

**UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER**  
**FACULTE DE SANTE – DEPARTEMENT D'ODONTOLOGIE**

---

ANNEE 2023

2023 TOU3-3002

**THESE**

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

Présentée et soutenue publiquement

par

**LAFOURCADE Manon**

le 10 Janvier 2023

**DETERMINATION DE L'ESPACEMENT PROTHETIQUE  
OPTIMAL EN FONCTION DU MATERIAU DE COLLAGE  
LORS DE LA REALISATION D'OVERLAYS PAR CFAO**

Directeurs de thèse : Drs. Karim NASR et Thibault CANCEILL

---

**JURY**

Président :	Professeur Paul MONSARRAT
1 <sup>er</sup> assesseur :	Docteur Karim NASR
2 <sup>ème</sup> assesseur :	Docteur Thibault CANCEILL
3 <sup>ème</sup> assesseur :	Docteur Julien DELRIEU
Invitée :	Madame Laetitia PIERUCCIONI





**Faculté de santé**  
**Département d'Odontologie**

➔ **DIRECTION**

**Doyen de la Faculté de Santé**

M. Philippe POMAR

**Vice Doyenne de la Faculté de Santé**

**Directrice du Département d'Odontologie**

Mme Sara DALICIEUX-LAURENCIN

**Directeurs Adjointes**

Mme Sarah COUSTY

M. Florent DESTRUHAUT

**Directrice Administrative**

Mme Muriel VERDAGUER

**Présidente du Comité Scientifique**

Mme Cathy NABET

➔ **HONORARIAT**

**Doyens honoraires**

M. Jean LAGARRIGUE +

M. Jean-Philippe LODTER +

M. Gérard PALOUDIER

M. Michel SIXOU

M. Henri SOULET

**Chargés de mission**

M. Karim NASR (*Innovation Pédagogique*)

M. Olivier HAMEL (*Maillage Territorial*)

M. Franck DIEMER (*Formation Continue*)

M. Philippe KEMOUN (*Stratégie Immobilière*)

M. Paul MONSARRAT (*Intelligence Artificielle*)

➔ **PERSONNEL ENSEIGNANT**

**Section CNU 56 : Développement, Croissance et Prévention**

**56.01 ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE et ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE** (Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER)

**ODONTOLOGIE PEDIATRIQUE**

Professeurs d'Université : Mme Isabelle BAILLEUL-FORESTIER, M. Frédéric VAYSSE

Maîtres de Conférences : Mme Emmanuelle NOIRRI-ESCLASSAN, Mme Marie- Cécile VALERA, M. Mathieu MARTY

Assistants : Mme Anne GICQUEL, M. Robin BENETAH

Adjoints d'Enseignement : M. Sébastien DOMINE, M. Mathieu TESTE, M. Daniel BANDON

**ORTHOPEDIE DENTO-FACIALE**

Maîtres de Conférences : M. Pascal BARON, Mme Christiane LODTER, M. Maxime ROTENBERG

Assistants : M. Vincent VIDAL-ROSSET, Mme Carole VARGAS

Adjoints d'Enseignement : Mme. Isabelle ARAGON

**56.02 PRÉVENTION, ÉPIDÉMIOLOGIE, ÉCONOMIE DE LA SANTÉ, ODONTOLOGIE LÉGALE** (Mme NABET Catherine)

Professeurs d'Université : M. Michel SIXOU, Mme Catherine NABET, M. Olivier HAMEL, M. Jean-Noël VERGNES

Assistante : Mme Géromine FOURNIER

Adjoints d'Enseignement : M. Alain DURAND, Mlle. Sacha BARON, M. Romain LAGARD, M. Jean-Philippe GATIGNOL

Mme Carole KANJ, Mme Mylène VINCENT-BERTHOUMIEUX, M. Christophe BEDOS

**Section CNU 57 : Chirurgie Orale, Parodontologie, Biologie Orale**

**57.01 CHIRURGIE ORALE, PARODONTOLOGIE, BIOLOGIE ORALE** (M. Philippe KEMOUN)

**PARODONTOLOGIE**

Maîtres de Conférences Mme Sara LAURENCIN- DALICIEUX, Mme Alexia VINEL, Mme. Charlotte THOMAS

Assistants: M. Joffrey DURAN, M. Antoine AL HALABI

Adjoints d'Enseignement : M. Loïc CALVO, M. Christophe LAFFORGUE, M. Antoine SANCIER, M. Ronan BARRE ,

Mme Myriam KÄDDECH, M. Matthieu RIMBERT,

### CHIRURGIE ORALE

Professeur d'Université : Mme Sarah COUSTY  
Maîtres de Conférences : M. Philippe CAMPAN, M. Bruno COURTOIS  
Assistants : M. Clément CAMBRONNE, M. Antoine DUBUC  
Adjoints d'Enseignement : M. Gabriel FAUXPOINT, M. Arnaud L'HOMME, Mme Marie-Pierre LABADIE, M. Luc RAYNALDY, M. Jérôme SALEFRANQUE,

### BIOLOGIE ORALE

Professeurs d'Université : M. Philippe KEMOUN, M. Vincent BLASCO-BAQUE  
Maîtres de Conférences : M. Pierre-Pascal POULET, M. Matthieu MINTY  
Assistants : Mme Chiara CECCHIN-ALBERTONI, M. Maxime LUIS, Mme Valentine BAYLET GALY-CASSIT, Mme Sylvie LE  
Adjoints d'Enseignement : M. Mathieu FRANC, M. Hugo BARRAGUE, M. Olivier DENY, Mme Inessa TIMOFEEVA-JOSSINET

## **Section CNU 58 : Réhabilitation Orale**

### 58.01 DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE, PROTHESES, FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX (M. Franck DIEMER)

#### DENTISTERIE RESTAURATRICE, ENDODONTIE

Professeur d'Université : M. Franck DIEMER  
Maîtres de Conférences : M. Philippe GUIGNES, Mme Marie GURGEL-GEORGELIN, Mme Delphine MARET-COMTESSE  
Assistants : Mme Sophie BARRERE, Mme. Manon SAUCOURT, M. Ludovic PELLETIER  
M. Nicolas ALAUX, M. Vincent SUAREZ, M. Lorris BOIVIN  
Adjoints d'Enseignement : M. Eric BALGUERIE, M. Jean- Philippe MALLET, M. Rami HAMDAN, M. Romain DUCASSE, Mme Lucie RAPP

#### PROTHÈSES

Professeurs d'Université : M. Philippe POMAR, M. Florent DESTRUHAUT,  
Maîtres de Conférences : M. Rémi ESCLASSAN, M. Antoine GALIBOURG,  
Assistants : Mme Margaux BROUTIN, Mme Coralie BATAILLE, Mme Mathilde HOURSET, Mme Constance CUNY  
M. Anthony LEBON  
Adjoints d'Enseignement : M. Christophe GHRENASSIA, Mme Marie-Hélène LACOSTE-FERRE, M. Olivier LE GAC, M. Jean-Claude COMBADAZOU, M. Bertrand ARCAUTE, M. Fabien LEMAGNER, M. Eric SOLYOM, M. Michel KNAFO, M. Alexandre HEGO DEVEZA, M. Victor EMONET-DENAND, M. Thierry DENIS, M. Thibault YAGUE

#### FONCTIONS-DYSFONCTIONS, IMAGERIE, BIOMATERIAUX

Professeur d'Université : Mr. Paul MONSARRAT  
Maîtres de Conférences : Mme Sabine JONJOT, M. Karim NASR, M. Thibault CANCEILL  
Assistants : M. Julien DELRIEU, M. Paul PAGES,  
Adjoints d'Enseignement : Mme Sylvie MAGNE, M. Thierry VERGÉ, M. Damien OSTROWSKI

-----  
*Mise à jour pour le 07 décembre 2022*

## Remerciements

A mes parents, je vous dois tout. Merci pour tout l'amour que vous me portez et le cadre privilégié dans lequel j'ai grandi. Pour m'avoir toujours encouragée à donner le meilleur de moi-même, pour la rigueur que vous m'avez transmise (et le goût des sciences !) et surtout votre soutien sans faille. Je vous aime.

A Papou et Manou, mes grands-parents rêvés. Merci de m'avoir tant choyée, gâtée et aimée. Vous me manquez, j'espère vous rendre fiers. A Mamée, que je regrette d'avoir si peu connue. A Papi, pour ton soutien et les beaux moments passés à tes côtés en famille.

A ma sœur Virginie, merci d'avoir créé et entretenu cette belle relation malgré notre différence d'âge. Je t'aime et serai toujours là pour toi. A mes neveux Gabin et Louis, que vous soyez heureux. A Thomas. Je vous souhaite tout le meilleur.

A Vincent, qui me pousse à toujours me surpasser. Merci pour tout l'amour, l'épanouissement et la sérénité que tu m'apportes, le meilleur reste à venir.

A Céline, ma meilleure amie. Nos déclarations d'il y a 10 ans sont toujours vraies aujourd'hui. La vraie définition de loin des yeux mais près du cœur, notre amitié semble impérissable. Je te souhaite le meilleur, que nos chemins ne se séparent jamais.

A Hugo, rien ne comblera le vide que tu as laissé. En souvenir de cette merveilleuse enfance et adolescence à tes côtés. Tu me manques.

A Clara, Claire et Amélie, mes soleils au quotidien. Notre amitié est à la hauteur de toute l'estime et l'affection que j'ai pour vous, qu'elle dure pour toujours.

A Benjamin, mon cher binôme. Je suis si reconnaissante de ces années passées à tes côtés entre rires, confidences et galères. A notre sincère amitié.

A 13 Organisés et aux Gros Tas. Je n'aurais pu imaginer meilleurs copains pour ces 5 années passées. A tous ces week-ends organisés, ces bringues et ces repas 3\* à venir.

A Valentin, Clément, Julien et Jean pour mes meilleures années lycée et pour m'avoir fait tant rire. L'attachement que j'ai pour vous dépasse votre insolence, c'est dire... A notre intarissable amitié.

A Louise, pour nous être suivies durant toutes ces années. Merci pour ta bienveillance et cette amitié si précieuse.

A Camille et Anatole, cette P1 n'aurait pas eu cette douce saveur sans vous. Je vous souhaite tout le meilleur et ne doute pas que vous ferez d'excellents médecins.

Aux Ivrognes et à mes amis Leucatois, personne ne peut comprendre tant qu'il ne l'a pas vécu ! J'ai grandi à vos côtés, merci pour tous ces moments inoubliables dans notre coin de paradis. A tous ceux à venir, dans le rire et la joie de se retrouver.

Au cabinet dentaire d'Occitanie, merci pour votre accueil chaleureux et la confiance que vous m'avez accordée. Merci de me soutenir et de m'accompagner pour mes premiers pas dans la cour des grands.

A Théo Danielou et Laetitia Pieruccioni pour leur aide précieuse et leur implication dans la réalisation de cette thèse.

A notre Président du jury,

Monsieur le Professeur Paul MONSARRAT,

- Professeur des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Lauréat de la faculté de Médecine Ranguel et de Chirurgie Dentaire de l'Université Paul Sabatier,
- Docteur de l'Université Paul Sabatier - Spécialité Physiopathologie,
- Diplôme Universitaire d'Imagerie 3D maxillo-faciale,
- Diplôme universitaire de Recherche Clinique en Odontologie.

*Nous sommes très honorée que vous ayez accepté de présider notre jury.*

*Nous vous remercions pour la qualité de votre enseignement transmis dès la deuxième année, ainsi que pour ces belles années de clinique.*

*Nous sommes particulièrement reconnaissante de votre pédagogie, ainsi que de la sympathie et accessibilité dont vous avez fait preuve durant nos études.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre gratitude et reconnaissance la plus sincère.*

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Karim NASR,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Lauréat de l'Université Paul Sabatier,
- Master 1 mention Biotechnologie-Biostatistiques,
- Master 2 Recherche en Science des Matériaux,
- Certificat d'Etudes Supérieures de technologie des matériaux employés en Art Dentaire,
- Certificat d'Etudes Supérieures de prothèse Dentaire (Option prothèse Scellée).

*Vous nous avez fait l'honneur d'être à l'origine de cette thèse et de la diriger.*

*Nous vous remercions pour la confiance que vous nous avez accordée pour la réalisation de ce travail, et espérons que ce dernier soit à la hauteur de vos attentes.*

*Nous sommes profondément reconnaissante de l'aide que vous nous avez apportée ainsi que du partage de vos connaissances tant sur la dentisterie adhésive que sur le numérique.*

*Veillez recevoir par ce travail l'expression de notre profond respect.*

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Thibault CANCEILL,

- Maître de Conférences des Universités, Praticien Hospitalier d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- Docteur en sciences des matériaux,
- Master 1 Santé Publique,
- Master 2 de Physiopathologie,
- CES Biomatériaux en Odontologie,
- D.U.de conception Fabrication Assisté par ordinateur en Odontologie (CFAO),
- D.U. de Recherche Clinique en Odontologie,
- Attestation de Formation aux gestes et Soins d'Urgence Niveau 2.

*Nous sommes très honorée que vous ayez accepté d'être notre directeur de thèse.*

*Nous sommes extrêmement reconnaissante d'avoir pu bénéficier de votre accompagnement tout au long de nos études et durant cette thèse, et souhaitons vous remercier pour votre disponibilité, votre écoute et votre sympathie.*

*Nous retiendrons ces agréables moments d'échanges, vos qualités humaines ainsi que la qualité de votre enseignement.*

*Soyez assuré de notre sincère considération, de notre reconnaissance et de notre profond respect.*

A notre jury de thèse,

Monsieur le Docteur Julien DELRIEU,

- Assistant Hospitalier-Universitaire d'Odontologie,
- Docteur en Chirurgie Dentaire,
- CES de Prothèse Fixée,
- Master 1 de Santé Publique,
- Master 2 Anthropobiologie intégrative.

*Nous sommes très honorée que vous ayez accepté de siéger à notre jury de thèse.*

*Nous vous remercions pour votre compétence, votre gentillesse et l'importance que vous accordez au bien-être étudiant.*

*Veillez trouver ici le témoignage de notre profond respect.*

A notre jury de thèse,

Madame Laetitia PIERUCCIONI,

- Master de sciences, technologie, santé mention biotechnologies,
- Responsable de la plateforme d'imagerie du centre d'expertise et de ressources technologiques de RESTORE.

*Merci de nous avoir fait l'honneur de siéger dans ce jury.*

*Nous vous adressons nos sincères remerciements pour votre implication et votre aide précieuse dans la réalisation de cette thèse.*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de notre reconnaissance et de notre profond respect.*

# Sommaire

1. Introduction.....	12
2. Matériels et Méthodes.....	15
2.1. Préparation de la dent de référence.....	15
2.2. Réalisation des planches d'échantillons.....	16
2.3. Conception et fabrication des overlays.....	17
2.4. Collage des overlays.....	18
2.5. Analyse des joints au Micro-CT (Microtomographie aux rayons X).....	20
2.6. Analyse des acquisitions.....	20
3. Résultats.....	22
4. Discussion.....	25
5. Conclusion.....	28
<b>Bibliographie.....</b>	<b>29</b>

# **1. Introduction**

L'indication de la réalisation d'une couronne en première intention est désormais réduite au profit de restaurations partielles collées plus conservatrices des tissus dentaires. L'évolution des techniques adhésives a ainsi vu émerger des concepts tels que le « no post, no crown dentistry » (1) ou encore celui de « biomimétisme » (2), voyant la dent et le matériau de restauration former une « unité fonctionnelle » ayant la capacité de supporter les charges biomécaniques auxquelles elle est soumise.

L'overlay est défini comme étant une restauration indirecte (en céramique ou en composite) collée qui recouvre l'intégralité des cuspides sans préparation des parois proximales, vestibulaires ni linguales (3). Il permet la restitution de la forme et de la fonction de la dent, tout en conservant le tissu dentaire résiduel et sain. Les critères indispensables à son succès sont (4):

- Des limites de restaurations cervicales supra ou juxta-gingivales afin de permettre la mise en place d'un champ opératoire inhérent à un collage de qualité ;
- Des limites de préparation dans l'émail afin d'optimiser la qualité et la pérennité du collage ;
- Un contexte occlusal favorable (pas de para-fonctions).

Les matériaux de choix pour la réalisation d'overlays sont les vitrocéramiques, renforcées en leucite ou en disilicate de lithium, de par leur aptitude au collage, leur esthétique et leurs propriétés mécaniques (5). Cependant, en présence de matériaux de moindre résistance à l'abrasion tels que les alliages précieux, l'amalgame ou la résine composite sur la dent antagoniste, l'utilisation de résine composite pour la réalisation de l'overlay pourra être préférée (6-7).

L'overlay est obligatoirement collé car la rétention de la pièce prothétique ne repose que sur le mode d'assemblage, la préparation n'étant pas ou peu rétentive par souci d'économie tissulaire. Le collage permet également le renforcement des vitrocéramiques (8). Pour cela, plusieurs matériaux de collage sont disponibles :

- Les matériaux d'assemblage collé usuels : composites de collage (aussi appelés colles sans potentiel adhésif) et colles auto-adhésives.  
Parmi les différentes colles présentes sur le marché, celles sans potentiel adhésif semblent les mieux adaptées car elles présentent d'excellentes propriétés mécaniques et optiques ; elles sont aussi les plus couramment utilisées (9). Elles sont généralement à prise duale.
- Les composites de restauration conventionnels (en modalité chauffée) et les composites fluides injectables peuvent également servir de matériaux d'assemblage, avec comme particularité une viscosité plus élevée (10). Leur taux de charge élevé diminue le retrait de polymérisation, l'usure et le vieillissement du joint (11-12). Etant exclusivement photo-polymérisables, ils présentent l'avantage d'un temps de travail totalement maîtrisé par l'opérateur. Cependant une viscosité plus élevée peut limiter l'évacuation des excès et compliquer la parfaite mise en place de la pièce prothétique.

Les vitrocéramiques et les composites hautes performances ou hybrides sont disponibles sur le marché sous forme de blocs pour une mise en forme par usinage au sein d'un flux de travail par CFAO (acronyme de Conception et Fabrications Assistées par Ordinateur).

La CFAO relève de 2 modalités : la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et la FAO (Fabrications Assistée par Ordinateur). La FAO renvoie au procédé de fabrication (usinage ou impression 3D) de la pièce numériquement conçue par CAO. Lors de la conception informatisée, il est possible de jouer de façon très précise sur un grand nombre de paramètres qui de façon traditionnelle et pour certains étaient définis de façon empirique, tel que l'espacement ou épaisseur du joint (interne et marginal).

Il est nécessaire que le hiatus marginal après assemblage soit le plus faible possible afin d'éviter des problèmes tels que : irritation gingivale, dissolution de la colle, développement de caries secondaires et coloration de la gencive marginale (13).

Il y a aujourd'hui un consensus sur la valeur cliniquement acceptable du hiatus marginal final d'une restauration collée qui doit être inférieur à 120  $\mu\text{m}$  (14-15).

Cependant, s'il convient, lors de la conception de la pièce, de définir un espacement marginal minimum pour pérenniser le joint dans le temps, l'espacement interne doit néanmoins laisser la place à la colle, lui permettre de s'écouler lors de l'insertion et éviter toute suroclusion lors du collage.

L'écoulement étant tributaire de la viscosité et de la thixotropie du matériau d'assemblage utilisé, il est alors légitime de penser que la valeur de l'espacement puisse en dépendre et être fixée en fonction du type de matériau d'assemblage qui sera utilisé.

L'objectif de cette étude est de définir l'espacement interne optimal selon le matériau utilisé lors de l'assemblage.

L'hypothèse nulle est que le hiatus marginal après collage ne dépend pas de l'espacement interne. La seconde hypothèse nulle est que le type de matériau d'assemblage collé utilisé n'a aucune conséquence sur la valeur optimale de l'espacement interne.

## **2. Matériels et Méthodes**

### **2.1. Préparation de la dent de référence**

Une première molaire mandibulaire gauche (36) en résine (Frasaco, GmbH) est préparée selon une préparation standardisée d'overlay : réduction homothétique de 1mm de la face occlusale, ajout de deux boxes proximales, biseau périphérique et adoucissement des zones de transition (Figure 1).

La réduction occlusale est effectuée par pénétration contrôlée : rainurage calibré (fraise 828TW, Meisinger), puis régulation et réalisation du biseau (fraise Occlushaper, Komet). Les faces proximales sont préparées avec une fraise congé diamantée de 1mm (8845, Meisinger). La préparation est enfin polie avec les mêmes fraises en granulométrie plus fine et des polissoirs (Enhance, Dentsply-Sirona).

La dent préparée est scannée à l'aide d'une caméra d'empreintes optiques (Primescan, Dentsply Sirona) et comparée par superposition à l'empreinte numérique de la même dent intacte, afin de contrôler et valider l'homothétie de la réduction réalisée.



*Figure 1 : Dent 36 avant et après préparation*

## **2.2. Réalisation des planches d'échantillons**

Un socle de silicone putty (Kite Surf Putty Soft, Acteon) est réalisé afin de servir de support à la dent préparée. Quatre points de composite fluide (G-aenial injectable, GC) sont disposés autour de la dent afin de servir de repères de recalage (Figure 2).

Une empreinte optique de la 36 préparée en place sur le socle en silicone est réalisée (Primescan, Dentply-Sirona).



*Figure 2 : Dent 36 préparée sur son socle en silicone*

Le fichier numérique du modèle 3D issu de l'empreinte (format STL) est importé dans un logiciel de CAO (Meshmixer), puis dupliqué, afin de créer un plateau comportant 10 modèles identiques de la dent 36 préparée. Chaque dent se voit assigner une valeur d'espacement allant de 40 $\mu$ m à 130 $\mu$ m (incrément de 10 $\mu$ m).

Ce plateau est imprimé 3 fois (imprimante Form 3 et résine pour modèles Grey Model Resin (Formlabs)) (Figure 3), permettant d'avoir 3 plateaux d'échantillons identiques pour chacun des matériaux d'assemblage collé choisis (composite injecté (CI), composite dual (CD) ou composite chauffé (CC)).



*Figure 3 : Plateau comportant 10 échantillons*

### **2.3. Conception et fabrication des overlays**

Les conceptions des overlays sont réalisées à l'aide du logiciel CEREC SW (Dentsply Sirona) (version 5.2) en mode copie biogénérique.

L'empreinte optique (Primescan, Dentsply Sirona) de la dent 36 non préparée placée sur le même socle en silicone que pour l'empreinte de la dent préparée (voir 2.2) permet d'obtenir le fichier dont la morphologie sera copiée par le logiciel.

Une empreinte optique (Primescan, Dentsply Sirona) est effectuée pour chaque échantillon de chaque plateau. Les étapes de conception (tracés des limites, zone de copie, design de l'overlay) gérées automatiquement par le logiciel seront privilégiées, les reprises manuelles devant être exception.

Les paramètres de conception définis sont les suivants :

- Joint de collage au bord : 0  $\mu\text{m}$
- Force des contacts proximaux : 25  $\mu\text{m}$
- Force des contacts occlusaux : 25  $\mu\text{m}$
- Force des contacts dynamiques : 25  $\mu\text{m}$
- Epaisseur minimale (radiale) : 0  $\mu\text{m}$
- Epaisseur minimale (occlusale) : 0  $\mu\text{m}$
- Epaisseur du bord : 0  $\mu\text{m}$
- Extension du renforcement de la paroi : 0  $\mu\text{m}$
- Angle de renforcement de la paroi : 60 °
- Angle de renforcement minimal de la paroi : 75 °
- Epaisseur de la paroi : 0  $\mu\text{m}$
- Suppression et comblement des contre-dépouilles
- **Espacement : de 40  $\mu\text{m}$  à 130  $\mu\text{m}$ , selon l'échantillon**

Chaque overlay est ensuite usiné dans des blocs de composite (Cerasmart 270 (GC)) à l'aide d'une usineuse 4 axes (MCXL (Dentply Sirona)).

## **2.4. Collage des overlays**

Si l'adhérence des pièces collées ne sera pas testée (le substrat n'est pas dentaire), toutes les étapes des protocoles de collage seront respectées car elles peuvent impacter l'épaisseur du joint en moins (sablage) ou en plus (adhésif).

### **2.4.1. Préparation du substrat (modèles)**

L'adhésif universel G-Premio BOND (GC) est agité puis appliqué sur les préparations à l'aide d'une micro-brossette pendant 10 secondes, séché fort à la seringue à air durant 5 secondes puis photopolymérisé pendant 20 secondes (lampe D-Light Pro (GC) programme High Power).

#### 2.4.2. Préparation et collage des overlays

Après sablage à l'alumine à 50µm à 2 bars (Microetcher (Danville)), un silane (G-Multi Primer (GC)) est appliqué à l'aide d'une micro-brossette sur l'intrados des overlays, laissé au repos 1 min, puis séché à la seringue à air.

Le protocole de collage dépend ensuite du matériau d'assemblage sélectionné :

- Composite dual (G-CEM Link Force, GC) = échantillons CD  
La colle est appliquée sur la préparation et l'overlay est inséré avec une pression digitale constante. La pression digitale est maintenue lors du retrait initial des excès à l'aide d'une micro-brossette puis lors de la photopolymérisation de 40 secondes par face (200 secondes au total) (lampe D-Light Pro (GC) programme High Power).
- Composite injectable (G-aenial Universal Injectable, GC) = échantillons CI  
Le composite est appliqué sur la préparation et l'overlay est inséré avec une pression digitale constante. La pression digitale est maintenue pour le retrait initial des excès à l'aide d'une micro-brossette puis lors de la photopolymérisation de 1 minute par face (5 minutes au total) (lampe D-Light Pro (GC) programme High Power).
- Composite chauffé (G-aenial, GC) = échantillons CG  
Les compules de composite sont chauffées à 68°C pendant un minimum de 5 minutes (Calset, AdDent). Le composite est ensuite placé sur la préparation et l'overlay est inséré manuellement sous pression jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'excès à évacuer. Une pression digitale est maintenue sur l'overlay pour retirer les excès à la sonde, puis lors de la photopolymérisation de 1 minute par face (5 minutes au total) (lampe D-Light Pro (GC) programme High Power).

Le joint de chacun des échantillons est enfin poli (polissoirs Enhance (Dentply-Sirona)).

## **2.5. Analyse des joints au Micro-CT (Microtomographie aux rayons**

### **X)**

Pour des questions de taille, les plateaux sont coupés afin d'isoler des plaques rectangulaires de 2 échantillons. Ces plaques sont analysées par microtomographie aux rayons X sans préparation préalable (X-Ray Versa 510 (Zeiss)).

Les paramètres d'acquisition sont les suivants :

- Tension de 140 KV et puissance de 10W
- Temps d'exposition de 20s
- Acquisition avec un objectif 4x
- Taille du Pixel : 5,46  $\mu\text{m}$
- Filtre HE2
- Binning de 2
- 801 projections pour une acquisition en Full 360

## **2.6. Analyse des acquisitions**

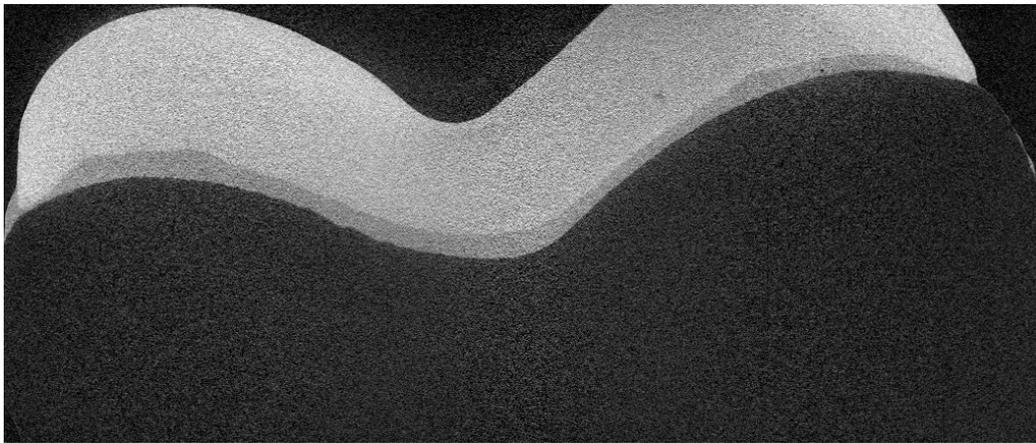
Les acquisitions sont exploitées à l'aide du logiciel ImageJ, avec orientation des coupes dans le sens vestibulo-lingual et de façon orthogonale (Figure 4). Les mesures sont effectuées sur une coupe passant par le centre de l'overlay. Trois zones de joint sont mesurées : vestibulaire, lingual et centre. Les valeurs obtenues sont une moyenne de 5 mesures orthogonales et réalisées en grossissant les zones d'intérêt afin d'être le plus précis possible. Un algorithme, développé et validé au préalable en interne (16), est utilisé afin d'optimiser la réalisation des mesures.

Les variables quantitatives sont présentées sous la forme [moyenne  $\pm$  écart type] avec pour unité le  $\mu\text{m}$ . La comparaison entre tous les groupes est assurée par l'application d'une analyse Anova (p-value totale) après vérification de l'hypothèse d'une distribution normale des valeurs et de l'égalité des variances. Dans le cas contraire, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été préféré.

La comparaison des groupes deux à deux est assurée par l'application de tests de comparaisons multiples de Tukey dans le cas d'une distribution normale des valeurs et de l'égalité des variances. Dans le cas contraire, un test non paramétrique de Mann Whitney Wilcoxon a été préféré et appliqué aux variables deux à deux.

Le seuil de significativité est fixé à 5%.

La base de données a été constituée sur Microsoft Excel® ; les analyses et figures sont réalisées grâce aux logiciels Stata v.13®, R v.3.5.1® et GraphPad Prism 5®.



*Figure 4 : Acquisition obtenue pour le composite injecté à 70 $\mu$ m*

### 3. Résultats

Les moyennes des mesures en vestibulaire sont de  $150,13 \pm 88,1 \mu\text{m}$  pour le groupe composite chauffé (CC),  $63,83 \pm 83,63 \mu\text{m}$  pour le groupe composite injecté (CI) et  $73,63 \pm 82,27 \mu\text{m}$  pour le groupe composite dual (CD) ( $p=0,07$ ) (Tableau 1).

Les moyennes des mesures en centre sont de  $278,14 \pm 50,02 \mu\text{m}$  pour le groupe CC,  $277,02 \pm 23,12 \mu\text{m}$  pour le groupe CI et  $274,09 \pm 27,51 \mu\text{m}$  pour le groupe CD ( $p=0,97$ ) (Tableau 1).

Les moyennes des mesures en lingual sont de  $144,08 \pm 41,11 \mu\text{m}$  pour le groupe CC,  $49,8 \pm 80,74 \mu\text{m}$  pour le groupe CI et  $57,12 \pm 76,33 \mu\text{m}$  pour le groupe CD ( $p=0,01$ ) (Tableau 1).

Le groupe CI obtient le joint vestibulaire et lingual à  $0\mu\text{m}$  ( $p<0,0001$ ) pour les valeurs d'espacement de 50, 70, 80 et  $130\mu\text{m}$  (Tableaux 3 et 4).

Le groupe CD obtient le joint vestibulaire et lingual à  $0\mu\text{m}$  ( $p<0,0001$ ) pour les valeurs d'espacement de 60, 80 et  $90\mu\text{m}$  (Tableaux 3 et 4).

Le groupe CC n'obtient jamais le joint vestibulaire et lingual à  $0\mu\text{m}$  (Tableau 3 et 4).

<b>GROUPE</b>	<b>CC</b>	<b>CI</b>	<b>CD</b>	<b>p</b>
Mesure en Vestibulaire	$150,13 \pm 88,1^a$	$63,83 \pm 83,63^a$	$73,63 \pm 82,27$	0,07
Mesure au Centre	$278,14 \pm 50,02$	$277,02 \pm 23,12$	$274,09 \pm 27,51$	0,97
Mesure en Lingual	$144,08 \pm 41,11^{b,c}$	$49,8 \pm 80,74^b$	$57,12 \pm 76,33^c$	0,01

*Tableau 1 : Moyennes des mesures des groupes CC, CI et CD en vestibulaire, centre et lingual*

<b>GROUPE</b>	<b>CC</b>	<b>CI</b>	<b>CD</b>	<b>p</b>
Valeur 40µm	210,63 ± 25,9 <sup>a</sup>	278,78 ± 54,85 <sup>a</sup>	264,54 ± 33,8	0,046
Valeur 50µm	241,91 ± 24,16	310,02 ± 83,65	229,43 ± 35,16	0,08
Valeur 60µm	288,78 ± 46,44	278,25 ± 37,89	254,23 ± 32,87	0,39
Valeur 70µm	308,91 ± 41,57	256,07 ± 54,47	236,38 ± 57,15	0,11
Valeur 80µm	247,24 ± 43,10	281,78 ± 27,92	274,14 ± 48,89	0,4
Valeur 90µm	238,29 ± 20,49	269,70 ± 23,75	295,56 ± 49,30	0,42
Valeur 100µm	275,27 ± 41,01	292,87 ± 60,75	279,80 ± 63,99	0,89
Valeur 110µm	275,49 ± 29,32	292,38 ± 56,28	306,63 ± 42,73	0,55
Valeur 120µm	306,14 ± 53,78	225,40 ± 33,40	299,84 ± 62,32	0,052
Valeur 130µm	388,79 ± 25,6 <sup>a,b</sup>	285,98 ± 32,62 <sup>b</sup>	300,39 ± 39,9 <sup>a</sup>	0,0007

*Tableau 2 : Mesures au centre des groupes CC, CI et CD en fonction de la valeur d'espacement choisie*

<b>GROUPE</b>	<b>CC</b>	<b>CI</b>	<b>CD</b>	<b>p</b>
Valeur 40µm	0 ± 0 <sup>a</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	147,4 ± 17,38 <sup>a,b</sup>	<0,0001
Valeur 50µm	170,97 ± 20,12 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	<0,0001
Valeur 60µm	177,22 ± 21,56 <sup>a</sup>	186,82 ± 21,07 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a,b</sup>	<0,0001
Valeur 70µm	262,76 ± 14,01 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>a,c</sup>	81,6 ± 5,1 <sup>b,c</sup>	<0,0001
Valeur 80µm	152,26 ± 16,34 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	<0,0001
Valeur 90µm	0 ± 0 <sup>a</sup>	143,54 ± 24,79 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	<0,0001
Valeur 100µm	142,50 ± 20,34 <sup>a</sup>	173,57 ± 31,45	189,03 ± 6,10 <sup>a</sup>	0,02
Valeur 110µm	150,05 ± 19,56	134,42 ± 21,28	172,68 ± 39,11	0,14
Valeur 120µm	210,24 ± 17,44 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	<0,0001
Valeur 130µm	235,27 ± 17,42 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>a,c</sup>	145,59 ± 26,63 <sup>b,c</sup>	<0,0001

*Tableau 3 : Mesures en vestibulaire des groupes CC, CI et CD en fonction de la valeur d'espacement choisie*

<b>GROUPE</b>	<b>CC</b>	<b>CI</b>	<b>CD</b>	<b>p</b>
Valeur 40µm	112,73 ± 14,86 <sup>a,b</sup>	180,99 ± 35,59 <sup>a,c</sup>	0 ± 0 <sup>b,c</sup>	<0,0001
Valeur 50µm	177,79 ± 25,4 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>a,c</sup>	95,51 ± 16,73 <sup>b,c</sup>	<0,0001
Valeur 60µm	171,23 ± 21,81 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	<0,0001
Valeur 70µm	183,66 ± 17,89 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	<0,0001
Valeur 80µm	177,96 ± 25,52 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	<0,0001
Valeur 90µm	110,0 ± 10,21 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	<0,0001
Valeur 100µm	98,19 ± 8,07 <sup>a,b</sup>	173,79 ± 26,25 <sup>b</sup>	176,23 ± 24,25 <sup>a</sup>	<0,0001
Valeur 110µm	79,26 ± 13,12 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>b</sup>	0 ± 0 <sup>a</sup>	<0,0001
Valeur 120µm	139,56 ± 24,04	143,19 ± 8,89	154,37 ± 38,94	0,67
Valeur 130µm	190,44 ± 21,06 <sup>a,b</sup>	0 ± 0 <sup>a,c</sup>	145,12 ± 24,19 <sup>b,c</sup>	<0,0001

*Tableau 4 : Mesures en lingual des groupes CC, CI et CD en fonction de la valeur d'espacement choisie*

*a, b, c indiquent une différence entre les deux valeurs présentant une p-value < 0,05.*

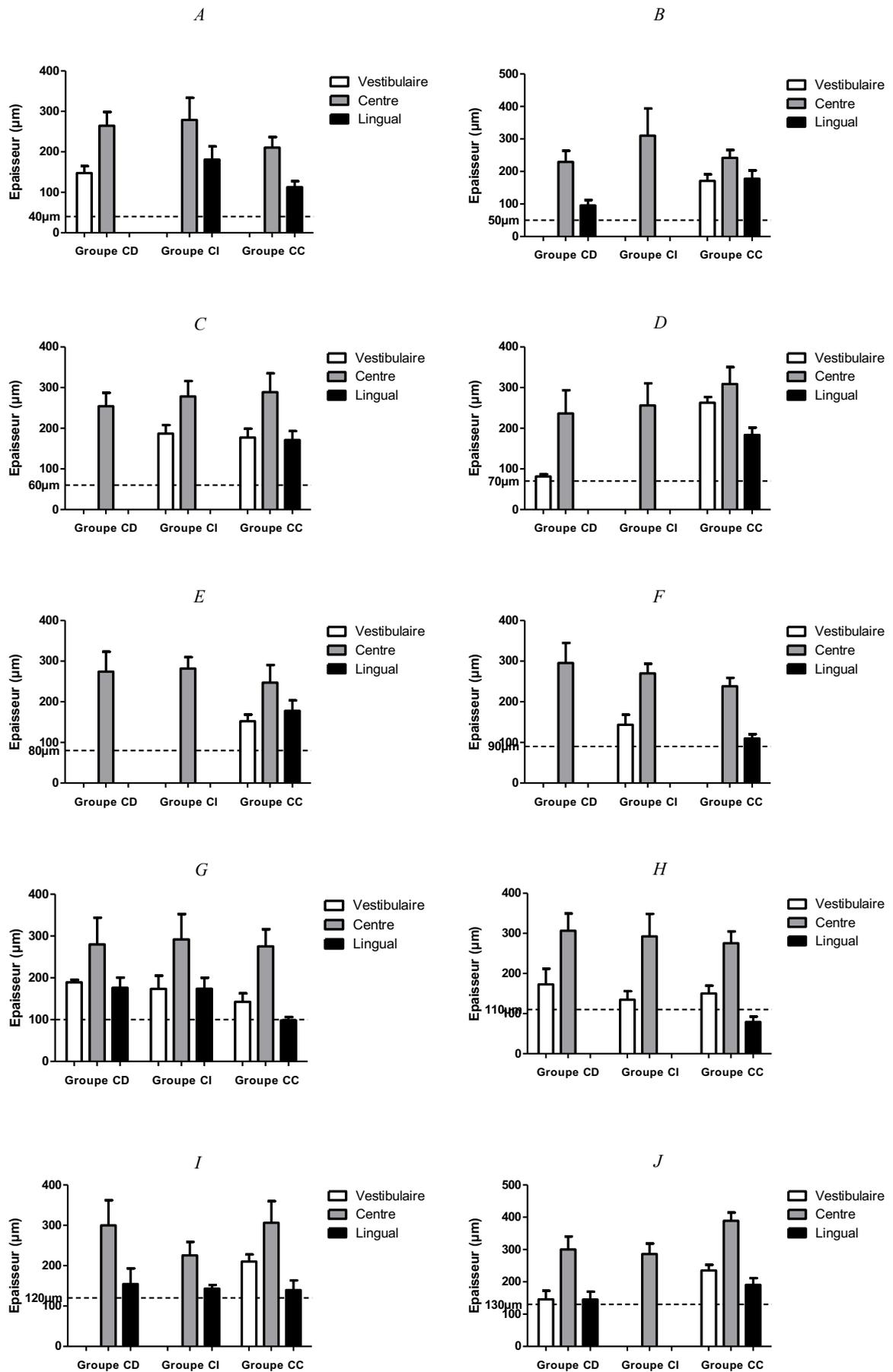


Figure 4 : Valeurs des joints pour un espacement programmé (en pointillés) de 40  $\mu\text{m}$  (A), 50  $\mu\text{m}$  (B), 60  $\mu\text{m}$  (C), 70  $\mu\text{m}$  (D), 80  $\mu\text{m}$  (E), 90  $\mu\text{m}$  (F), 100  $\mu\text{m}$  (G), 110  $\mu\text{m}$  (H), 120  $\mu\text{m}$  (I), 130  $\mu\text{m}$  (J)

## 4. Discussion

L'hypothèse nulle selon laquelle le hiatus marginal après collage ne dépend pas de l'espacement interne est rejetée. De même, la seconde hypothèse nulle selon laquelle le type de matériau d'assemblage collé utilisé n'a aucune conséquence sur la valeur optimale de l'espacement interne.

La précision des acquisitions réalisées avec le micro-CT est primordiale pour fiabiliser les valeurs mesurées. La validité des mesures ayant été assurée au préalable à la réalisation de cette étude, le micro-CT peut donc se présenter comme une technique de choix à utiliser lors de futures études. Elle peut cependant se révéler chère et longue, chaque échantillon représentant ici plus de 16h d'acquisition (17-18). Les données obtenues ne concernent que la moitié mésiale des overlays, les paramètres définis nous limitant dans la surface d'acquisition et nous empêchant donc d'imager l'intégralité des pièces prothétiques.

Les overlays collés au composite dual (CD) présentent un ajustement « parfait » (joints vestibulaire et lingual à  $0\mu\text{m}$ ) pour les espacements définis à 60, 80 et  $90\mu\text{m}$ . Ceux collés au composite injectés (CI) sont parfaitement ajustés lors d'espacements définis à 50, 70, 80 et  $130\mu\text{m}$ . En revanche, ceux collés au composite chauffé (CC) ne sont jamais ajustés et totalement enfoncés.

Les valeurs obtenues au centre sont globalement comprises entre 200 et  $300\mu\text{m}$ . Cela est nettement au-dessus des valeurs d'espacement définies lors de la conception des overlays, pour les trois types de colles utilisées, et ceci même si la valeur du joint au bord est de  $0\mu\text{m}$  signifiant une parfaite adaptation marginale. Ce constat est en accord avec d'autres études (19) ayant le même résultat. Les auteurs l'expliquent par un manque de résolution des caméras qui peuvent entraîner des interférences dans la zone occlusale et par le manque de précision des dispositifs de fraisage des pièces prothétiques.

Les moyennes des joints au centre sont similaires entre les trois groupes avec des valeurs allant de 274 $\mu$ m pour le composite dual (CD), à 278 $\mu$ m pour le composite chauffé (CC). Il y a cependant une différence d'adaptation prothétique entre les groupes, le groupe CC présentant des moyennes de 150 $\mu$ m en vestibulaire et 144 $\mu$ m en lingual, alors que les groupes CI et CD sont tous deux à environ 65 et 55 $\mu$ m en vestibulaire et lingual.

Pour le groupe CD, c'est à partir d'un espacement défini à 60 $\mu$ m que l'overlay est parfaitement ajusté avec des valeurs au bord de 0 $\mu$ m. Toutefois, cette adaptation ne se maintient plus à partir de l'espacement à 100 $\mu$ m. La réalisation de nouveaux échantillons permettrait de préciser ce résultat, mais nous pouvons émettre l'hypothèse qu'une épaisseur de colle trop importante rend l'insertion de l'overlay moins compressive et empêche donc le matériau de fuser correctement. Cela créerait donc une surépaisseur responsable d'une mauvaise adaptation prothétique.

Pour le groupe CI, la valeur d'espacement la plus faible pour avoir l'overlay ajusté est de 50 $\mu$ m. Cet ajustement semble également se perdre à partir de l'espacement défini à 90  $\mu$ m.

Pour le groupe CC, les overlays ne sont jamais adaptés au bord, nous ne pouvons donc pas définir de valeur d'espacement idéale.

Les résultats obtenus dans cette étude ne semblent être valables que pour le système CEREC. L'adaptation des pièces prothétiques dépend notamment du type d'usineuse, des fraises employées, de la stratégie d'usinage, bien que modélisées avec les mêmes paramètres d'ajustement (20). La précision des systèmes de CFAO est donc dépendante du système utilisé, et la chaîne CEREC ne semble pas être la plus précise (21).

Nous pouvons noter le manque de reproductibilité des mesures effectuées à cause du type de préparation de la dent. En effet, la préparation ne contient aucun angle ni sillon marqué, nous empêchant d'avoir des points de repère reproductibles pour les mesures d'une acquisition à l'autre. Cela aurait pu être amélioré en choisissant un autre type de préparation, comme dans l'étude de Topkara et al. en 2022 (22) évaluant l'adaptation d'endo-couronnes. De plus, la préparation ne contenant pas d'élément de stabilisation de la pièce prothétique, nous ne pouvons exclure un glissement lors de l'insertion de cette dernière entraînant des variations d'épaisseur de joint importantes au sein d'un même échantillon, mises en avant par des écarts types allant de 20 à plus de 80µm.

Pour limiter les biais liés à l'insertion de l'overlay par un opérateur, celle-ci a été réalisée par une seule personne préalablement entraînée. Une insertion automatisée avec une force constante à l'aide d'une machine dédiée aurait permis davantage de reproductibilité de cette étape.

Les études montrent qu'il est recommandé d'insérer les pièces prothétiques collées au composite chauffé avec un insert ultrasonore (23) afin de vibrer la pièce et de garantir son insertion par thixotropie. Cela peut donc expliquer les joints importants du groupe « composite chauffé » ainsi que l'insertion incomplète des overlays. Toutefois, la nécessité d'appliquer un protocole similaire pour tous les échantillons nous a conduit à choisir pour l'option sans ultrasons.

Pour terminer, cette étude est une étude préliminaire et nécessitera une étude complémentaire comprenant un nombre plus important d'échantillons pour chaque valeur d'espacement, afin d'obtenir des résultats plus significatifs.

## 5. Conclusion

L'espace interne optimal semble donc bien dépendre du matériau utilisé lors de l'assemblage et doit être paramétré en conséquence lors de la conception informatisée de l'overlay.

Ainsi, l'espace pour un overlay collé au composite injecté devrait être compris entre 50 $\mu$ m et 80 $\mu$ m, et entre 60 et 90 $\mu$ m pour un collage au composite dual.

Il n'a pas été possible de déterminer une valeur significative pour l'espace idéal lors de l'utilisation de composite chauffé, avec des résultats obtenus de façon aléatoire, soulignant la technicité requise par ce mode d'assemblage (24). L'emploi d'un insert ultrasonore, même s'il n'est pas recommandé de façon obligatoire, doit permettre de faciliter l'insertion des pièces prothétiques.

Le joint au centre de la pièce prothétique est nettement supérieur à l'espace programmé, même si la pièce est parfaitement adaptée, soulignant la variabilité de l'adaptation amenée par la mise en forme par usinage et l'impérative nécessité d'en comprendre les conséquences.

Ainsi les résultats obtenus, même s'ils peuvent être extrapolables, ne peuvent être applicables qu'à la chaîne de CFAO étudiée.

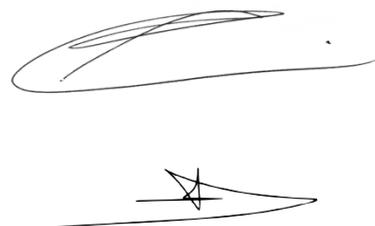
Enfin, une étude complémentaire sera souhaitable afin d'en corriger les biais et questionnements soulevés, et en augmenter la puissance.

Le Président du jury



P. Monsarrat

Les Directeurs de thèse



# Bibliographie

1. Magne P. It should not be about aesthetics but tooth-conserving dentistry. *Br Dent J.* août 2012;213(4):189-91.
2. Magne P, Belser U. Restaurations adhésives en céramique: approche biomimétique. Quintessence 2003. In.
3. Canceill T, Delrieu J, Nasr K. Numérique et restaurations indirectes unitaires partielles postérieures : l'évidence actuelle. *Dentoscope* 2021; 231:40-45.
4. Toledano C. L'overlay : le successeur de la couronne périphérique. *Inf Dent.* 19 oct 2016;35.
5. Ibraimi D, Etienne O. Overlays et veneerlays : aspects de laboratoire. Réalités cliniques. 15 septembre 2020;253-259.
6. Mörmann WH, Stawarczyk B, Ender A, Sener B, Attin T, Mehl A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2013 Apr;20:113-25.
7. Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent.* 2004 Sep-Oct;29(5):481-508.
8. Höland W, Schweiger M, Watzke R, Peschke A, Kappert H. Ceramics as biomaterials for dental restoration. *Expert Rev Med Devices.* 1 nov 2008;5(6):729-45.
9. Blatz MB, Sadan A, Maltezos C, Blatz U, Mercante D, Burgess JO. In vitro durability of the resin bond to feldspathic ceramics. *Am J Dent.* 2004 Jun;17(3):169-72.
10. Laccoueyre P, Servat A. Intérêt des inserts US dans l'assemblage des restaurations adhésives collées. *AO News.* Octobre 2020;19-21.
11. Berthault, G. N., Durand, A. L., Lasfargues, J. J., & Decup, F. Les nouveaux composites: évaluation et intérêts cliniques pour les restaurations en technique directe. *Revue d'odonto-stomatologie* 2018. 37(3): 177-197.
12. Kameyama A, Bonroy K, Elsen C, Lührs AK, Suyama Y, Peumans M, Van Meerbeek B, De Munck J. Luting of CAD/CAM ceramic inlays: direct composite versus dual-cure luting cement. *Biomed Mater Eng.* 2015;25(3):279-88.
13. Boitelle P, Tapie L, Mawussi B, Fromentin O. 3D fitting accuracy evaluation of CAD/CAM copings - comparison with spacer design settings. *Int J Comput Dent.* 2016;19(1):27-43.
14. GOUJAT Alexis. Inlays/onlays usinés par CFAO: critères d'évaluation in vitro des assemblages collés, complémentarité des études expérimentales. 2019. Thèse de doctorat. Université de Lyon.

15. Demir N, Ozturk AN, Malkoc MA. Evaluation of the marginal fit of full ceramic crowns by the microcomputed tomography (micro-CT) technique. *Eur J Dent.* 2014;8(4):437-44.
16. Danielou T, Pieruccioni L, Canceill T, Lafourcade M, Nasr K. Quantification des épaisseurs de joints de collage d'overlays par acquisitions au micro - CT : programmation informatique et validation. 2022
17. Seo D, Yi Y, Roh B. The effect of preparation designs on the marginal and internal gaps in Cerec3 partial ceramic crowns. *J Dent.* 2009 May;37(5):374-82.
18. Neves FD, Prado CJ, Prudente MS, Carneiro TA, Zancopé K, Davi LR, Mendonça G, Cooper LF, Soares CJ. Micro-computed tomography evaluation of marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated by using chairside CAD/CAM systems or the heat-pressing technique. *J Prosthet Dent.* 2014 Nov;112(5):1134-40.
19. Goujat A, Abouelleil H, Colon P, Jeannin C, Pradelle N, Seux D, Grosogeat B. Marginal and internal fit of CAD-CAM inlay/onlay restorations: A systematic review of in vitro studies. *J Prosthet Dent.* 2019 Apr;121(4):590-597.e3.
20. Boitelle P, Mawussi B, Tapie L, Fromentin O. A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *J Oral Rehabil.* 1 nov 2014;41(11):853-74.
21. Hamza TA, Ezzat HA, El-Hossary MMK, El Megid Katamish HA, Shokry TE, Rosenstiel SF. Accuracy of ceramic restorations made with two CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent.* 1 févr 2013;109(2):83-7.
22. Topkara C, Keleş A. Examining the adaptation of modified endocrowns prepared with CAD-CAM in maxillary and mandibular molars: A microcomputed tomography study. *J Prosthet Dent.* 2022 May;127(5):744-749.
23. Krämer N, Lohbauer U, Frankenberger R. Adhesive luting of indirect restorations. *Am J Dent.* 2000 Nov;13(Spec No):60D-76D.
24. Teyagirwa PF, Aquin C, Kharouf N, Roman T, Senger B, Reitzer F, Etienne O. Operator versus material influence on film thickness using adhesive resin cement or pre-heated resin composite. *J Esthet Restor Dent.* 2022 Dec 1.

---

**DETERMINATION DE L'ESPACEMENT PROTHETIQUE OPTIMAL EN FONCTION DU  
MATERIAU DE COLLAGE LORS DE LA REALISATION D'OVERLAYS PAR CFAO**

---

**RESUME EN FRANÇAIS**

L'objectif de cette étude est de déterminer l'espacement interne optimal selon le matériau d'assemblage utilisé, lors de la réalisation d'overlays par CFAO.

Pour cela, des préparations standardisées pour overlays sont imprimées et réparties en 3 groupes selon le matériau d'assemblage : composite chauffé, composite injectable ou composite DUAL. Une empreinte optique de chaque préparation est réalisée puis un overlay modélisé en faisant varier l'espacement interne de 40µm à 130µm (incrément de 10µm) dans chacun des groupes. Les overlays sont ensuite collés avec le matériau d'assemblage correspondant à leur groupe. Les échantillons sont analysés à la micro-tomographie aux rayons X afin de mesurer l'épaisseur de joint et objectiver l'adaptation des overlays.

L'adaptation marginale des overlays dépendant de la valeur d'espacement choisie, l'espacement interne optimal dépend du matériau d'assemblage et doit donc être défini en tenant compte de ce paramètre lors de la conception de la restauration.

---

**TITRE EN ANGLAIS:** DETERMINATION OF THE OPTIMAL PROSTHETIC SPACE DEPENDING OF THE BONDING MATERIAL ON CAD/CAM PRODUCED OVERLAYS

---

**DISCIPLINE ADMINISTRATIVE :** Chirurgie dentaire

---

**MOTS-CLES :** collage, CFAO, overlay, micro-tomographie aux rayons X, joint dento-prothétique, espacement interne, adaptation prothétique.

---

**INTITULE ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :**

Université Toulouse III-Paul Sabatier  
Faculté de santé – Département d'Odontologie  
3 chemin des Maraîchers, 31062 Toulouse Cedex 09

---

**Directeurs de thèse :** Dr Karim NASR et Dr Thibault CANCEILL