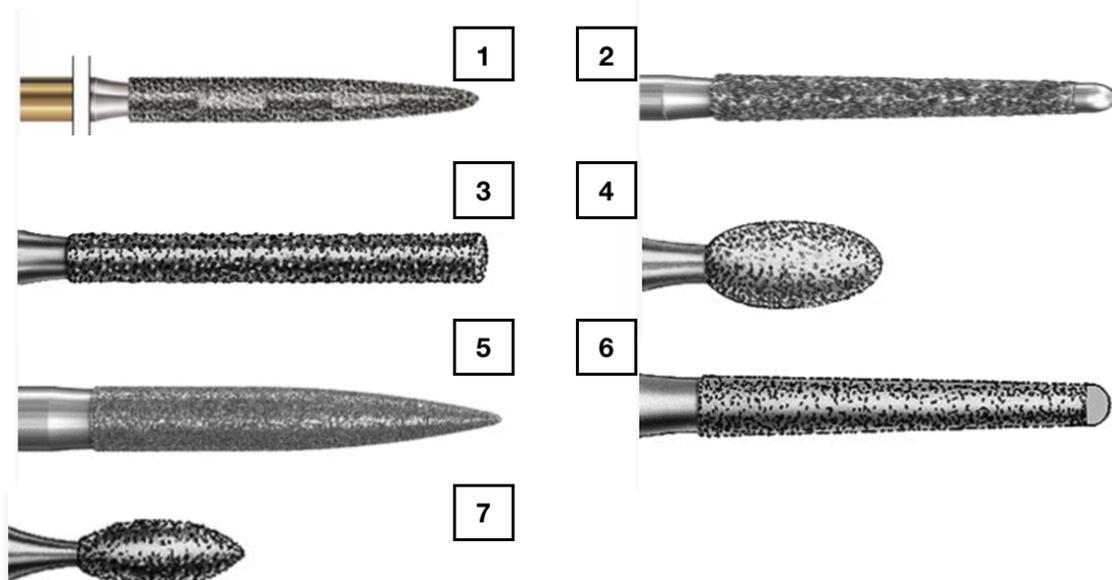


Figure 4 : Les différentes fraises utilisées dans l'ordre 1/ fraise flamme, 2/ fraise conique bout mousse, 3/ fraise cylindrique à bout plat, 4/ fraise olive, 5/ fraise flamme polissage, 6/ fraise conique bout mousse polissage, 7/ fraise olive polissage (16)

Afin de visualiser le protocole de préparation verticale, on peut se servir du protocole suivant (17).

Dans le cas d'une dent non taillée, la préparation commence par l'ouverture des points de contact grâce à la fraise flamme. Ensuite, il faudra faire des stries de pénétration au niveau occlusal afin de contrôler l'épaisseur prothétique. La réduction dépendra du matériau et de la couronne choisies. Les stries seront réunies grâce à l'utilisation de la fraise olive.

L'étape suivante consiste à mettre de dépouille les faces vestibulaires et linguales/palatines.

Ensuite, le praticien va se servir soit de la fraise flamme, soit de la fraise conique à bout mousse et faire la préparation verticale périphérique (fraise bout mousse ici). Le principe de la préparation verticale est de laisser une trace autour de la dent qui servira de limite pour la prothèse. On va donc passer dans le sulcus tout autour et réaliser en même temps le gingitage et la préparation périphérique (4). On voit bien dans cette vidéo le saignement qui a lieu lors de la préparation.

On fera bien attention à respecter les épaisseurs des matériaux sur les faces occlusales ou proximales. Cependant, on pourra descendre à des épaisseurs beaucoup plus petites au niveau cervical.

Il ne faudra pas oublier d'éliminer les angles vifs (zones de stress lors de la répartition des forces) et de polir la préparation avant la prise d'empreintes.

Dans le cas d'une dent déjà préparée, il suffira juste de venir effacer le congé initial en passant la fraise flamme ou à bout mousse dans le sulcus (18).

Cela permet d'éviter une nouvelle préparation et est moins délétère pour l'organe dentaire (Fig. 5).

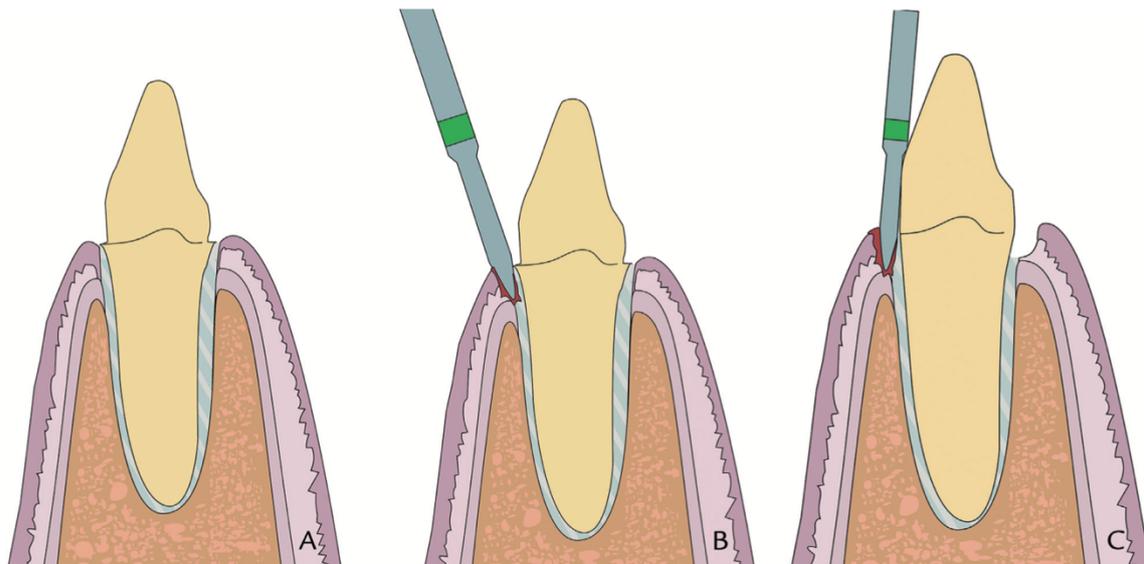


Figure 5 : Schéma de la préparation verticale d'une dent déjà taillée (19)

Une fois la préparation terminée, la couronne provisoire va pouvoir être posée. Cette dernière va permettre de temporiser permettant la cicatrisation des tissus mous adjacents.

Plusieurs solutions s'offrent alors à nous à savoir l'utilisation d'une coque, d'une clé ou d'un wax-up, mais la finalité sera la même.

Prenons l'exemple du wax-up. La limite de la couronne transitoire aura été fixée à 1 mm de profondeur dans le sulcus. Le praticien prend une empreinte du wax-up que l'on remplit ensuite de résine et que l'on vient positionner en bouche. Une partie du produit aura alors fondu dans le sulcus et l'autre partie sur le versant extérieur de la gencive libre (Fig. 6a).

L'espace entre ces deux parties (Fig. 6b), qui correspond au profil gingival, va être épaissi avec de la résine ou du composite fluide permettant d'éviter la casse de la prothèse dans les parties fines mais également pour soutenir les tissus mous lors de la phase de cicatrisation et permettre leur adaptation au nouveau profil d'émergence (Fig. 6c et d).

Une fois l'élimination des excès effectuée, on aura donc un nouveau profil d'émergence et l'apparition d'un nouvel épithélium de jonction lors de la mise en bouche (Fig. 6e et f).

L'étape de prothèse transitoire permet donc la cicatrisation des tissus mous et prépare leur adaptation en vue de la future couronne (Fig. 6g et h).

On veillera à bien éliminer le surplus de ciment qui aura fondu dans le sulcus afin d'éviter une irritation gingivale (4).

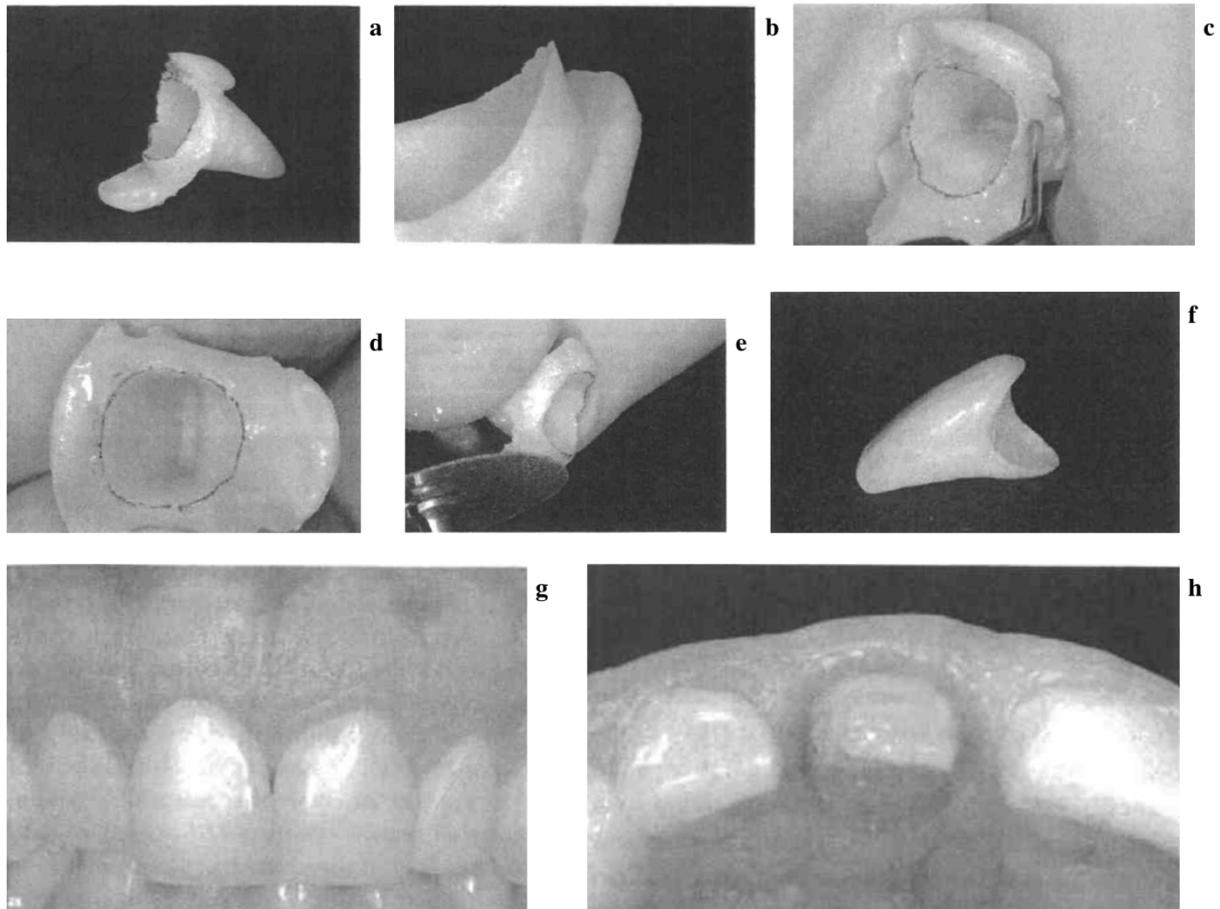


Figure 6 : Étapes de réalisation d'une couronne transitoire en préparation verticale (4)

2/ Prise d'empreinte

L'enregistrement de la situation en bouche peut être fait de manière physique, virtuelle ou une combinaison des deux (prise d'empreinte physique et conception assistée par ordinateur).

La plus couramment utilisée se fait de manière physique grâce à produit d'impression type polyether ou polyvinylsiloxane. Dans cette méthode, on utilisera une technique de double mélange (en utilisant un produit light et un lourd) de façon à bien enregistrer le sulcus (Fig. 7). Afin de limiter les saignements et de faciliter l'accès à la limite, des cordonnets de rétractions sont utilisés (20).

Cette méthode est aujourd'hui considérée comme le gold standard pour l'enregistrement de ce type de préparation (21).

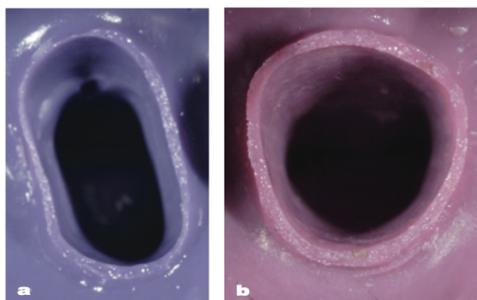


Figure 7 : Empreintes réalisées sur dents préparées verticalement (22)

Grâce aux avancées technologiques, il existe maintenant un autre moyen d'enregistrer la situation en bouche, en utilisant des caméras optiques. Ces caméras permettent d'obtenir une empreinte virtuelle qui sera ensuite envoyée au prothésiste via un ordinateur.

Cependant, un mauvais accès aux limites, un saignement abondant ou la présence de salive peut donner une image erronée. On veillera donc à faire l’empreinte sous aspiration efficace et avec la possibilité de mettre du téflon dans le fond du sulcus afin de garantir une bonne acquisition de la limite (21).

Dans le cas de saignement ne cédant pas, on peut différer l’empreinte en remettant la couronne provisoire et en attendant une meilleure cicatrisation des tissus mous. Cela vaut pour l’empreinte analogique ou virtuelle.

Une fois la préparation faite et l’empreinte réalisée, c’est au prothésiste de concevoir la couronne. Si il dispose d’un CEREC le chirurgien dentiste peut réaliser lui-même la prothèse.

3. Étapes de laboratoire

Avant l’arrivée des caméras optiques et des imprimantes 3D, le prothésiste recevait une empreinte physique qu’il coulait afin d’obtenir un maître-modèle sur lequel il réalisait la couronne.

Depuis, le technicien de laboratoire a le choix puisqu’il lui est possible de remplacer ce modèle physique par un modèle virtuel. En effet, il peut choisir, à partir du modèle de la scanner pour en faire un modèle virtuel. Le dentiste peut également envoyer directement une empreinte virtuelle qu’il aura prise avec une caméra optique. Cela permet par ailleurs de diminuer les délais de fabrication puisqu’il n’y a pas besoin de transporteurs (23).

Lorsque l’acquisition de l’empreinte virtuelle est effectuée, le prothésiste va pouvoir alors s’aider d’ordinateur pour modéliser la couronne (Conception Assistée par Ordinateur CAO) et ensuite l’usiner (Fabrication Assistée par Ordinateur FAO).

La fabrication va être réalisée soit de manière additive (par stéréolithographie) soit de manière soustractive par fraisage d’un bloc de céramique par exemple (24).

L’avènement de la CAO et FAO a vraiment été une révolution puisqu’il a permis d’améliorer l’adaptation (en visualisant les défauts types comme les contre-dépouilles, le dentiste peut corriger sa préparation), la précision (possibilité de réaliser des couronnes avec des épaisseurs très fine) (25) mais également l’ergonomie (délais plus court, plus besoin de modèle physique).

3. Préparations verticales VS Préparations horizontales

Maintenant que nous avons vu le protocole des limites de finition type knife ou feather edge, associées au gingivage, nous allons nous intéresser aux différences entre les préparations verticales et horizontales.

Pour cela, nous allons nous baser sur différents critères à savoir biologiques, esthétiques et mécaniques.

1. Critères biologiques

Les critères biologiques correspondent à la stabilité des tissus de soutien de l'organe dentaire. Afin de les évaluer, nous allons regarder plusieurs éléments à savoir la rétention de plaque, la présence ou non de récession, le saignement au sondage et la profondeur de poche sur des dents préparées verticalement ou horizontalement.

Certaines études se sont intéressées à ces différentes caractéristiques biologiques. Nous allons résumer leurs résultats par des tableaux.

La première étude menée par *Paniz et al. (2016)* (26) est un essai clinique de douze mois comparant la réponse du parodonte sur des dents avec deux types de ligne de finition infra-gingival différentes. Le Groupe 1 correspond à la préparation Deep chamfer (= chamfrein profond) et le Groupe 2 à la préparation en Feather edge (= tranchant de plume)

Dans cet article, est mis en évidence une tendance à l'augmentation de l'indice de plaque (PI) et de l'indice gingival (GI) dans les deux groupes (Tableau 1). Cela peut s'expliquer simplement par la présence d'une restauration puisque cette dernière favorise, par l'existence de possible sur-contour ou de ciment de scellement, l'accumulation de plaque et donc l'inflammation.

La profondeur de poche en proximal a également tendance à augmenter au bout d'un certain temps, mais cela est davantage lié à la difficulté de nettoyage dans ces zones-là que le type de ligne de finition prothétique.

Le saignement au sondage est ici significativement plus élevé dans le Groupe 2 à douze mois que dans le Groupe 1. La difficulté de visualisation de la limite de préparation par le prothésiste, la création d'un nouveau profil d'émergence ou l'obligation d'épaississement de la base de la couronne peuvent expliquer ce phénomène.

A l'inverse, il y a significativement plus de récessions à douze mois dans le Groupe 1. On sait que la présence d'une couronne avec une limite infra-gingivale augmente la présence de récessions (1) or ici il semble ne pas y avoir plus de récessions pour le Groupe 2. Deux explications s'offrent donc à nous à savoir la limite de préparation ou le saignement au sondage (qui est un signe d'inflammation). L'inflammation plus importante sur les dents préparées en verticales masque la présence de récession car le volume gingival est plus important.

		Deep chamfer (Chamfrein profond) (Groupe 1)		Feather edge (tranchant de plume) (Groupe 2)	
		Base line	12 mois	Base line	12 mois
Plaque index (PI)		0	+	0	+
Gingival index (GI)		0	+	0	+
PPD	Mésial/Distal	0	+	0	+
	Facial	0	-	0	-
Saignement au sondage (BOP)		0	+ (*)	0	++ (*)
Récession gingivale		0	+ (*)	0	0

Tableau 1 : Résultats de l'étude de PANIZ et al. 2016 (26)

(*) = significativement différent entre les deux groupes au même temps

L'étude de *Paniz et al. (2020) (27)* s'intéresse à la stabilité parodontale de dents antérieures couronnées avec une limite de préparation infra-gingivale en feather edge associée au gingivage, et en chamfrein. Comme dans l'étude précédente, le Groupe 1 correspond à une préparation en chamfrein profond et le Groupe 2 en tranchant de plume (Tableau 2).

Ici, les conclusions sont assez similaires à l'article précédent à savoir une rétention de plaque et donc un BoP (= saignement au sondage) plus important pour le Groupe 2. Là encore la difficulté d'obtenir une limite de préparation clairement visible, la création d'un nouveau profil d'émergence et la rétention de plaque ou de ciment de scellement peuvent être mis en cause.

On remarque également un nombre plus élevé de récessions dans le Groupe 1. Le gingivage réalisé lors de la préparation verticale augmente l'épaisseur du parodonte et accroît sa stabilité (4). Cela peut donc expliquer la moindre apparition de récessions mais cela peut également provenir de l'inflammation gingivale (présence de plaque et de saignement) qui masquerait la présence de récessions.

Cette étude a également démontré une relation entre d'une part le genre masculin, le statut fumeur et l'apparition de récessions, et d'autre part le genre féminin et la présence de plaque.

		Chamfrein profond (Groupe 1)	Tranchant de plume (Groupe 2)
PPD	Site Interproximal	0	0
	Site Buccal	0	0
PI	Site Interproximal	0	0
	Site Buccal	0 (*)	+ (*)
Saignement au sondage (BoP)	Site Interproximal	0	0
	Site Buccal	0 (*)	+ (*)
Récession gingivale	Site Interproximal	+ (*)	0 (*)
	Site Buccal	+ (*)	0 (*)

Tableau 2 : Résultats de l'étude de PANIZ et al. 2020 (27)

(*) = significativement différent entre les deux groupes

L'étude de *Panadero et al. (2020) (28)* s'intéresse au comportement clinique de restaurations plurales postérieures préparées ou non verticalement (essai randomisé sur 5 ans représenté par le Tableau 3). On peut noter une différence significative concernant l'indice gingival (GI, inflammation) et la stabilité marginale (ou récession) entre les deux groupes. Ici cette différence peut s'expliquer par plusieurs éléments. Dans le groupe sans limite de finition le profil d'émergence de la dent est effacé et c'est au prothésiste de le recréer. Si la limite est bien visible et que le prothésiste est précis, alors la future couronne ne présentera pas ou peu de sur-contour ce qui diminue le risque de rétention de plaque ou de ciment et donc l'inflammation. Le curetage gingival permet quant à lui d'obtenir un parodonte plus épais, plus stable, réduisant l'apparition de récession (4). Là encore le respect des protocoles et la bonne communication entre praticien et prothésiste sont déterminants pour prédire le résultat clinique.

À cela s'ajoutent deux tendances sur la profondeur de poche et sur l'indice de plaque qui semblent être moins importants pour le groupe test (BOPT) sans que cela soit significativement différent. À noter que l'hygiène du patient joue un grand rôle dans l'apparition de ces deux derniers facteurs.

		Avec ligne de finition (Groupe contrôle)			BOPT (Groupe test)		
		T1	T3	T5	T1	T3	T5
Indice de plaque (PI) en %	Rien	40	42,1	42,1	65	75	65
	Léger	60	57,9	57,9	15	15	35
	Modéré	0	0	0	20	10	0
	Rien	60	31,6	31,6	75	75	70
	Léger	40 *	68,4 *	68,4 *	25 *	25 *	30 *

Inflammation gingivale (GI) en %	Modéré	0	0	0	0	0	0
Profondeur de poche en %	<3mm	80	73,1	73,7	100	95	90
	4-6mm	20	21	21	0	5	10
	7-9mm	0	5,3	5,3	0	0	0
Stabilité marginale (=récession) en %	No	45 *	10,5 *	10,5 *	100 *	100 *	100 *
	0,5 – 1mm	55 *	57,9 *	57,9 *	0 *	0 *	0 *
	1 – 2mm	0 *	31,6 *	31,6 *	0 *	0 *	0 *

Tableau 3 : Résultats de l'étude PANADERO et al. 2020 (28)

(*) = significativement différents pour le même temps entre les deux groupes

Ces différentes études n'arrivent pas toutes à la même conclusion. Les deux premières ont démontré une inflammation plus importante pour des prothèses préparées avec une ligne de finition horizontale plutôt que verticale, alors que la dernière a prouvé l'inverse.

Cependant, toutes convergent vers le même point concernant la présence de récessions suite à la réhabilitation prothétique et la préparation verticale. Elles semblent amener une plus grande stabilité marginale. Cela vaut pour les couronnes unitaires comme pour restaurations plurales type bridge.

Une ligne de finition verticale a donc toute sa place dans la stratégie thérapeutique proposée notamment dans les cas où le patient est sujet à des récessions.

Il faut quand même rappeler que l'éducation à l'hygiène orale du patient joue un rôle clé quelque soit le type de limite choisi.

Nous allons maintenant nous intéresser aux critères esthétiques.

2. Critères esthétiques

Pour qu'il y ait succès esthétique d'une restauration, il faut que cette dernière soit parfaitement intégrée à l'organe dentaire dans son ensemble (dent et tissus environnants).

Plusieurs caractéristiques entrent alors en jeu comme la position de la ligne de finition (à partir du moment où l'on choisit une limite infra-gingivale, on s'expose à une réaction du parodonte), le type de ligne, le passage par une phase temporaire (la prise d'empreintes est simplifiée quand les tissus mous ont bien cicatrisé), la technique d'enregistrement ou bien le matériau choisi. Tout cela dans le but d'assurer une stabilité du parodonte et une intégration bio-fonctionnelle de la prothèse (29).

On comprend qu'au-delà de la couronne en elle-même, la réussite esthétique d'une restauration passe également par la bonne santé des tissus mous environnants.

Une analyse préalable est donc nécessaire. Il faudra relever le biotype du parodonte, l'épaisseur de gencive attachée, l'espace biologique... (30).

Cependant, n'oublions pas que les critères esthétiques et leur validation sont très subjectives. L'étude de *Panadero et al.* (2018) (31) s'est intéressée à la santé gingivale de dents préparées de manière verticale avec gingivage et restaurées par une prothèse en zircone après deux ans d'usage (étude clinique prospective).

De la santé gingivale, découle une partie de l'intégration esthétique. On comprend que l'apparition d'une récession avec exposition de la ligne de finition sera en défaveur de l'acceptation de la prothèse par le patient.

Ici (Tableau 4), on observe que l'épaisseur gingivale est plus importante après deux ans peu importe que ce soit une couronne unitaire ou une restauration plurale en bouche. Cela est grandement lié au curetage gingival réalisé lors de la préparation et à la temporisation avec une

prothèse transitoire de façon à laisser cicatriser les tissus mous et faciliter leur adaptation au nouveau profil d'émergence (4).

La profondeur de poche, quant à elle, ne semble pas varier dans le temps au même titre que la stabilité gingivale. On sait que lorsque l'on place notre limite de préparation en infra-gingival le risque de complications (récessions, inflammation, augmentation de la profondeur de poche) est plus élevé (32). Cependant, grâce au gingitage, l'épaisseur et la stabilité des tissus mous augmentent (4)(18)(19). Combinée à une préparation non traumatisante, à un biotype gingival correct (bonne quantité et qualité de gencive kératinisée) et une adaptation marginale précise de la prothèse, cette stabilité des tissus mous est assurée.

L'étude nous expose également que sur toutes les dents préparées, un petit pourcentage (19,5%) présente une inflammation ou un saignement mais que cela est plus corrélé aux personnes ayant une hygiène orale moins satisfaisante sachant que dans l'article, 23,2% des patients ont un brossage moins régulier.

L'intégration esthétique de la restauration est, quant à elle, mesurée grâce à un VAS (Score Visuel Analogique). C'est un outil basé sur plusieurs caractéristiques de la prothèse et des tissus mous permettant de donner une note à l'acceptation de la restauration par le patient (33). Étant donné que cet outil a plusieurs critères basés sur les tissus mous, on comprend que la gestion de ceux-ci est capitale pour le rendu esthétique final.

Dans cette étude, le VAS est en moyenne de 8,3 sur 10 avec une différence significative entre les deux temps.

De même, la préparation verticale présente donc des résultats compatibles avec une bonne santé parodontale et donc un rendu esthétique acceptable.

	Dents supportant une couronne		Dents supportant une restauration plurale	
	T0	T2	T0	T2
Épaisseur gingivale	0	+ (*)	0	+ (*)
Profondeur de poche	0	0	0	0
Stabilité gingivale (récession)	0	0	0	0
VAS (critères de validation esthétique)	0	+ (*)	0	+ (*)

Tableau 4 : Résultats de l'étude PANADERO et al. 2018 (31)

(*) = significativement différent entre les deux temps

L'étude de LOI et al. (2019) (15) évalue les caractéristiques parodontales et prothétiques de prothèses sur dents préparées verticalement et associées au gingitage (étude clinique prospective sur 4 ans).

On constate (Tableau 5) que la présence de plaque et l'inflammation (saignement au sondage) sont significativement plus élevées à partir de 1 an (T1). Cela serait davantage lié à la position de la limite de finition (ici infra-gingivale), à la présence d'un élément prothétique et à l'hygiène orale du patient plus qu'au type même de préparation.

Cependant, on remarque que l'épaisseur gingivale est plus élevée suite au traitement entraînant ainsi une stabilité marginale constante. Dans cet article, il est indiqué que le VAS moyen est de 80,65 sur 100.

La préparation verticale permet donc une meilleure cicatrisation des tissus de soutien, une augmentation de l'épaisseur gingivale, une bonne stabilité marginale (4) et donc une intégration esthétique, mais il est important de rappeler que c'est une technique plus compliquée que la

conventionnelle (préparation horizontale) et qui nécessite une bonne coordination entre praticien et technicien de laboratoire.

On notera tout de même qu'aucune différence significative n'a été relevée entre les deux types de prothèses à savoir couronnes et bridges.

Clinical results	T0	T1	T2	T3	T4	Statistical significance	Differences Crowns-FPD
Presence of Plaque %	No	38,9	38,9	21,45	20,1	YES (p < 0001) ATS test Brunner-Langer model	NO (p = 0757)
Increasing Probing depth %	No	No	0,7	1,4	2,1	NO (p = 0135) ATS test Brunner-Langer model	NO (p = 0445)
Presence of Inflammation- bleeding %	No	6,3	19,5	13,3	12	YES (p < 0001) Chi ² Wald test GEE model	NO (p = 0153)
Gingival thickness (mm)	120 ^a	1,44	1,59	1,59	1,59	YES (p < 0001) Chi ² Wald test GEE model	NO (p = 0419)
Variations in gingival margin stability %	no	No	no	1,4	1,4	NO (p = 0154) ATS test Brunner-Langer model	NO (p = 0145)
Mechanical and biological complications %	No	No	2	3,4	3,4	NO (p = 0167) ATS test Brunner-Langer model	NO (p = 0274)

^a Measures before treatment (BT) for gingival thickness.

Tableau 5 : Résultats des paramètres mesurés au cours des 4 ans (15)

L'étude menée par *Paniz et al.* (2017) (34) compare le comportement parodontal et la perception du patient vis-à-vis d'une dent restaurée par couronne céramique avec limite de préparation horizontale ou verticale après six mois. Le Groupe 1 correspond à une préparation en chamfrein profond et le Groupe 2 en tranchant de plume (Tableau 6).

Là encore, l'apparition de plaque et d'inflammation est liée à la présence de la couronne sur la dent. Aucune différence significative n'a été observée sur la profondeur de poche par contre il y a plus de saignement au sondage dans le Groupe 2. Cela est une nouvelle fois expliqué par une difficulté pour visualiser clairement la limite de préparation, une potentielle invasion de l'espace biologique et la création d'un nouveau profil d'émergence peu ou pas adapté (d'où le passage par une phase temporaire importante). La communication entre praticien et prothésiste est de nouveau montrée comme indispensable.

Comme les études précédentes on voit que les récessions sont plus apparues dans le Groupe 1. En augmentant l'épaisseur du biotype gingivale par curetage, la préparation BOPT apporte une plus grande stabilité et donc moins de récessions.

Ici, la satisfaction des patients est plus significativement plus faible dans le Groupe 2 (même si les moyennes pour les Groupe 1 et 2 sont respectivement de 98 et 92,4 pour l'esthétique et 98 et 88,7 pour la fonction). L'explication de ce résultat est que dans le Groupe 1 la prothèse suit le profil d'émergence de la dent sans trop interférer avec le parodonte, ce qui amène à une situation en bouche proche de celle d'origine. Dans le Groupe 2, la création d'un nouveau profil d'émergence et les modifications parodontales que cela apporte, peuvent expliquer un score VAS plus faible tout en restant suffisamment élevé pour être validé par le patient.

		Chamfrein profond (Groupe 1)		Tranchant de plume (Groupe 2)	
		Base line	6 mois	Base line	6 mois
Indice de plaque (PI)		0	+	0	+
Index gingival (GI)		0	+	0	+
PPD	Mésial/Distal	0	+	0	+
	Facial	0	-	0	-

Saignement au sondage (BOP)	0	+ (*)	0	++ (*)
Récession gingivale	0	+ (*)	0	0
Satisfaction du patient (VAS)	++ (*)		+ (*)	

Tableau 6 : Résultats de l'étude PANIZ et al. (34)

(*) = significativement différents entre les deux groupes au même temps

Il est donc confirmé que de bons critères parodontaux sont fortement corrélés à une validation esthétique de l'élément prothétique (29)(33). Les études que l'on vient de voir démontrent que la préparation en feather edge ou knife edge associée au gingivage est une technique prédisant une bonne santé gingivale et conduit à la validation esthétique par le patient.

Cependant, le respect d'un protocole strict et la bonne collaboration entre le praticien et le prothésiste sont extrêmement importants pour arriver à un résultat convenable et égaler une préparation horizontale. Un passage par une phase transitoire est alors très important pour étudier la bonne intégration du projet prothétique. Cela permet aussi de prédire si le futur profil d'émergence sera correct et assurera donc une esthétique suffisante.

A noter que si la présence de récession est considérée comme un échec thérapeutique esthétique alors on choisira plus une limite finition lame de couteau ou en tranchant de plume.

Pour finir de comparer les deux types de préparation nous allons maintenant nous intéresser aux critères mécaniques.

3. Critères mécaniques

Les critères mécaniques reposent sur la capacité à restaurer la capacité fonctionnelle sans être délétère pour l'organe dentaire (c'est-à-dire sans complications). La fonction va donc être assurée par l'élément prothétique en lui-même tandis que l'absence de complication découlera d'une adaptation précise de la prothèse à la préparation dentaire.

Pour que la couronne soit la plus adaptée, il faut un minimum d'espace entre elle et la préparation. Il faut que l'épaisseur de ciment entre les deux soit la plus fine et donc que son évacuation lors de l'enfoncement de la prothèse soit le plus efficace. La pression appliquée durant le scellement, le ratio poudre/liquide, le type de ciment, le relief interne de la couronne, l'irrégularité de la préparation sont des facteurs influençant l'évacuation de ce ciment (35).

Le type de préparation en est un autre et c'est ce que nous allons voir dans l'étude qui suit.

Gavelis et al. (1981) (35) compare l'adaptation marginale et occlusale de couronne selon différentes limites de préparations (Fig. 8). C'est une étude in vitro avec des critères standardisés permettant une reproduction des résultats (éviter les biais de confusion). Elle utilise des molaires en métal préparées de différentes façons, des couronnes en or et du ciment phosphate oxyde de zinc comme moyen de scellement. Après avoir été posées depuis 24 heures, les couronnes sont découpées et l'épaisseur de ciment est mesurée en occlusal, en axial et en marginal.

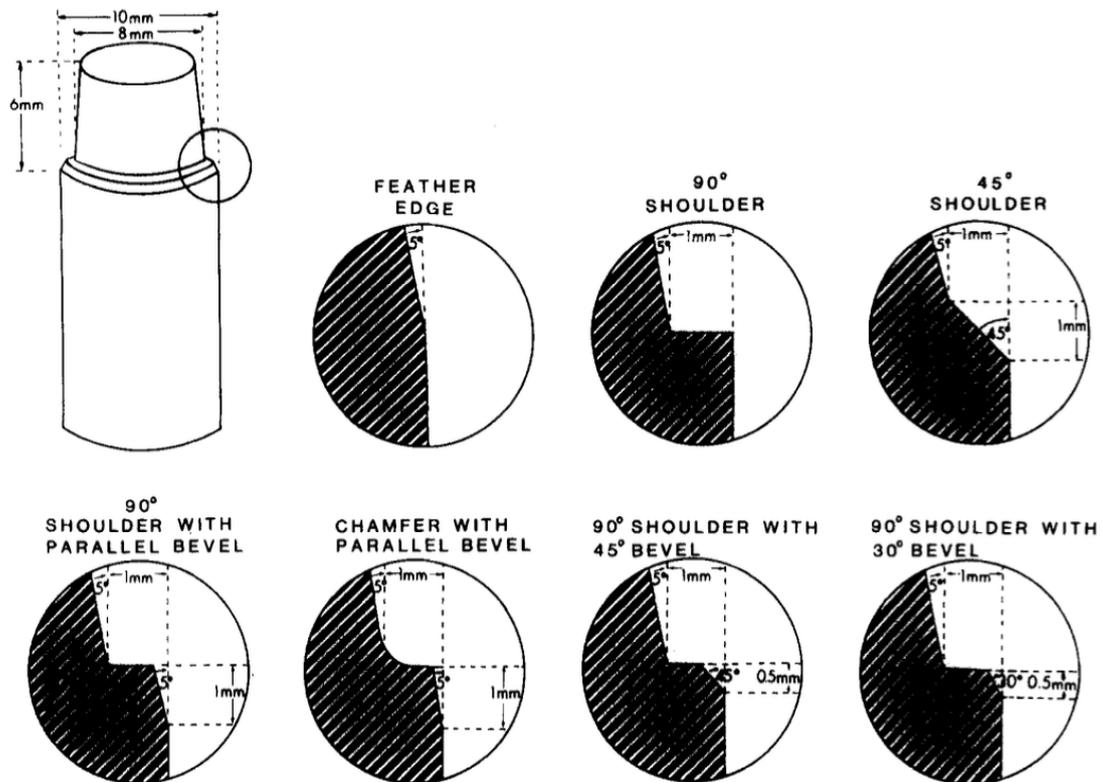


Figure 8 : Les différents modèles utilisés et les différentes lignes de finition (35)

On retiendra des résultats (Tableau 7) de l'étude de *Gavelis et al.* (35) que l'assise marginale est significativement plus fine pour les préparations type Feather edge (peu importe le diamètre) comparé au reste des préparations.

Pour l'adaptation occlusale c'est la préparation à épaulement (shoulder) 90° qui est significativement plus fine que les autres. On notera que l'épaisseur de ciment en occlusale est la plus élevée pour le Groupe Épaulement avec biseaux parallèles (ou shoulder with parallel bevel) et Chamfrein avec biseaux parallèles (ou chamfer with parallel bevel) avec une différence significative. Les groupes situés entre les deux extrémités ne semblent pas montrer de différence concernant l'adaptation occlusale.

On peut donc conclure que dans cette étude, une préparation de type vertical présente la meilleure des adaptations marginales et permet une épaisseur de ciment en occlusale au moins autant fine que les préparations horizontales (excepté la préparation avec un épaulement 90°).

Marginal design	Marginal seal			Occlusal seat		
	Measurement (μ)	SEM	SD	Measurement (μ)	SEM	SD
Featheredge, 10 mm diameter	31	± 3.30	7.4	163	± 12.66	28.3
Featheredge, 8 mm diameter	34	0.98	2.2	157	8.81	19.7
45-degree shoulder	95	7.65	17.1	138	12.66	28.3
90-degree shoulder	67	10.20	22.8	85	14.49	32.4
Shoulder, parallel bevel	41	0.72	1.6	214	12.48	27.9
Chamfer, parallel bevel	44	3.44	7.7	196	15.07	33.7
Shoulder, 30-degree bevel	99	11.72	26.2	170	18.29	40.9
Shoulder, 45-degree bevel	105	15.83	35.4	153	25.13	56.2

Tableau 7 : Joint marginal et assise occlusale (35)

L'étude *in vitro* de *Nemane et al.* (2015) (36) s'intéresse aux conséquences du type de ligne de finition sur l'adaptation marginale et occlusale de dents couronnées après scellement.

En effet, l'adaptation d'une prothèse avant et après scellement est différente, et s'explique par la capacité d'évacuation du ciment. La résistance des matériaux de scellement (comme sa fluidité) et le type de préparation sont deux caractéristiques faisant varier l'évacuation du ciment. L'adaptation prothétique est moins bonne après scellement dû à ce phénomène.

Le design de la préparation doit permettre d'éliminer le surplus de ciment (ouverture marginale suffisante) tout en assurant une adaptation précise au niveau occlusal. Cependant, une ouverture marginale trop grande peut conduire à une reprise carieuse par percolation et infiltration tandis qu'une sur-épaisseur en regard occlusal aboutira à une sur-occlusion de la prothèse. Il faut donc trouver un compromis entre ces deux enjeux.

Dans cette expérience, des reproductions en métal de molaires préparées avec différents designs marginaux (6 groupes) sont utilisées. Le ciment utilisé est du phosphate de zinc, les mesures sont également réalisées 24 heures après au microscope optique.

Il a été démontré que tous les résultats sont significativement différents entre eux (Tableau 8). Les préparations de type shoulder montrent donc la meilleure adaptation occlusale à l'inverse des préparations type feather edge qui ont la plus faible. Cependant, ces dernières présentent l'assise marginale la plus faible vis-à-vis des autres groupes.

Comme la précédente étude, celle-ci tend à conclure vers une adaptation marginale plus élevée pour les préparations verticales mais n'aboutit pas au même résultat concernant l'assise occlusale. Effectivement ici, c'est le groupe Feather edge qui a la plus mauvaise assise occlusale. Rappelons cependant que ce sont des essais *in vitro* qui demandent à être confirmés par des applications cliniques pour étendre leurs conclusions.

A - Ninety Degree Shoulder						
Occlusal seat			Marginal seal			
Sr no	Left	Right	Mean	Left	Right	Mean
1	133	131	132	122	126	124
2	119	123	121	116	120	118
3	137	141	139	132	136	134
4	127	123	125	124	120	122
5	128	132	130	120	123	121
Mean			129			124

B - Rounded Shoulder						
Occlusal seat			Marginal seal			
Sr no	Left	Right	Mean	Left	Right	Mean
1	111	119	110	101	103	102
2	98	102	100	99	97	98
3	110	106	108	104	102	103
4	117	121	119	111	109	110
5	111	113	112	108	110	109
Mean			110			104

C - 45 Degree Shoulder						
Occlusal seat			Marginal seal			
Sr no	Left	Right	Mean	Left	Right	Mean
1	169	171	170	145	147	146
2	178	174	176	153	151	152
3	162	166	164	156	158	157
4	170	168	169	155	151	153
5	177	173	175	161	163	162
Mean			171			154

D - Chamfer						
Occlusal seat			Marginal seal			
Sr no	Left	Right	Mean	Left	Right	Mean
1	221	217	219	148	150	149
2	227	225	226	146	144	145
3	218	216	217	152	150	151
4	227	223	225	144	145	145
5	228	230	229	138	142	139
Mean			223			146

E - Long Chamfer						
Occlusal seat			Marginal seal			
Sr no	Left	Right	Mean	Left	Right	Mean
1	281	279	280	52	50	51
2	285	289	287	56	52	54
3	273	275	274	52	55	53
4	277	281	279	46	49	47
5	288	284	286	58	55	56
Mean			281			52

F - Feather- Edged Margin						
Occlusal seat			Marginal seal			
Sr no	Left	Right	Mean	Left	Right	Mean
1	302	298	300	37	35	36
2	291	295	293	34	30	32
3	307	311	309	29	31	30
4	301	297	299	38	34	36
5	305	301	303	35	33	34
Mean			301			34

Tableau 8 : Mesure de l'épaisseur de ciment au niveau occlusal et marginal de différentes lignes de finition (36)

On peut également citer l'étude de *Comlekoglu et al.* (37) qui s'intéresse à l'influence de la limite de finition sur l'adaptation marginale des couronnes en zircone (Fig. 9). Dans cette analyse c'est un opérateur et non une machine qui a préparé les dents expliquant certains biais. Cependant, la conclusion rejoint celle des études précédentes à savoir que la préparation type feather edge offre une meilleure précision marginale vis-à-vis des autres groupes comparés (chamfer, mini-chamfer et shoulder) (Fig. 10). On sait qu'une mauvaise adaptation marginale peut induire une dissolution du ciment et augmenter la rétention de plaque induisant l'apparition de carie ou de maladie parodontale (38)(39)(40).

Une préparation verticale permettrait donc de diminuer l'apparition de ces phénomènes.

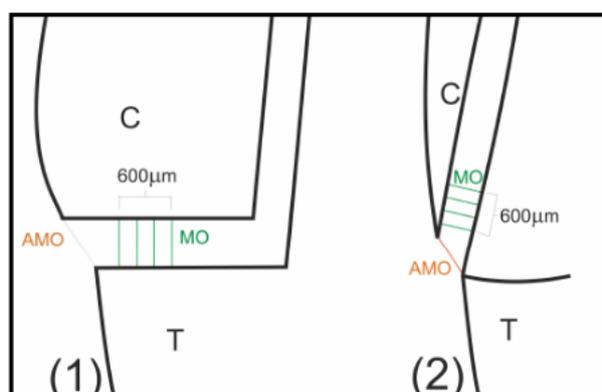


Figure 9 : Schéma de l'AMO et MO (37)

AMO = Absolute Marginal Opening ou Ouverture Marginale Absolue, Distance entre le point le plus externe de la couronne et de la dent au niveau marginal

MO = Marginal Opening ou Ouverture Marginale, Distance perpendiculaire la plus courte entre le bord externe de la couronne à la ligne ou à la surface de préparation opposée

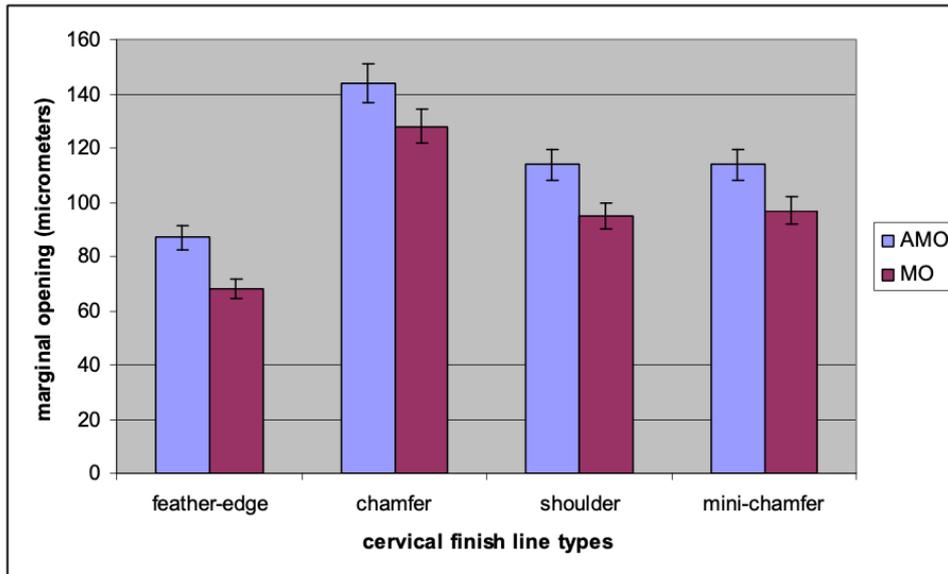


Figure 10 : AMO et MO en microns des différentes lignes de finition (37)

Un des facteurs de l'échec thérapeutique est la survenue de complications mécaniques comme par exemple les fractures de la dent ou de la couronne. L'article de *Cortellini et al. (41)* s'intéresse à la résistance des couronnes en disilicate de lithium collées sur des limites de finition différentes et soumises à des cycles de fatigue. C'est une étude *in vitro* sur des dents en résine.

Les résultats de l'expérience sont présentés dans la Tableau 9 ci-dessous. Le cracking/chipping (ou craquage/écaillage) correspond au type I. Le délaminage (ou delamination) signifie un cisaillement dans l'épaisseur longitudinale de la couronne et correspond au type II à IV de la classification. Le type V quant à lui correspond aux fractures catastrophiques (se soldant généralement par l'extraction). Il est mentionné dans l'article qu'aucune différence significative n'a été montrée entre les groupes.

On peut en conclure de cet essai que le type de préparation n'influence pas l'apparition de complications mécaniques et qu'une limite verticale est au moins autant acceptable qu'une horizontale. Cependant il s'agit d'une étude *in vitro* qui ne représente pas exactement la situation en bouche.

Failure modes	Groups		
	Burke's classification ¹¹	KE (%)	LC (%)
Cracking/chipping ¹²	I	0	0
Delamination ¹²	II	0	20
	III	10	10
	IV	20	0
Catastrophic fracture ¹²	V	70	70

Tableau 9 : Répartition des différents modes d'échec (ou failure mode) pour chaque groupe expérimental (41)

L'article de *Reich et al. (2008) (42)* va, quant à lui, se pencher sur la question des couronnes zircone mais aussi de l'épaisseur de ces dernières sur l'apparition de fractures quand elles sont soumises à des cycles de fatigue. Deux types de préparation (Knife edge KE et chamfer CHA) et deux épaisseurs de couronne (0,3 et 0,5mm) sont testées. Nous sommes de nouveau dans une étude *in vitro* qui utilise cette fois des modèles en laiton d'incisives centrales maxillaires. Les

résultats sont présentés dans le Tableau 10. Suite à l'expérience, il a été montré que la résistance à la fracture était significativement meilleure pour la préparation type KE (lame de couteau) et pour l'épaisseur plus élevée (0,5mm). Il faut tout de même rester prudent car nous sommes dans une étude *in vitro* où seules les forces axiales sont testées et donc non représentatives de la situation clinique. De même, il est utilisé un ciment de scellement classique (type CVI conventionnel) engendrant une moins bonne transmission des forces que s'il avait été utilisé un système adhésif (43) notamment pour les couronnes CHA (chamfrein) où une concentration des forces s'applique en regard du congé.

Il faudrait effectuer des essais cliniques pour arriver à des conclusions se rapprochant de la réalité mais une préparation du type KE associée à une prothèse en zircone semble être une alternative convenable lorsqu'une technique mini invasive est recherchée notamment en secteur antérieur.

	CHA 0.5	CHA 0.3	KNE 0.5	KNE 0.3
Preparation type	chamfer	chamfer	knife edge	knife edge
Layer thickness in mm	0.5	0.3	0.5	0.3
Mean failure load (SD)	697 (126)	455 (79)	1110 (175)	730 (160)

Tableau 10 : Mesure (en N) de l'apparition de fracture en fonction de l'épaisseur et de la ligne de finition (42)

L'étude *Findakly et al.* (2019) (44) compare la résistance à la fracture de deux types de zircone monolithique (sous-groupe A et B) et deux types de préparations (Épaulement 1 et Tranchant de plume 2). Ici, les couronnes sont posées sur des dents humaines et non artificielles comme les études précédentes. Cependant les forces sont toujours appliquées de façon axiale.

Comme représenté dans le Tableau 11 ci-dessous la zircone monolithique traditionnelle présente une résistance à la fracture plus élevée que la translucide au même titre que la préparation de type horizontal VS vertical. Il est mentionné dans l'article que l'apparition de la fracture est survenue uniquement depuis la face occlusale. Cela est expliqué par le fait que seul des forces axiales sont testées.

Résistance à la fracture		Préparation	
		Épaulement	Lame de couteau
Zircone	Traditionnelle	++ (*, #)	+ (*, #)
	Translucide	+ (*, #)	0 (*, #)

Tableau 11 : Tableau récapitulatif des résultats de l'étude FINDAKLY et al. (44)

(*) = significativement différent entre les deux préparations

(#) = significativement différent entre les deux zircons

On note également une tendance des préparations horizontales à avoir des fractures plus sévères (Tableau 12 et 13). Le fait d'avoir une préparation moins conservatrice induit une diminution de la résistance de la dent à la fracture et explique donc ce phénomène.

Code	Description
I	Minimal fracture or crack in the crown.
II	Less than half of the crown lost.
III	Crown fracture through midline (half of the crown displaced or lost).
IV	More than half of the crown lost.
V	Severe fracture of the tooth and/or crown.

Type I : Fracture ou fissure minime de la couronne
Type II : Moins de la moitié de la couronne perdu
Type III : Fracture de la couronne sur la ligne médiane (moitié de la couronne déplacée ou perdue)
Type IV : Plus de la moitié perdu
Type V : Fracture sévère de la dent et/ou de la couronne

Tableau 12 : Mode de fracture (classification de BURKE) (44)

Subgroups	Code I (%)	Code II (%)	Code III (%)	Code IV (%)	Code V (%)	Total (%)
A1	-	-	-	-	10 (100)	10 (100)
A2	-	1 (10)	4 (40)	-	5 (50)	10 (100)
B1	-	-	-	1 (10)	9 (90)	10 (100)
B2	-	1 (10)	6 (50)	-	3 (30)	10 (100)

Tableau 13 : Mode de fracture des différents sous-groupes (44)

L'étude (44) montre donc une supériorité d'une préparation du type horizontal cette fois vis-à-vis de la résistance à la fracture. Cependant, quel que soit le type de zircons ou de limites, toutes les fractures sont apparues sous des forces supérieures à celles engendrées lors de la mastication.

Après avoir évalué les différents critères biologiques, esthétiques et mécaniques, nous pouvons conclure que les préparations verticales ont toutes leur place dans la stratégie thérapeutique notamment dans certains cas où une approche conservatrice est recherchée. Celles-ci ne se substituent pas aux préparations horizontales mais permettent d'offrir plus d'options au praticien lorsque ce dernier estime qu'une finition horizontale a atteint ses limites ou n'est pas conseillée. C'est une technique pouvant donner des résultats prédictibles mais qui nécessite un protocole strict et une communication praticien/prothésiste afin d'y parvenir.

Il est maintenant temps de nous intéresser aux indications/cas cliniques pour lesquels le choix d'une préparation verticale permettra d'obtenir les résultats escomptés.

4. Indications

Maintenant que nous avons vu le protocole ainsi que les avantages, inconvénients des préparations verticales, nous allons nous intéresser aux différentes situations cliniques dans lesquelles elles sont indiquées.

1. Les céramiques

Afin de répondre aux critères vus précédemment (biologiques, esthétiques et mécaniques), l'utilisation de matériaux comme les métaux, même associé à de la céramique, ne semble plus indiquée. En effet, les propriétés esthétiques ne répondent pas aux attentes que peut avoir le patient (45).

Il a également été démontré le bénéfice esthétique (46) et biologique des différentes céramiques (47–49).

On peut diviser les céramiques en deux groupes à savoir celles à base de silice et celles polycristallines. Au sein de chaque groupe il existe plusieurs types mais dans le cas de préparation verticale où l'épaisseur de la couronne est très fine, il va falloir choisir un matériau ayant de bonnes propriétés mécaniques pour pallier. Nous allons donc étudier deux céramiques à savoir les céramiques type Disilicate de Lithium et les céramiques type Zircon pour pouvoir ensuite les comparer lors de préparation verticale.

1/ Disilicate de Lithium

De manière générale les céramiques à base de silice se distinguent des céramiques polycristallines par de bonnes propriétés optiques et esthétiques, une apparence plus naturelle et la possibilité d'appliquer de l'etching (acide) afin d'améliorer le collage (50). Le collage permet d'augmenter les capacités mécaniques de la céramique en améliorant la transmission des forces à la dent (51). La céramique à base de Disilicate de lithium a fait son entrée dans le monde de la dentisterie dans les années 90 sous le nom de IPS empress 2 (commercialisée par Ivoclar Vivadent) (52).

Cette céramique était souvent utilisée en tant que chape et nécessitait l'utilisation de plusieurs couches pour améliorer ses caractéristiques esthétiques. Cependant, dû à la présence de ces couches, des fissures, écaillages ou fractures ont pu être observées (53,54).

Afin de pallier à cela, la composition de la céramique a été modifiée. Elle se nomme maintenant IPS e.max (Ivoclar Vivadent) et se présente sous forme monolithique (55).

Ce type de céramique présente une plus grande translucidité, une meilleure transmission de la lumière et donc de meilleurs résultats esthétiques comparés aux céramiques à base zircon. Par contre leur résistance mécanique est moins bonne (56–59).

L'usage de ce type de céramique a déjà été validé par plusieurs études (60)(61). Il est donc confirmé que l'utilisation de céramique type disilicate de lithium permet de répondre aux exigences biologiques, esthétiques et mécaniques lors de restaurations.

Intéressons nous maintenant à l'usage de ce matériau combiné à une préparation verticale.

L'étude de *Schmitz et Beani* (2015) (62) s'intéresse à l'effet de différents types de scellement sur des couronnes en disilicate de lithium monolithique. Les dents sont en secteur postérieur et préparées verticalement. En tout, 108 prémolaires et 149 molaires ont été préparées. Les couronnes ont été scellées en utilisant un agent adhésif (Resin Cement Group) ou un ciment (Glass Ionomer Cement Group). Si l'on regarde le taux de survie (CSR dans le Tableau 18) à court terme de ces couronnes, on s'aperçoit que pour les deux groupes il est excellent.

Uniquement trois couronnes ont été fracturées, deux dans le groupe Glass Ionomer et une dans le groupe Resin, et donc considérées comme échec thérapeutique. Aucune autre complication n'a été observée. Toutes les couronnes ont été validées par les patients avec une plus forte

satisfaction pour les couronnes collées, même si aucune différence significative entre les deux groupes n'a été trouvée. L'utilisation de céramique monolithique en disilicate de lithium pour des couronnes sur dents postérieures préparées en verticale est donc indiquée. Une étude sur une plus longue période permettrait d'étendre cette conclusion.

Parameter	Resin Cement Group	Glass Ionomer Cement Group	Both Groups
Range	6-75	6-68	6-75
Mean no. of months	23.1	25.5	24.0
SD (months)	±12.7	±14.9	±13.6
CSR (%)	99.2	98.5	98.8

Tableau 14 : Taux de survie des couronnes dans les différents groupes (62)

L'article de *Cortellini et Canale* (2012) (63) expose les résultats cliniques à court terme de couronnes en disilicate de lithium collées sur des dents préparées verticalement.

En tout, 235 dents (136 en antérieur et 99 en postérieur) ont été restaurées. Lorsque l'isolation de la dent pour le collage n'était pas optimale, un agent de collage dual a été utilisé. Il est précisé que l'épaisseur des couronnes en marginale est de 0,3 mm, d'où la nécessité d'avoir une céramique ayant de bonnes caractéristiques mécaniques et une bonne précision de fabrication. Sur les 235 prothèses, une seule sur une molaire s'est fracturée après 3ans. Hormis cela, aucune complication n'est survenue.

L'utilisation de ce type de céramique associée à une préparation verticale semble donc offrir une alternative plus conservatrice dans la restauration de dents compromises.

Là encore, une période d'observation plus longue est recommandée.

Nous allons maintenant voir les céramiques polycristallines et notamment les zircons.

2/ Zircon

On trouve les premiers essais d'usage de zircon comme biomatériaux dans la fin des années 70 (64). Ce type de matériau présente une excellente capacité mécanique, une bonne biocompatibilité mais est très opaque et donc peu esthétique (65). Afin de pallier cela, une couche de céramique esthétique est souvent rajoutée sur la zircon ce qui augmente le risque de casse ou d'écaillage (54,66,67). Un autre avantage est sa capacité à absorber les chocs. En effet, la zircon est capable de s'adapter lorsqu'elle est sous pression/stress et peut changer de configuration crystallographique (passe de la phase tétragonale à cubique) afin de se stabiliser et d'éviter l'apparition de fêlure par exemple (68)(69).

L'utilisation de céramique zircon a déjà été étudiée et approuvée plusieurs fois (70,71)(72)

Nous allons maintenant regarder si la zircon peut être utilisée lors de restaurations par préparation verticale.

L'étude de *Poggio et al.* (2012) (73) est une analyse rétrospective de couronnes unitaires en zircon sur des dents préparées en tranchant de plume. 102 dents ont été restaurées de cette façon (51 antérieures et 51 postérieures). La zircon a été maquillée avec une couche de céramique. Toutes les couronnes ont présenté un taux de satisfaction du patient élevé.

Sur toutes les dents préparées, une seule a dû être extraite et deux ont montré un petit écaillage de la couche de maquillage.

L'étude de *Schmitt et al.* (2010) (74) confirme également ces résultats. Il s'agit d'un essai clinique dans lequel des dents antérieures ont été restaurées par préparation verticale associée

à une couronne zircone. Là encore, la zircone est maquillée et son épaisseur en regard de la limite de finition est de 0,3mm. Sur les 19 dents restaurées aucun échec n'a été mis en évidence. Le taux de survie et de succès, après les 39 mois d'observation, est donc de 100%. Les deux études (73,74) se rejoignent donc pour dire que les céramiques en zircone peuvent être utilisées lors de préparations verticales. Cependant, elles ne s'intéressent qu'au court et moyen terme. Une durée d'observation plus longue permettrait d'approfondir les résultats.

Nous allons maintenant voir dans quelles situations il est préférable de choisir telle ou telle céramique.

3/ Disilicate de lithium VS Zircone

Pour commencer, l'article de *Silva et al.* (2011) (75) va s'intéresser à plusieurs critères notamment la fiabilité, les performances cliniques et la résistance à l'abrasion via plusieurs essais *in vitro* et *in vivo*. Dans les essais, les couronnes en zircone présentent une couche de maquillage. Le premier essai *in vitro* consiste à mesurer la résistance à la fatigue de couronnes en disilicate de lithium puis à la comparer aux autres types de restaurations. D'après cet article, les couronnes en céramique disilicate de lithium présentent une plus grande résistance à la fatigue par rapport à celles en zircons maquillées. Cela s'explique par la présence de cette couche de maquillage. Étant donné la différence de coefficient d'expansion thermique entre la zircone et la céramique de maquillage, cela engendre un stress thermique résiduel qui serait à la base de la survenue des complications mécaniques de la prothèse (76).

L'étude (75) montre ensuite, via des essais *in vivo*, que les deux types de couronne présentent des caractéristiques cliniques, biologiques et mécaniques aboutissant à une satisfaction élevée du patient. Par contre, il est mis en avant que les couronnes en disilicate de lithium entraînent moins d'abrasion sur l'émail des dents antagonistes.

On peut donc conclure de cette étude que l'utilisation de zircone maquillée est moins indiquée que le disilicate de lithium lors de restauration par préparation verticale notamment dans les cas où la demande concerne un secteur antérieur ou si le patient est sujet au bruxisme.

Ensuite l'étude de *Fuzzi et al.* (77) compare l'infiltration, l'apparition de fractures et l'adaptation interne de couronnes unitaires en zircone ou en disilicate de lithium sur des dents préparées verticalement. Il s'agit donc d'un essai *in vitro*. Plusieurs systèmes de scellement sont testés à savoir une résine duale (Variolink II, Ivoclar Vivadent, ciment 1), deux résines auto adhésives (G-CEM Automix, GC ciment 2 et G-CEM LinkAce, GC ciment 3) et une résine verre ionomère (Ketac-Cem Plus Automix, 3M ESPE, ciment 4).

Le premier critère évalué est donc l'infiltration (nanoleakage en anglais) ou la percolation en regard de la limite marginale. Les résultats des tests sont exposés dans le Tableau 15 ci-dessous. On observe que les meilleurs résultats sont pour les couronnes en zircone et plus précisément celles associées au ciment 1. A l'inverse les couronnes en disilicate ont de moins bons résultats et les plus faibles sont pour le groupe associant ce type de couronne et le ciment 2. Il est montré que le ciment 1 présente la meilleure résistance à l'infiltration comparé au ciment 2 qui a la pire. Tous les résultats du tableau sont significativement différents. Il est important de préciser qu'aucun des groupes n'a présenté une absence d'infiltration.

Group	N	Median	25%	75%	Significance p<0.05
Disilicate cement 1	16	1	1	2	AB
Disilicate cement 2	16	3	2.5	4	D
Disilicate cement 3	16	2	2	3	CD
Disilicate cement 4	16	2	2	2.5	BCD
Zirconia cement 1	16	1	1	1	A
Zirconia cement 2	16	2	1	2	BCD
Zirconia cement 3	16	1	1	2	ABC
Zirconia cement 4	16	2	1	2	ABC

Tableau 15 : Infiltration des couronnes en disilicate de lithium et en zircone (77)

Ensuite, la présence de fractures en regard de la zone marginale est observée au microscope électronique. Les résultats sont présentés dans le Tableau 16.

On note que des fractures ont été observées uniquement sur les couronnes en disilicate. Cela peut donc expliquer une moins bonne résistance à l'infiltration comme vu plus haut. Cependant il s'agit là de microfractures qui ne seraient pas forcément considérées comme un échec thérapeutique dans d'autres études (62,63).

Group	N	Fractures	Significance p<0.05
Disilicate cement 1	16	5	A
Disilicate cement 2	16	7	A
Disilicate cement 3	16	6	A
Disilicate cement 4	16	7	A
Zirconia cement 1	16	0	B
Zirconia cement 2	16	0	B
Zirconia cement 3	16	0	B
Zirconia cement 4	16	0	B

Tableau 16 : Fractures observées sur les différentes couronnes (77)

Le dernier critère évalué est l'épaisseur de ciment à plusieurs endroits (occlusal, axial et marginal) en microns. Concernant les sites occlusal et axial, aucune différence significative n'a été trouvée entre les couronnes et les agents de scellement. Les différentes épaisseurs en regard de la limite marginale sont exposées dans le Tableau 17. L'épaisseur de ciment est la plus importante pour le ciment 1 et encore plus élevé quand il est associé aux couronnes en disilicate. Cependant il est important de rappeler que, en dessous de 124 microns, l'épaisseur de ciment est considérée comme cliniquement valide (78).

Disilicate subgroup	N	Mean 78.66	Standard Deviation	Median	Interquartile range	Significance p<0.05
1	32	103.75	110.59	70	40-135	C
2	32	84.68	85.23	50	40-110	BC
3	32	64.37	25.01	60	40-110	B
4	32	61.87	37.10	50	40-110	B
Zirconia subgroup	N	Mean 54.06	Standard Deviation	Median	Interquartile range	Significance p<0.05
1	32	70.94	65.17	55	30-90	B
2	32	36.56	15.78	30	20-45	A
3	32	57.50	45.08	40	25-85	AB
4	32	51.25	24.98	50	30-65	AB

Tableau 17 : Mesure de l'épaisseur de ciment en microns au niveau marginal (77)

On peut retenir plusieurs choses de cette étude. Tout d'abord l'utilisation d'une colle pour la pose des couronnes permet une meilleure résistance à l'infiltration et aux percolations. En effet, l'usage d'un acide (etching) et d'une colle (bonding) séparée scelle mieux la dentine (79). Cela permet d'éviter l'apparition de sensibilité post opératoire dues à l'accumulation de plaque ou l'apparition de caries. Même si le ciment 1 présente la plus grande épaisseur en marginale, cette dernière reste cliniquement valide et ne peut aboutir à un échec prématuré lors de la pose de la restauration.

Par ailleurs, tous les ciments ont présenté une épaisseur cliniquement valide en regard de la limite marginale. Le design de la limite de finition explique cela.

Pour finir, les couronnes en disilicate présentent un plus grand risque de fracture en marginale dû à la diminution d'épaisseur exigée par la limite en tranchant de plume. Cependant, il s'agit là de microfractures qui peuvent ne pas être détectées cliniquement. De plus, il s'agit d'une étude *in vitro* ne représentant pas la situation réelle en bouche. Il a déjà été démontré la possibilité de lier une préparation verticale et une couronne en disilicate (62,63).

On retiendra de ces différentes études (62,63,73-75,77) que les deux types de céramique peuvent être utilisés sur des dents préparées verticalement. Néanmoins, il est préférable d'utiliser la zircone lorsqu'une meilleure résistance mécanique est recherchée (secteur postérieur) ou quand les dents antagonistes sont déjà restaurées par des couronnes en zircone. Les couronnes en disilicate, moins résistantes mais plus esthétiques, sont à privilégier en secteur antérieur. Si l'isolation de la dent est possible, un collage de la couronne est à privilégier pour améliorer leurs performances mécaniques (80).

Une étude sur un grand échantillon et comparant tous les critères (type de préparations, céramique, système de scellement) permettrait de confirmer ou non ces conclusions.

Nous allons maintenant voir les différents procédés d'enregistrement et de fabrication des couronnes employés lors de la restauration par préparation verticale.

2. Enregistrement et fabrication

Comme vu précédemment, les couronnes allant sur des dents préparées verticalement nécessitent un enregistrement et une fabrication très précis (puisque extrêmement fines dans leur partie marginale). Nous allons donc voir quel est le meilleur moyen d'y parvenir.

1/ Empreinte

L’empreinte est une étape très importante puisque, si cette dernière est erronée alors les informations transmises au prothésiste, et par extension la couronne, le sera aussi.

Depuis les années 80, une nouvelle façon d’enregistrer la situation en bouche voit le jour grâce aux caméras optiques (81,82). L’enregistrement digital permet la réalisation d’un modèle virtuel sur lequel se fera la prothèse. Elle possède de nombreux avantages comme l’acceptation par le patient, la possibilité de prévisualiser la prothèse ou encore l’absence de distorsion liée à l’usage d’un matériau à empreinte (83,84).

L’étude de *Gjelvold et al.* (2015) (85) s’intéresse aux différences qu’il peut y avoir entre les deux méthodes d’enregistrement à savoir conventionnel et digital. Ici, le matériau à empreinte utilisé est de type polyether (Impregum Penta ; 3M ESPE Dental Products) et la caméra optique utilisée est la Trios Standard-P12 (3Shape A/S). Les couronnes ont été réalisées grâce à un modèle virtuel et une usineuse. Le temps utilisé pour enregistrer, la difficulté pour le dentiste, le confort pour le patient et plusieurs caractéristiques cliniques de la prothèse aboutie vont être examinés. La difficulté d’enregistrement et le confort des patients sont mesurés par une échelle visuel analogique (VAS).

Les résultats présentés dans le Tableau 18 montrent clairement une supériorité de l’empreinte digitale sur tous les aspects.

	Conventional	Digital	p-value*
Procedure			
Preparation	07:48 ± 03:44	07:00 ± 03:12	0.432
Impression	11:33 ± 01:56	07:33 ± 03:37	<0.0001
Total	20:42 ± 05:42**	14:33 ± 05:27	<0.0001
VAS			
Dentist’s assessment	48.02 ± 21.21	24.00 ± 18.02	<0.0001
Patient’s assessment	44.86 ± 27.13	6.50 ± 5.87	<0.0001

*Student’s *t*-test.

**In three cases the impression needed to be repeated, which increased the total mean time for the conventional group.

Tableau 18 : Évaluation du temps, de la difficulté et du confort entre empreinte conventionnelle et digitale (85)

Concernant les caractéristiques cliniques (Tableau 19), la seule différence significative observée concerne les contacts occlusaux avec de meilleurs résultats pour l’empreinte digitale. Cela peut s’expliquer par le fait que l’occlusion est prise directement en bouche grâce à la caméra optique tandis qu’avec une empreinte conventionnelle le matériau peut subir des modifications lors de son transport et causer une moins bonne reproductibilité de la situation en bouche.

Clinical parameters	Conventional	Digital	p-value*
Marginal fit	1.54 ± 0.66	1.25 ± 0.53	0.075
Occlusal contacts	1.58 ± 0.65	1.21 ± 0.41	0.028
Interproximal contact points	1.58 ± 1.21	1.79 ± 0.83	0.100

Tableau 19 : Critères cliniques entre empreinte conventionnelle et digitale (85)

D'après cette étude (85), l'enregistrement digital permettrait donc un gain de temps, serait plus facile, causerait moins d'inconfort et serait plus fiable que la méthode conventionnelle. Cependant, tous les matériaux à empreinte et caméras optiques n'ont pas le même fonctionnement. Le changement d'un des deux pourrait donc influencer la conclusion de l'étude.

L'étude de *Abdel-Azim et al.* (2015) (86) a pour but de prouver que l'empreinte digitale est un moyen alternatif fiable à l'enregistrement analogique. Sur un groupe de 30 dents, une empreinte conventionnelle utilisant un matériau polyvinyl siloxane et deux empreintes digitales, une par caméra iTero (Cadent Inc) et l'autre par caméra LAVA COS (3M ESPE), ont été prises. Suite à cela, les couronnes en disilicate de lithium ont été fabriquées par usineuse, et l'objectif est de comparer l'adaptation marginale de ces dernières selon la méthode d'enregistrement employée. Les résultats sont présentés dans le Tableau 20 et 21 ci-dessous.

L'étude ne montre pas de différence significative entre les groupes, tous présentent une adaptation marginale < 120 microns et donc cliniquement acceptable (87,88).

Impression Technique and Location	N	Average Gap	SD	Median	Min	Max
Conventional						
B	9	117.5	60.5	90.9	51.2	217.4
L	9	114.5	79.0	102.4	38.4	292.3
M	9	127.2	50.4	122.9	64.0	214.3
D	9	90.2	59.0	63.0	36.9	217.4
Overall	9	112.3	35.3	115.3	67.0	161.6
Lava						
B	10	88.5	45.2	80.0	19.4	172.8
L	10	105.4	20.1	103.3	71.0	137.6
M	10	82.4	48.1	81.0	25.6	155.7
D	10	83.0	37.8	86.7	38.4	158.8
Overall	10	89.8	25.4	100.1	50.8	120.5
iTero						
B	10	96.2	37.6	115.9	44.8	140.8
L	10	63.8	17.7	60.8	38.4	91.4
M	10	89.3	53.1	65.0	44.8	199.2
D	10	109.2	71.2	85.2	19.2	246.6
Overall	10	89.6	30.1	90.2	41.7	139.7

Tableau 20 : Adaptation marginale des couronnes selon différents enregistrements (86)

Selon cette étude (86), la méthode d'enregistrement de la situation en bouche n'influence pas l'adaptation future de la couronne. Cette conclusion est rejointe par l'étude de *Seelbach et al.* (89).

La première étude (85), tout comme celle de *Syrek et al.* (90), tendent à dire que l'usage d'une caméra permet une meilleure adaptation de la prothèse tandis que les deux dernières étudiées (86,89) ne trouvent aucune différence significative pour une même méthode de fabrication, à savoir par ordinateur.

Ce que l'on peut donc retenir c'est que, plus que la méthode, c'est le respect des protocoles et la bonne utilisation du matériel qui est important. Une caméra mal utilisée donnera de moins bons résultats qu'un matériau conventionnel bien maîtrisé par son praticien et inversement.

Néanmoins il ne faut pas négliger les avantages et inconvénients de chacune des méthodes. L'enregistrement digital est tout de même plus rapide, pas de nécessité de transporteur ni de

désinfection, pas de risque de distorsion du matériau, possibilité de reprendre uniquement la partie de l’empreinte ratée, visualisation et contrôle de la préparation, plus de confort pour le patient et le dentiste (85,91). Il y a donc moins de biais, moins de risques d’erreur lors de l’enregistrement digital.

Nous allons maintenant nous intéresser aux différents modes de fabrication et leur influence sur l’adaptation des prothèses.

2/ Fabrication

L’arrivée des ordinateurs dans la conception et la fabrication des prothèses (CAO/FAO ou conception et fabrication assistée par ordinateur) a permis d’augmenter la productivité tout en diminuant le temps et le coût de fabrication (92,93). Cependant, il faut maintenant nous demander si cela permet une conception plus, moins, ou tout aussi précise que les procédés de fabrication « classiques » comme la cire perdue par exemple.

L’article de *Ng et al.* (2014) (91) compare l’adaptation marginale de couronnes en disilicate de lithium selon son mode de fabrication. Un mode conventionnel, avec prise d’empreintes grâce à un polyvinyl siloxane, réalisation d’un modèle en plâtre, fabrication d’une couronne en IPS e.max (Ivoclar Vivadent) par cire perdue ou méthode pressée. Un mode digital, avec enregistrement par caméra optique LAVA C.O.S (3M ESPE) et usinage par ordinateur d’une couronne en IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent). Les 30 dents supportant les couronnes (15 par groupe) sont des reproductions faites en zircone, il s’agit donc d’un essai *in vitro*. Les mesures sont prises au microscope à huit localisations différentes et les résultats sont exposés dans le Tableau 21 ci-dessous. On constate que sur tous les sites mesurés, l’ouverture marginale est plus faible pour le groupe Digital (excepté pour le site mésial). Il semble donc qu’un enregistrement et une fabrication utilisant un moyen conventionnel donnent des couronnes moins adaptées. Cependant, toutes les mesures prises sont en dessous du seuil clinique acceptable de 124 microns (78).

Même si les moyens « classiques » d’enregistrement et de fabrication des couronnes aboutissent à de bons résultats, l’utilisation du digital permet d’éviter beaucoup d’erreurs (humaine, transport, matériau) et semble être plus précise. La précision est extrêmement importante notamment dans le cas des préparations verticales où la limite est difficilement identifiable.

Site	Conventional, μm	Digital, μm
Mesial	69 \pm 32 ^a	62 \pm 25 ^b
Distal	100 \pm 54 ^{a,*}	63 \pm 24 ^b
Buccal	78 \pm 50 ^{a,*}	60 \pm 16 ^b
Lingual	66 \pm 40 ^{a,*}	27 \pm 24 ^a
Mesiobuccal	53 \pm 25 ^a	51 \pm 29 ^{ab}
Mesiolingual	84 \pm 63 ^{a,*}	45 \pm 25 ^{ab}
Distobuccal	79 \pm 52 ^{a,*}	41 \pm 16 ^{ab}
Distolingual	59 \pm 40 ^{a,*}	36 \pm 10 ^{ab}
Total	74 \pm 47 [*]	48 \pm 25

^{a,b}Small letter superscripts refer to within method group comparisons; identical superscripts identify not significant differences.

*Significant differences between the 2 methods for the respective site.

Tableau 21 : Ouverture marginale en microns des différents groupes (91)

Ensuite, l'étude de *Grenade et al.* (2011) (94) a pour but d'évaluer l'influence du procédé de fabrication sur l'adaptation de couronnes en zircone. La première méthode de fabrication correspond à une conception et fabrication assistées par ordinateur (Procera ; Nobel Biocare) et la deuxième à un processus de fabrication mécanisé (Ceramill ; Amann Girrbach). Le principe de la Ceramill est de copier des maquettes en résine réalisées par les techniciens de laboratoire dans des blocs de céramique. Une fois les couronnes réalisées et scellées sur des répliques en PVC, les modèles sont coupés en deux. L'épaisseur du ciment (IG ou adaptation interne) et l'adaptation marginale sont mesurés par microscope à contraste de phase. L'adaptation marginale est évaluée par deux critères à savoir l'AMO et la MO (AMD en vert et MG en rouge dans cette étude) déjà présenté dans l'étude de *Comlekoglu et al.* (37) (Fig. 11). Les résultats sont exposés dans la Figure 12. Les deux méthodes de fabrication donnent des résultats cliniques acceptables mais on constate que l'adaptation marginale est significativement plus précise pour le Groupe Procera. Il est également mentionné dans l'article (94) que le Groupe Ceramill présente plus de sur-contour et un profil d'émergence discontinue. Le choix d'une CAO/FAO semble donc être à privilégier lors de l'usinage de couronnes en Zircone.

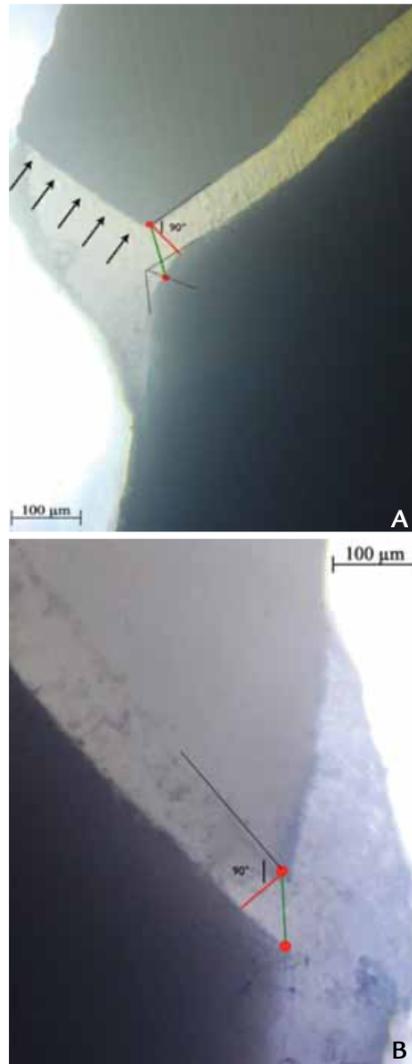


Figure 11 : Profil d'émergence d'une couronne manufacturée par Ceramill en A et par Procera en B (94)

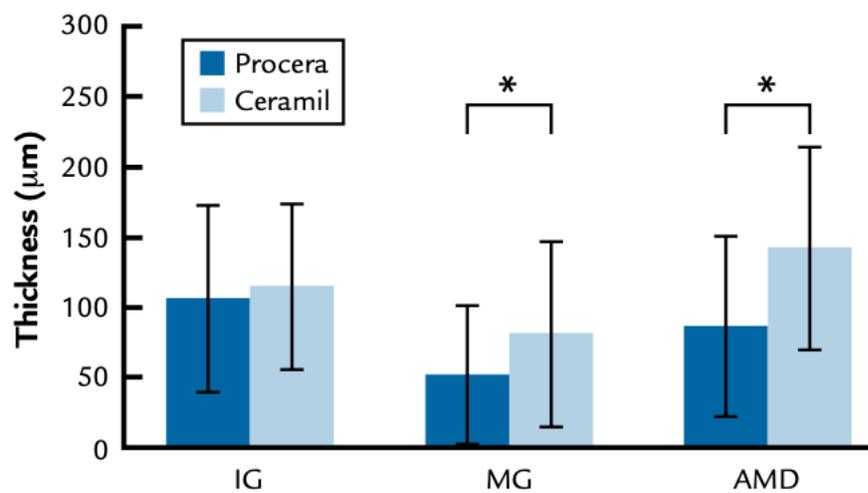


Figure 12 : Adaptation interne et marginale des différents groupes (94)

La dernière étude de *Riccitiello et al.* (2018) (95) compare plusieurs procédés de fabrication de couronnes en disilicate de lithium et en zircon. Le Groupe 1 est constitué de couronnes en zircon (Katana Zirconia, Kuraray Noritake) fabriquées par CAO/FAO, le Groupe 2 de couronnes en disilicate de lithium (IPS e.max CAD ; Ivoclar Vivadent) fabriquées par

CAO/FAO et le Groupe 3 de couronnes en disilicate de lithium (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent) pressées à chaud. Une fois scellée sur des dents naturelles, l'épaisseur de ciment est mesurée en neuf points (Fig. 13) grâce à un microscope à tomodensitométrie. L'ouverture marginale absolue (AMO) correspond à la somme des mesures MG1+MG2+FL1+FL2 et l'adaptation interne correspond à la somme des points restants (AW1+AW2+BC+OCF+LC). Les mesures sont affichées dans le Tableau 22. L'AMO du Groupe 1 et du Groupe 2 sont significativement plus faibles que pour le Groupe 3 alors que c'est l'inverse pour l'adaptation interne.

Toutes les couronnes ont montré des résultats cliniquement valides mais dans le cas de préparations verticales où l'adaptation marginale est plus importante, un processus de fabrication CAO/FAO semble indiqué.

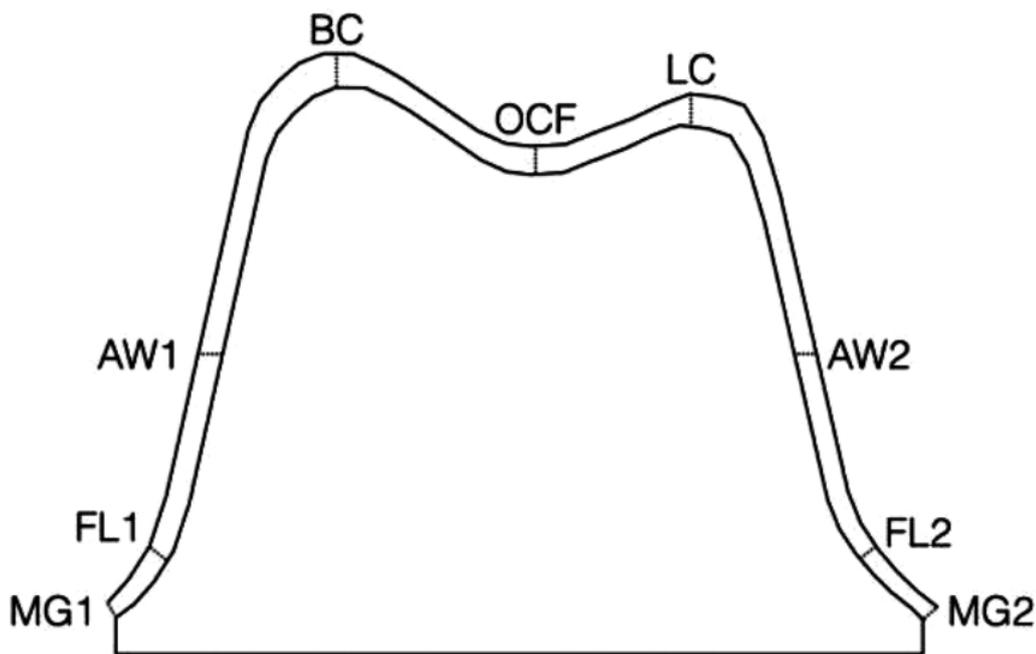


Figure 13 : Localisation des différents points mesurés (95)

-	Absolute Marginal Opening	Internal Fit
Group 1 (CAD-CAM Zirconia)	65 (±23) A	117 (±44) A
Group 2 (CAD-CAM Lithium Disilicate)	69 (±41) A	125 (±28) A
Group 3 (Heat Pressed Lithium Disilicate)	85 (±26) B	99 (±27) B

Tableau 22 : Adaptation marginale absolue et adaptation interne des différents groupes (95)

Selon les études que nous venons d'aborder (91,94,95), la fabrication de couronnes grâce à des processus digitaux semble plus indiquée lors de la réalisation de prothèses sur des dents préparées verticalement car plus précise, notamment en regard de la zone marginale. Même si les méthodes conventionnelles offrent des résultats convenables, le risque d'erreur y est plus important (91). Une étude de grande étendue comparant les différentes limites de finition et les différents processus de fabrication permettrait d'étendre cette conclusion.

5. Cas Cliniques

Le cas clinique suivant est présenté dans l'article de *Agustín-Panadero et Solá-Ruíz* (18). Il s'agit d'une femme de 48 ans sans historique médical particulier qui consulte pour améliorer l'esthétique de son sourire. Le secteur antérieur maxillaire est déjà restauré par des couronnes en céramique feldspathique (Fig.14a). Ces prothèses ne sont plus adaptées et présentent des signes de reprise carieuse et d'inflammation gingivale. Suite à l'examen complet, un diagnostic de maladie parodontale est posé et il est décidé d'extraire la dent 21. Après le traitement parodontal, l'incisive centrale gauche est extraite et une implantation avec mise en charge immédiate (Fig.14b) sont réalisées. La patiente reçoit des consignes d'hygiène bucco-dentaire. Trois mois après l'implantation, les couronnes sont déposées et les caries curetées (Fig.14c). Il est choisi de réaliser une préparation verticale associée à un gingivage de manière à conserver le plus possible de substance dentaire et d'augmenter l'épaisseur gingivale. Les congés horizontaux sont donc effacés (en même temps que la jonction émail-cément) et les tissus mous traités (Fig.14d). La préparation est contrôlée pour respecter l'espace biologique et se situe donc à 0,5-1 mm du fond du sulcus. Suite à cela, les couronnes transitoires sont mises en place pour permettre la cicatrisation des tissus mous et leur adaptation au nouveau profil d'émergence des couronnes (Fig.14e). Après trois mois, les restaurations temporaires sont déposées, les tissus mous ont bien cicatrisé (Fig.14f,g). Les couronnes d'usage sont posées (Fig.14h). Aucune complication mécanique ou biologique n'a été trouvée à 6 et à 12 mois. Dans ce cas l'empreinte a été prise grâce à un polyvinyl siloxane, les couronnes sont constituées d'une chape en zircone, d'une couche de maquillage et ont été fabriquées par CAO/FAO.



Figure 14 : Cas clinique n°1 (18)

Dans le second cas clinique (19), une femme de 45 ans sans problèmes médicaux, se présente au cabinet pour des problèmes esthétiques (Fig.15a). Chez cette patiente, l'incisive centrale droite est absente, et après examen clinique, il est décidé d'extraire l'incisive latérale droite. Il est donc proposé une restauration par bridge en préparation verticale afin de garder les dents vivantes. Avant de préparer les dents, la localisation de la jonction émail-cément et la profondeur du sulcus sont étudiées afin de déterminer où la limite de finition s'arrêtera. Suite à cela, les dents sont préparées, la jonction émail-cément effacée et les tissus mous préparés (Fig.15b,c). Les couronnes provisoires sont ensuite placées afin de permettre la cicatrisation des tissus mous et leur bonne adaptation au nouveau profil d'émergence (Fig.15d). Huit semaines après, les tissus ont cicatrisé et sont sains (Fig.15e,f,g). La préparation s'arrête à 0,5 - 1 mm du fond du sulcus afin de respecter l'espace biologique. Le bridge définitif est ensuite

posé (Fig.15h). Un contrôle à 3, 6, 12 et 24 mois a révélé l'absence de complications mécaniques ou biologiques.

Dans ce cas l'empreinte a été prise grâce à un polyvinyl siloxane, le bridge est constitué d'une chape en zircone, d'une couche de maquillage et a été fabriqué par CAO/FAO.



Figure 15 : Cas Clinique n°2 (19)

6. Conclusion

Les préparations horizontales sont depuis longtemps considérées comme le gold standard lorsqu'il s'agit de restaurations prothétiques conjointes. Cependant elles ne peuvent répondre à toutes les situations cliniques et sont même, dans certains cas (dents vitales, carie à la limite de finition, dents déjà préparées, maladie parodontale), déconseillées.

Au vu des dernières avancées technologiques, d'une demande d'esthétisme toujours plus grande des patients et de l'approche conservatrice de la dentisterie moderne, les préparations verticales semblent de nouveau adaptées. Elles ne remplacent pas les préparations horizontales mais offrent plus de choix thérapeutique au praticien, notamment dans les cas où le design de finition horizontale a atteint ses limites.

Le travail ci-dessus a donc montré qu'une restauration par préparation verticale présentait une solution au moins autant satisfaisante à court et moyen terme. Cependant, elle repose sur une indication précise, un protocole strict et une bonne coordination entre praticien et prothésiste de façon à ce que l'ensemble dent/couronne s'intègrent le mieux à la situation clinique des patients.

Une étude de plus grande envergure et comparant tous les paramètres présentés dans cette thèse permettrait d'étendre les résultats et d'affiner les indications où ce type de préparation verticale est plus ou moins indiqué que le gold standard.

Bibliographie

1. Orkin DA, Reddy J, Bradshaw D. The relationship of the position of crown margins to gingival health. *J Prosthet Dent.* avr 1987;57(4):421-4.
2. Revah RKA, Kohavi D, Rehany A, Stern N. Finish lines in fixed prosthodontics. *Refuat Hapeh Vehashinayim.* oct 1978;27(4):31-5.
3. Felton DA. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *J Prosthet Dent.* 1991;65(3):357-64.
4. Felice AD. Biologically oriented preparation technique (BOPT): a new approach for prosthetic restoration of periodontically healthy teeth. *Eur J Esthet Dent.* 2013;(1):16.
5. Stankiewicz NR, Wilson PR. The ferrule effect: a literature review. *Int Endod J.* juill 2002;35(7):575-81.
6. Stankiewicz N, Wilson P. The ferrule effect. *Dent Update.* mai 2008;35(4):222-8.
7. Sorensen JA, Engelman MJ. Ferrule design and fracture resistance of endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1990;63(5):529-36.
8. Lu Z-Y, Zhang Y-X. Effects of post-core design and ferrule on fracture resistance of endodontically treated maxillary central incisors. *J Prosthet Dent.* 2003;89(4):368-73.
9. Jotkowitz A, Samet N. Rethinking ferrule – a new approach to an old dilemma. *Br Dent J.* juill 2010;209(1):25-33.
10. Sorensen SE, Larsen IB, Jørgensen KD. Gingival and alveolar bone reaction to marginal fit of subgingival crown margins. *Eur J Oral Sci.* avr 1986;94(2):109-14.
11. Agustín-Panadero R, Martín-de Llano J, Fons-Font A, Carda C. Histological study of human periodontal tissue following biologically oriented preparation technique (BOPT). *J Clin Exp Dent.* 2020;12(6):597-602.
12. Valderhaug J. Periodontal condition and carious lesion following the insertion of fixed prosthesis: a 10-years follow-up study. *Int Dent J.* 1980;30(4):296-304.
13. Valderhaug J, Birkeland M. Periodontal conditions in patients 5years following insertion of fixed prostheses. *J Oral Rehabil.* 1976;3:237-43.
14. Site internet Tomorrowtooth. Learn from cases [Internet]. Disponible sur: <https://www.tomorrowtooth.org>
15. Serra-Pastor B, Loi I, Fons-Font A, Solá-Ruíz MF, Agustín-Panadero R. Periodontal and prosthetic outcomes on teeth prepared with biologically oriented preparation technique: a 4-year follow-up prospective clinical study. *J Prosthodont Res.* oct 2019;63(4):415-20.
16. Site internet KOMET France. Préparations coronaires [Internet]. Disponible sur: <https://komet.fr/fr-FR/Produits/Cabinet-Dentaire/Utilisation/Preparations-coronaires>
17. Khairy Elmorsy A. Protocole préparation verticale dentaire [Internet]. Disponible sur: https://www.youtube.com/watch?v=OOB0EKQshpQ&ab_channel=Dr.AhmedKhairyElmorsy
18. Agustín-Panadero R, Solá-Ruíz MF. Vertical preparation for fixed prosthesis rehabilitation in the anterior sector. *J Prosthet Dent.* oct 2015;114(4):474-8.
19. Agustín-Panadero R, Solá-Ruíz MF, Chust C, Ferreiroa A. Fixed dental prostheses with vertical tooth preparations without finish lines: a report of two patients. *J Prosthet Dent.* mai 2016;115(5):520-6.
20. Schweikert EO. Feather-edged or knife-edged preparation and impression technique. *J Prosthet Dent.* 1984;52(2):243-6.
21. García-Gil I, Perez de la Calle C, Lopez-Suarez C, Pontevedra P, Suarez Mj. Comparative analysis of trueness between conventional and digital impression in dental-supported fixed dental prosthesis with vertical preparation. *J Clin Exp Dent.* 2020;12(9):896-901.
22. Patroni S, Chiodera G, Caliceti C, Ferrari P. CAD/CAM technology and zirconium oxide with feather-edge marginal preparation. *Eur J Esthet Dent.* 2010;5(1):78-100.
23. Stoll R, Stachniss V. Computer-assisted technologies in dentistry. *Dtsch Zahnärztl Z.* 45(6):314-22.

24. Allen KL, Schenkel AB, Estafan D. An overview of the CEREC 3D CAD/CAM system. *J Gen Dent.* 2004;52(3):234-5.
25. Baig MR, Tan KB-C, Nicholls JI. Evaluation of the marginal fit of a zirconia ceramic computer-aided machined (CAM) crown system. *J Prosthet Dent.* oct 2010;104(4):216-27.
26. Paniz G, Nart J, Gobbato L, Chierico A, Lops D, Michalakis K. Periodontal response to two different subgingival restorative margin designs: a 12-month randomized clinical trial. *Clin Oral Investig.* juill 2016;20(6):1243-52.
27. Paniz G, and al. Dual-center cross-sectional analysis of periodontal stability around anterior all-ceramic crowns with a feather-edge or chamfer subgingival preparation. *Int J Periodont Restor Dent.* 2020;40(4):499-507.
28. Agustín-Panadero R, Serra-Pastor B, Loi I, Suárez MJ, Pelaez J, Solá-Ruíz F. Clinical behavior of posterior fixed partial dentures with a biologically oriented preparation technique: A 5-year randomized controlled clinical trial. *J Prosthet Dent.* juin 2020;125(6):870-6.
29. Gracis S, Fradeani M, Celletti R, Bracchetti G. Biological integration of aesthetic restorations: factors influencing appearance and long-term success: Gracis et al. *Periodontol* 2000. oct 2001;27(1):29-44.
30. Bennani V, Ibrahim H, Al-Harhi L, Lyons KM. The periodontal restorative interface: esthetic considerations. *Periodontol* 2000. juin 2017;74(1):74-101.
31. Agustín-Panadero R, Serra-Pastor B, Fons-Font A, Solá-Ruíz M. Prospective clinical study of zirconia full-coverage restorations on teeth prepared with biologically oriented preparation technique on gingival health: results after two-year follow-up. *Oper Dent.* sept 2018;43(5):482-7.
32. Silness J. Periodontal conditions in patients treated with dental bridges. *J Periodontal Res.* 1970;5(3):225-9.
33. Fernandez-Estevan L, Selva-Otaolaurruchi EJ, Montero J, Sola-Ruiz F. Oral health-related quality of life of implant-supported overdentures versus conventional complete prostheses : Retrospective study of a cohort of edentulous patients. *Med Oral Patol Oral Chir Bucal.* 20(4):e450-458.
34. Paniz G. Clinical periodontal response to anterior all-ceramic crowns with either chamfer or feather-edge subgingival tooth preparations : six-month results and patient perception. *Int J Periodont Restor.* 2017;37(1):61-8.
35. Gavelis JR, Morency JD, Riley ED, Sozio R. B. The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seat of full crown preparations. *J Prosthet Dent.* 1981;45(2):138-45.
36. Neman V. The effect of various finish line configurations on the marginal seal and occlusal discrepancy of cast full Crowns after cementation - An in-vitro study. *J Clin Diagn Res [Internet].* 2015 [cité 8 avr 2021]; Disponible sur: http://jcd.r.net/article_fulltext.asp?issn=0973-709x&year=2015&volume=9&issue=8&page=ZC18&issn=0973-709x&id=6283
37. Comlekoglu M, Dundar M, Özcan M, Gungor M, Gokce B, Artunc C. Influence of cervical finish line type on the marginal adaptation of zirconia ceramic crowns. *Oper Dent.* sept 2009;34(5):586-92.
38. Contrepolis M, Soenen A, Bartala M, Laviolle O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent.* déc 2013;110(6):447-454.e10.
39. Karlsson S. A clinical evaluation of fixed bridges, 10 years following insertion. *J Oral Rehabil.* 1986;13(5):423-32.
40. Valderhaug J, Heloe LA. Oral hygiene in a group supervised patients with fixed prostheses. *J Periodontol.* 1977;48(4):221-4.
41. Cortellini D, Canale A, Souza ROA, Campos F, Lima JC, Özcan M. Durability and weibull characteristics of lithium disilicate crowns bonded on abutments with knife-edge and large chamfer finish lines after cyclic loading: influence of finish line on the fracture strength of LiSi₂ Crowns. *J Prosthodont.* déc 2015;24(8):615-9.
42. Reich S, Petschelt A, Lohbauer U. The effect of finish line preparation and layer

- thickness on the failure load and fractography of ZrO₂ copings. *J Prosthet Dent.* mai 2008;99(5):369-76.
43. Proos KA, Swain MV, Ironside J, Steven GP. Influence of core thickness on a restored crown of a first premolar using finite element analysis. *Int J Prosthodont.* sept 2003;16(5):474-80.
 44. Findakly MB, Jasim HH. Influence of preparation design on fracture resistance of different monolithic zirconia crowns: a comparative study. *J Adv Prosthodont.* 2019;11(6):324.
 45. Wall J, Cipra D. Alternative crown systems. Is the metal-ceramic crown always the resoration of choice ? *Dent Clin North Am.* 1992;36(3):765-82.
 46. Raptis N, Michalakis K, Hirayama H. Optical behavior of current ceramic systems. *Int J Periodont Restor.* 2006;26(1):31-41.
 47. Chan C, Weber H. Plaque retention on teeth restored with full-ceramic crowns : a comparative study. *J Prosthet Dent.* 1986;56(6):666-71.
 48. Sjögren G, Sletten G, Dahl J. Cytotoxicity of dental alloys, metal, and ceramics assessed by millipore filter, agar overlay, and MTT tests. *J Prosthet Dent.* 2000;84(2):229-36.
 49. Manicone PF, Rossi Iommetti P, Raffaelli L. An overview of zirconia ceramics: basic properties and clinical applications. *J Dent.* nov 2007;35(11):819-26.
 50. Fradeani M, Rademagni M, Corrado M. Porcelain laminate veneers : 6 to 12 year clinical evaluation. A retrospective study. *Int J Periodont Restor.* 2005;25(1):9-17.
 51. Flury S, Lussi A, Peutzfeldt A, Zimmerli B. Push-out bond strenght of CAD/CAM ceramic luted to dentin with self-adhesive resin cements. *Dent Mater.* 2010;26(9):855-63.
 52. Helvey G. Ceramics. *Compend Contin Educ Dent.* 2010;31:309-11.
 53. Sax C, Hammerle C, Sailer I. 10-year clinical outcomes of fixed dental prostheses with zirconia frameworks. *Int J Comput Dent.* 2011;14:183-202.
 54. Raigrodski A, Hillstead M, Meng G, Chung K. Survival and complications of zirconia-based fixed dental prostheses : a systematic review. *J Prosthet Dent.* 2012;107(3):170-7.
 55. Denry I, Holloway J. Ceramics for dental applications : a review. *Materials.* 2010;3(1):351-68.
 56. Guazzato M, Albakry M, Ringer S, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of ceramic materials, part I: pressable and alumina glass-infiltrated ceramics. *Dent Mater.* 2004;20(5):441-8.
 57. Guazzato M, Albakry M, Ringer S, Swain MV. Strength, fracture toughness and microstructure of a selection of ceramic materials, part II : zirconia-based dental ceramics. *Dent Mater.* 2004;20(5):449-56.
 58. Christensen G. The ceramic restoration dilemma : where are we ? *J Am Dent Assoc.* 2011;142(6):668-71.
 59. Chu S. Current clinical strategies with lithium-disilicate restorations. *Compend Contin Educ Dent.* 2012;33(1):64-7.
 60. Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D. Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clin Oral Investig.* janv 2013;17(1):275-84.
 61. Fabbri G, Zarone F, Dellificorelli G, Cannistraro G, Lorenzi MD, Mosca A, et al. Clinical evaluation of 860 anterior and posterior lithium disilicate restorations: retrospective study with a mean follow-up of 3 years and a maximum observational period of 6 years. *Restor Dent.* 2014;34(2):14.
 62. Schmitz JH, Beani M. Effect of different cement types on monolithic lithium disilicate complete crowns with feather-edge preparation design in the posterior region. *J Prosthet Dent.* juin 2016;115(6):678-83.
 63. Cortellini D, Canale A. Bonding lithium disilicate ceramic to feather-edge tooth preparations: a minimally invasive treatment concept. *J Adhes Dent.* févr 2012;14(1):7-10.
 64. Helmer JD, Driskell TD. Research on bioceramics. Symposium on use of ceramics as surgical implants. *Clemson Univ S C.* 1969;

65. Gautam C, Joyner J, Gautam A, Rao J, Vajtai R. Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. *Dalton Trans.* 2016;45(48):19194-215.
66. Takeichi T, Katsoulis J, Blatz MB. Clinical outcome of single porcelain-fused-to-zirconium dioxide crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent.* déc 2013;110(6):455-61.
67. Pihlaja J, Nääpänkangas R, Raustia A. Early complications and short-term failures of zirconia single crowns and partial fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent.* 2014;112(4):778-83.
68. Rhüle M, Heuer AH. Science and technology of zirconia II. American Ceramic Society. Columbus : Ohio; 1984. (Advances in ceramics; vol. 12).
69. Gupta T, Bechtold J, Kuznicki R, Cadoff L, Rosing B. Stabilization of tetragonal phase in polycrystalline zirconia. *J Mater Sci.* 1977;12(1):2421-2126.
70. Örtorp A, Lind Kihk M, Carlsson GE. A 3-year retrospective and clinical follow-up study of zirconia single crowns performed in a private practice. *J Dent.* 2009;37(9):731-6.
71. Häff A, Löf H, Gunne J, Sjögren G. A retrospective evaluation of zirconia-fixed partial dentures in general practices: an up to 13-year study. *Dent Mater.* févr 2015;31(2):162-70.
72. Ioannidis A, Bindl A. Clinical prospective evaluation of zirconia-based three-unit posterior fixed dental prostheses: up-to ten-year results. *J Dent.* avr 2016;47(1):80-5.
73. Poggio CE, Dosoli R, Ercoli C. A retrospective analysis of 102 zirconia single crowns with knife-edge margins. *J Prosthet Dent.* mai 2012;107(5):316-21.
74. Schmitt J, Wichmann M, Holst S, Reich S. Restoring severely compromised anterior teeth with zirconia crowns and feather-edged margin preparations : a 3-year follow-up of a prospective clinical trial. *Int J Prosthodont.* 2010;23(2):107-9.
75. Silva NRFA, Thompson VP, Valverde GB, Coelho PG, Powers JM, Farah JW, et al. Comparative reliability analyses of zirconium oxide and lithium disilicate restorations in vitro and in vivo. *J Am Dent Assoc.* avr 2011;142(2):4S-9S.
76. Zarone F, Russo S, Sorrentino R. From porcelain-fused-to-metal to zirconia : clinical and experimental considerations. *Dent Mater.* 2011;27(1):83-96.
77. Fuzzi M, Tricarico MG, Cagidiaco EF, Bonadeo G, Sorrentino R, Ferrari M. Nanoleakage and internal adaptation of zirconia and lithium disilicate single crowns with feather edge preparation. *J Osseointegration.* 9(2):250-62.
78. Holmes J, Bayne S, Holland G, Sulik W. Considerations in measurement of marginal fit. *J Prosthodont Dent.* 1989;62:405-8.
79. Bernal G, Jones R, Brown D, Munoz C, Goodacre C. The effect of finish line form and luting agent on the breaking strength of Dicor crowns. *Int J Prosthodont.* 1993;6(3):286-90.
80. Dumfahrt H. Porcelain laminate veneers. A retrospective evaluation after 1 to 10 years of service. Part 1: Clinical procedure. *Int J Prosthodont.* 1999;12(6):505-13.
81. Andreas E, Albert M. In-vitro evaluation of the accuracy of conventional and digital methods of obtaining full-arch dental impressions. *Quintessence Int.* 2015;46(1):9-17.
82. Christensen G. Impressions are changing : deciding on conventional, digital or digital plus in-office milling. *J Am Dent Assoc.* oct 2009;140(10):1301-4.
83. Christensen G. Will digital impressions eliminate the current problems with conventional impressions ? *J Am Dent Assoc.* 2008;139(6):761-3.
84. Güth J, Keul C, Stimmelmayer M, et al. Accuracy of digital models obtained by direct and indirect data capturing. *Clin Oral Investig.* 2013;17(4):1201-8.
85. Gjølvoold B, Chrcanovic BR, Korduner E-K, Collin-Bagewitz I, Kisch J. Intraoral digital impression technique compared to conventional impression technique. A randomized clinical trial: conventional vs. digital impression. *J Prosthodont.* juin 2016;25(4):282-7.
86. Abdel-Azim T, Rogers K, Elathamna E, Zandinejad A, Metz M, Morton D. Comparison of the marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated with CAD/CAM technology by using conventional impressions and two intraoral digital scanners. *J Prosthet*

Dent. oct 2015;114(4):554-9.

87. Mc Lean J, Von Fraunhofer J. The estimation of cement film thickness by an in vivo technique. *Br Dent J.* 1971;131(3):107-11.
88. Mc Lean J. Polycarboxylate cements. Five years experience in general practice. *Br Dent J.* 1972;132(1):9-15.
89. Seelbach P, Brueckel C, Wöstmann B. Accuracy of digital and conventional impression techniques and workflow. *Clin Oral Investig.* 2013;17(7):1759-64.
90. Syrek A, Reich G, Ranftl D, Klein C, Cerny B, Brodesser J. Clinical evaluation of all-ceramic crowns fabricated from intraoral digital impressions based on the principle of active wavefront sampling. *J Dent.* 2010;38(7):553-9.
91. Ng J, Ruse D, Wyatt C. A comparison of the marginal fit of crowns fabricated with digital and conventional methods. *J Prosthet Dent.* sept 2014;112(3):555-60.
92. Van Noort R. The future of dental devices is digital. *Dent Mater.* 2012;28:3-12.
93. Beuer F, Schweiger J, Edelhoff D. Digital dentistry : an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J.* 2008;204(9):505-11.
94. Grenade C, Mainjot A, Vanheusden A. Fit of single tooth zirconia copings: comparison between various manufacturing processes. *J Prosthet Dent.* avr 2011;105(4):249-55.
95. Riccitiello F, Amato M, Leone R, Spagnuolo G, Sorrentino R. In vitro evaluation of the marginal fit and internal adaptation of zirconia and lithium disilicate single crowns: micro-CT comparison between different manufacturing procedures. *Open Dent J.* 22 févr 2018;12(1):160-72.

LISTE FIGURES ET TABLEAUX

Tableau 1 : Résultats de l'étude de PANIZ et al. 2016 (26)	18
Tableau 2 : Résultats de l'étude de PANIZ et al. 2020 (27)	19
Tableau 3 : Résultats de l'étude PANADERO et al. 2020 (28)	20
Tableau 4 : Résultats de l'étude PANADERO et al. 2018 (31)	21
Tableau 5 : Résultats des paramètres mesurés au cours des 4 ans (15).....	22
Tableau 6 : Résultats de l'étude PANIZ et al. (34)	23
Tableau 7 : Joint marginal et assise occlusale (35)	24
Tableau 8 : Mesure de l'épaisseur de ciment au niveau occlusal et marginal de différentes lignes de finition (36)	26
Tableau 9 : Répartition des différents modes d'échec (ou failure mode) pour chaque groupe expérimental, (41)	27
Tableau 10 : Mesure (en N) de l'apparition de fracture en fonction de l'épaisseur et de la ligne de finition (42).....	28
Tableau 11 : Tableau récapitulatif des résultats de l'étude FINDAKLY et al. (44)	28
Tableau 12 : Mode de fracture (classification de BURKE) (44).....	29
Tableau 13 : Mode de fracture des différents sous-groupes (44)	29
Tableau 14 : Taux de survie des couronnes dans les différents groupes (62)	31
Tableau 15 : Infiltration des couronnes en disilicate de lithium et en zirconie (77)	33
Tableau 16 : Fractures observées sur les différentes couronnes (77).....	33
Tableau 17 : Mesure de l'épaisseur de ciment en microns au niveau marginal (77)	34
Tableau 18 : Évaluation du temps, de la difficulté et du confort entre empreinte conventionnelle et digitale (84)	35
Tableau 19 : Critères cliniques entre empreinte conventionnelle et digitale (84).....	35
Tableau 20 : Adaptation marginale des couronnes selon différents enregistrements (85).....	36
Tableau 21 : Ouverture marginale en microns des différents groupes (90)	38
Tableau 22 : Adaptation marginale absolue et adaptation interne des différents groupes (94).....	40

MOREAU (Louis). –La place des préparations verticales dans l’activité prothétique du cabinet dentaire. – 44 f ; ill. ; tabl. ; 95 ref. ; 30cm (Thèse : Chir. Dent. ; Nantes ;2022)

RESUME

Avec l’exigence toujours plus forte des patients et la volonté d’économie tissulaire des praticiens, les préparations dites « classique » horizontales ont, dans certains cas (dents déjà préparées, carie à la limite de finition, vitales), atteints leurs limites.

Avec l’émergence de nouveau biomatériaux et de nouvelles technologies, les préparations verticales, tout d’abord mise de côté car jugées néfastes sur le plan mécanique, biologique et esthétique, sont de nouveau envisagées. Une limite de finition plus conservatrice, associée à des matériaux plus résistants et un protocole strict permettrait d’offrir plus de choix au praticien lors de sa stratégie thérapeutique.

Ce travail de thèse va tout d’abord exposer les différents principes des préparations verticales ainsi que son protocole.

Une comparaison entre les deux grands types de préparations (horizontale et verticale), des différents biomatériaux et mode de fabrication permettra de conclure si ce type de préparation présente une alternative aux restaurations « classiques », et si oui dans quels cas.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Prothèse dentaire

MOTS CLES MESH

Préparation préprothétique de dent / Tooth preparation, Prosthodontic

Prothèse dentaire fixe / Denture, Partial, Fixed

Porcelaine dentaire / Dental porcelain

Technologie dentaire / Technology, dental

Protocoles cliniques / Clinical protocols

JURY

Président : Professeur LE GUEHENNEC L.

Directeur : Docteur JORDANA F.

Assesseur : Docteur LE BARS P.

Invités : Docteur LANOISELEE E. et Docteur SARKISSIAN L-E

ADRESSE DE L’AUTEUR

14 rue du parc 44115 Basse-Goulaine

louis.m.2.4@hotmail.fr