

UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Année : 2017

N° : 028

Évaluation par caméra optique de préparations périphériques effectuées à différents niveaux du cursus odontologique : perspectives pédagogiques

THÈSE POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE
DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

*présentée
et soutenue publiquement par*

Valentin SIMON

né le 22/09/1991

le 27/06/2017 devant le jury ci-dessous

Président : Monsieur le Professeur Y. AMOURIQ

Assesseur : Madame le Docteur F. JORDANA

Assesseur : Monsieur le Docteur A. LE BOURHIS

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur L. LE GUEHENNEC

UNIVERSITÉ DE NANTES		
Président	Pr LABOUX Olivier	
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE		
Doyen	Pr GIUMELLI Bernard	
Assesseurs	Dr RENAUDIN Stéphane Pr SOUEIDAN Assem Pr WEISS Pierre	
Professeurs des Universités Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.		
Monsieur AMOURIQ Yves Monsieur GIUMELLI Bernard Monsieur LESCLOUS Philippe	Madame LICHT Brigitte Madame PEREZ Fabienne Monsieur SOUEIDAN Assem Monsieur WEISS Pierre	
Professeurs des Universités		
Monsieur BOULER Jean-Michel		
Professeurs Emérites		
Monsieur BOHNE Wolf	Monsieur JEAN Alain	
Praticiens Hospitaliers		
Madame DUPAS Cécile Madame LEROUXEL Emmanuelle	Madame HYON Isabelle Madame GOEMAERE GALIERE Hélène	
Maîtres de Conférences Praticiens hospitaliers des C.S.E.R.D.		
Monsieur AMADOR DEL VALLE Gilles Madame ARMENGOL Valérie Monsieur BADRAN Zahi Madame BLERY Pauline Monsieur BODIC François Madame DAJEAN-TRUTAUD Sylvie Madame ENKEL Bénédicte Monsieur GAUDIN Alexis Monsieur HOORNAERT Alain Madame HOUCHMAND-CUNY Madline Madame JORDANA Fabienne Monsieur KIMAKHE Saïd Monsieur LE BARS Pierre Monsieur LE GUEHENNEC Laurent Madame LOPEZ-CAZAUX Serena Monsieur MARION Dominique Monsieur NIVET Marc-Henri Madame RENARD Emmanuelle Monsieur RENAUDIN Stéphane Madame ROY Elisabeth Monsieur STRUILLOU Xavier Monsieur VERNER Christian	Assistants Hospitaliers Universitaires des C.S.E.R.D.	
	Monsieur ABBAS Amine Monsieur AUBEUX Davy Madame BERNARD Cécile Monsieur BOUCHET Xavier Madame BRAY Estelle Madame CLOITRE Alexandra Monsieur DRUGEAU Kévin Madame GOUGEON Béatrice Monsieur LE BOURHIS Antoine Monsieur LE GUENNEC Benoît Monsieur LOCHON Damien Madame MAÇON Claire Madame MAIRE-FROMENT Claire-Hélène Madame MERCUSOT Marie-Caroline Monsieur OUVRARD Pierre Monsieur PRUD'HOMME Tony Monsieur SARKISSIAN Louis-Emmanuel	
Maître de Conférences		
Madame VINATIER Claire		
Enseignants Associés		
Monsieur KOUADIO Ayepa (Assistant Associé) Madame LOLAH Aoula (MC Associé) Madame RAKIC Mia (PU Associé)	A.T.E.R.	
	Madame BON Nina	

Mise à jour le 11/05/2017

**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

Au Professeur Y. AMOURIQ

Professeur des Universités

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

Docteur de l'Université de Nantes

Habilité à Diriger des Recherches

Département de Prothèse

Chef de Service d'Odontologie Restauratrice et Chirurgical

- NANTES –

Pour m'avoir fait l'honneur de présider cette thèse.

Pour la clarté de vos enseignements magistraux.

Veillez trouver, dans ce travail, l'expression de mes sincères remerciements et le témoignage de mon plus grand respect.

Au Docteur L. LE GUEHENNEC

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 Prothèse

- NANTES -

Pour la confiance que vous m'avez accordée en me proposant ce sujet de thèse.

Pour avoir été tout au long de ce travail d'un soutien sans faille et d'une rapidité de correction très appréciable.

Pour tout le savoir qu'il m'a transmis durant mes années d'études aussi bien durant les cours théoriques que lors des nombreuses vacations de clinique que nous avons eu ensemble.

Veillez trouver ici, le témoignage de ma sincère gratitude et de ma reconnaissance.

Audocteur F. JORDANA :

Maître de Conférences des Universités

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

Département de Sciences Anatomiques et physiologiques, Occlusodontique, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie.

- NANTES -

Pour votre participation à mon jury de thèse.

Pour votre gentillesse et votre bienveillance tout au long de mes années d'étude.

Pour toutes les connaissances que vous m'avez apportées lors de nos vacances communes.

Veillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance et de mes respectueux remerciements.

Audocteur A. LE BOURHIS

Assistant Hospitalier des Centres de Soins d'Enseignement et de recherche Dentaires

Département de Prothèse

- NANTES -

Pour avoir accepté de siéger dans ce jury.

Pour votre connaissance du système CEREC et votre aide précieuse dans la gestion des fichiers d'empreinte optique.

Veillez croire en mes respectueux remerciements.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	10
I. GÉNÉRALITÉS	11
I.1 INDICE DE QUALITÉ DES PRÉPARATIONS.....	11
I.1.1 <i>L'axe de préparation</i>	11
I.1.2 <i>Situation de la limite cervicale</i>	13
I.1.3 <i>Largeur de la limite cervicale</i>	14
I.1.4 <i>Angle de dépouille</i>	15
I.1.5 <i>Surfaces occlusales et déflexion</i>	18
I.1.6 <i>Etat de surface</i>	19
I.2 L'EMPREINTE OPTIQUE.....	20
I.2.1 <i>Principe de fonctionnement</i>	20
I.2.2 <i>Technique d'enregistrement</i>	20
I.2.3 <i>Les intérêts de l'empreinte optique au cabinet dentaire</i>	23
II. MATÉRIELS ET MÉTHODES	25
III. RÉSULTATS	29
III.1 ANGLES DE CONVERGENCE	29
III.2 ANALYSE STATISTIQUE.....	32
III.3 REPARTITION DES VALEURS EXTREMES.....	32
III.4 DISCUSSION	33
III.4.1 <i>Le choix de la méthodologie</i>	33
III.4.2 <i>Les conditions de réalisation</i>	34
III.4.3 <i>Les résultats</i>	34
IV. INTÉRÊT DE L'EMPREINTE OPTIQUE EN PÉDAGOGIE	37
IV.1 POUR L'ENSEIGNANT	37
IV.2 POUR L'ETUDIANT	42
IV.2.1 <i>L'autocorrection</i>	42
IV.2.2 <i>Meilleure compréhension des remarques de l'enseignant</i>	43
IV.2.3 <i>Suivi de sa progression, des points à améliorer et de la notation</i>	43
IV.3 MISE EN PLACE EN TRAVAUX PRATIQUE.....	43
CONCLUSION	45
BIBLIOGRAPHIE	46

ICONOGRAPHIE..... 50

ANNEXES..... 52

A1. Ensemble des valeurs obtenues 52

A2. TEST 1 : Différence significative entre les secondes années et les cinquièmes années..... 53

A3. TEST 2 : Différence significative entre les secondes années et les cinquièmes années, en prenant soin de séparer les valeurs des angles VP et MD 54

A4. TEST 3 : Différence significative entre les hommes et les femmes..... 55

A5. TEST 4 : Différence significative entre les hommes et les femmes, en prenant soin de séparer les valeurs des angles VP et MD..... 56

A6. TEST 5 : Différence significative entre les hommes et les femmes de deuxième année 57

A7. TEST 6 : Différence significative entre les hommes et les femmes de deuxième année, en prenant soin de séparer les valeurs des angles VP et MD 58

A8. TEST 7 : Différence significative entre les hommes et les femmes de cinquième année ... 59

A9. TEST 8 : Différence significative entre les hommes et les femmes de cinquième année, en prenant soin de séparer les valeurs des angles VP et MD 60

A10. TEST 9 : Différence significative entre les hommes et les femmes de deuxième année, en prenant comme variable la différence des valeurs obtenu en VP et MD..... 61

A11. TEST 10 : Différence significative entre les hommes et les femmes de cinquième année, en prenant comme variable la différence des valeurs obtenus en VP et MD 62

INTRODUCTION

Les préparations périphériques complètes demeurent encore d'actualité même si les principes actuels d'économie tissulaire et le développement du collage favorisent actuellement les préparations partielles de type onlay ou les endocouronnes.

Lors de la préparation périphérique complète, le respect des principes généraux de préparation sont primordiaux afin de garantir le succès de la restauration et le maintien de la dent sur l'arcade. Parmi les grandes règles régissant ce type de préparation, la mise de dépouille de la dent selon une angulation permettant la rétention de l'élément prothétique reste l'un des actes fondamentaux de l'apprentissage en prothèse fixée en deuxième année. L'acquisition de ces principes se fait tout au long des années d'étude en prothèse et les préparations d'étudiants en fin de cycle devraient présenter de meilleures caractéristiques que celles d'étudiants moins avancés.

De nombreuses études ont caractérisé la mise de dépouille des préparations, tant au niveau des étudiants que des praticiens, en utilisant des moyens de mesure plus ou moins complexes suivant les périodes. Le développement actuel des techniques d'empreinte optique nous permet de disposer de protocoles simples d'analyse des préparations.

L'objectif de ce travail consiste à comparer les préparations périphériques réalisées sur modèles pédagogiques par des étudiants de deuxième et de cinquième année afin de caractériser la progression obtenue au cours de la formation. Le second objectif consiste aussi à démontrer l'apport des techniques d'empreinte optique dans la formation préclinique des étudiants.

I. GÉNÉRALITÉS

I.1 INDICE DE QUALITÉ DES PRÉPARATIONS

Afin de pouvoir analyser les préparations, nous allons dans cette première partie détailler les différents critères à respecter et qui ont été enseignés aux étudiants lors des cours théoriques.

La formation des étudiants en seconde année est séparée en cours théoriques d'une durée de six heures et en une trentaine de séances de travaux pratiques où les étudiants mettent en application l'enseignement théorique.

Ces séances se déroulent au rythme d'une séance de deux heures toutes les semaines. Elles sont encadrées par un enseignant aidé de deux à trois moniteurs (étudiants de cinquième année). La séance débute par un exposé court expliquant les préparations à réaliser et des petits rappels sur les éléments à respecter pour la réalisation d'une préparation de qualité.

A tout moment, les étudiants peuvent demander de l'aide et un avis sur leurs préparations, leur position de travail et le respect des règles d'hygiène, d'asepsie afin de les préparer au mieux à leur future pratique clinique.

I.1.1 L'axe de préparation

La préparation est toujours réalisée selon un axe qui pré-visualise l'axe d'insertion de la couronne. Ce dernier doit être choisi avant le début de la préparation et prendre en compte les dents adjacentes, antagonistes ainsi que le couloir prothétique¹⁴.

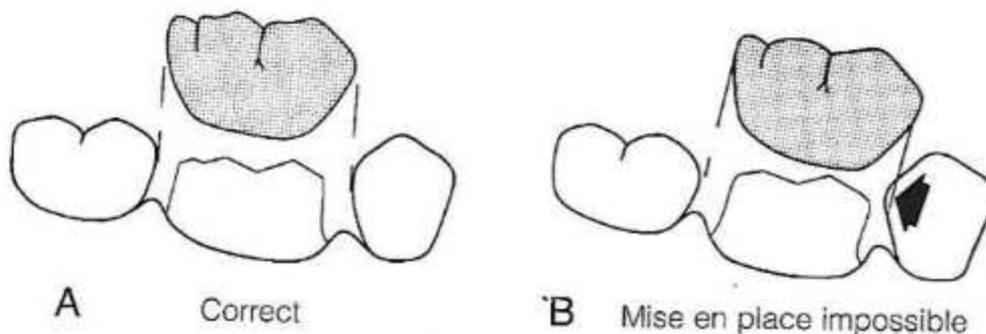


Image1 :Importance de l'axe d'insertion

Les faces proximales des dents adjacentes ne doivent pas empêcher l'insertion de la couronne.

La face occlusale doit être correctement orientée afin de ménager une épaisseur de matériau suffisante permettant la réalisation d'une poutre de résistance tout en respectant l'occlusion.

Les faces vestibulaires et linguale/palatine de la couronne doivent se placer dans le couloir prothétique. Le respect de ce dernier est un élément favorable pour l'intégration morphologique et fonctionnelle de la restauration.

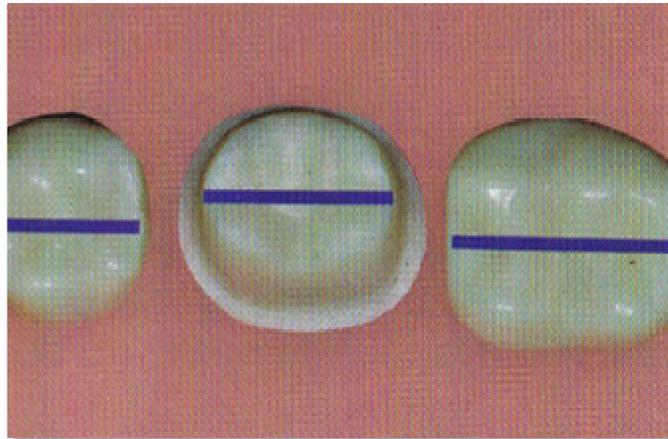


Image 2 : Non-respect du couloir prothétique.

Sur le plan fonctionnel, pour obtenir une répartition optimale des contraintes, la réduction doit être réalisée parallèlement à l'axe de la racine lorsque cela est possible.

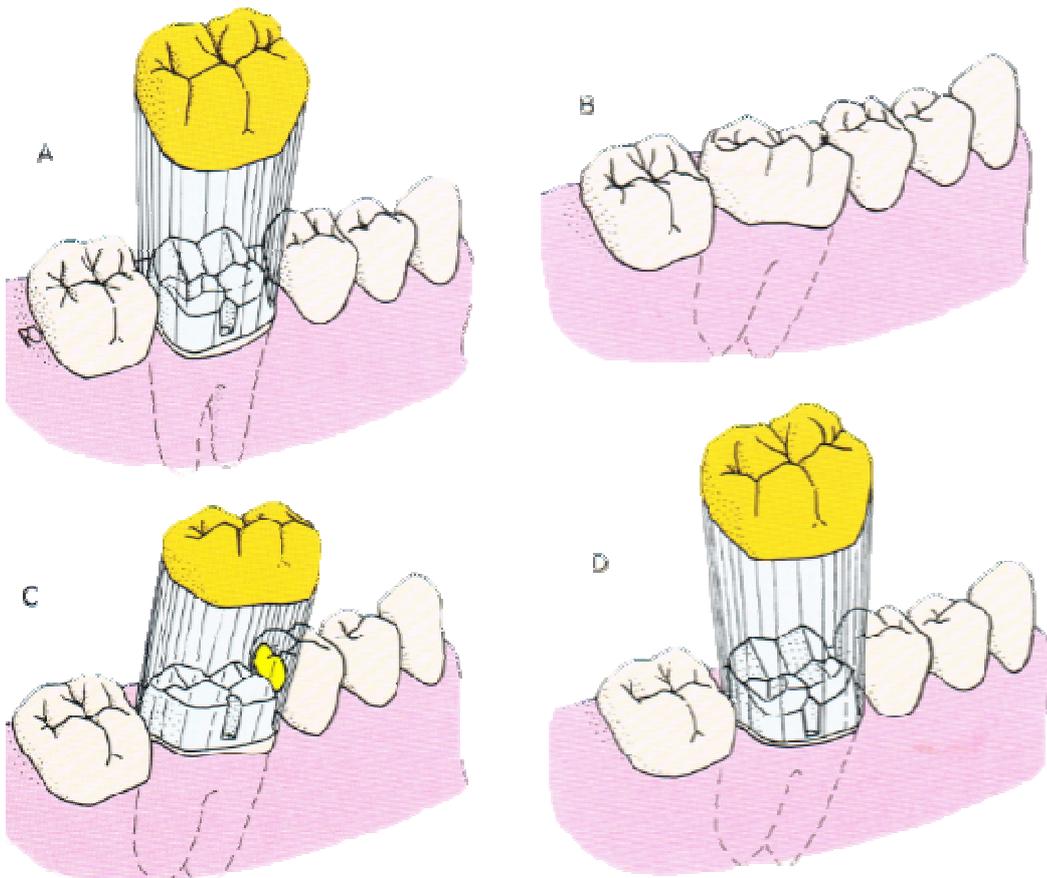


Image 3 : Importance de l'axe d'insertion.

Pour les dents pulpées, il faut aussi prendre en compte le respect du système endodontique. D'une manière générale, il faut toujours respecter le principe d'économie tissulaire.

I.1.2 Situation de la limite cervicale

La limite cervicale constitue la zone de transition entre la partie coronaire préparée et la partie sous-jacente intacte de la dent. A cette limite va correspondre le bord cervical de la couronne.

Elle est caractérisée par son profil, sa situation et sa largeur. Ces caractéristiques vont dépendre du secteur dans lequel est située la restauration, mais aussi du type de reconstitution envisagée.

La couronne doit venir s'ajuster parfaitement sur la limite cervicale. Cette situation n'est obtenue que si cette limite est marquée avec régularité pour pouvoir être parfaitement enregistrée, reproduite et lue sans ambiguïté sur le modèle.

Si ces impératifs ne sont pas respectés la réalisation du bord prothétique devient imprécise et se traduit par des imperfections au niveau du joint dento-prothétique.

Le profil de la limite cervicale suit théoriquement la forme de la fraise utilisée pour la préparation. Ce profil doit permettre de répondre aux exigences mécaniques et de mise en œuvre du ou des matériaux choisis^{9, 11, 19}.

Dans l'idéal, le positionnement de la limite doit permettre un enregistrement facile lors de l'empreinte et être accessible au brossage. Mais pour des raisons esthétiques, il est parfois nécessaire de la dissimuler dans le sulcus.

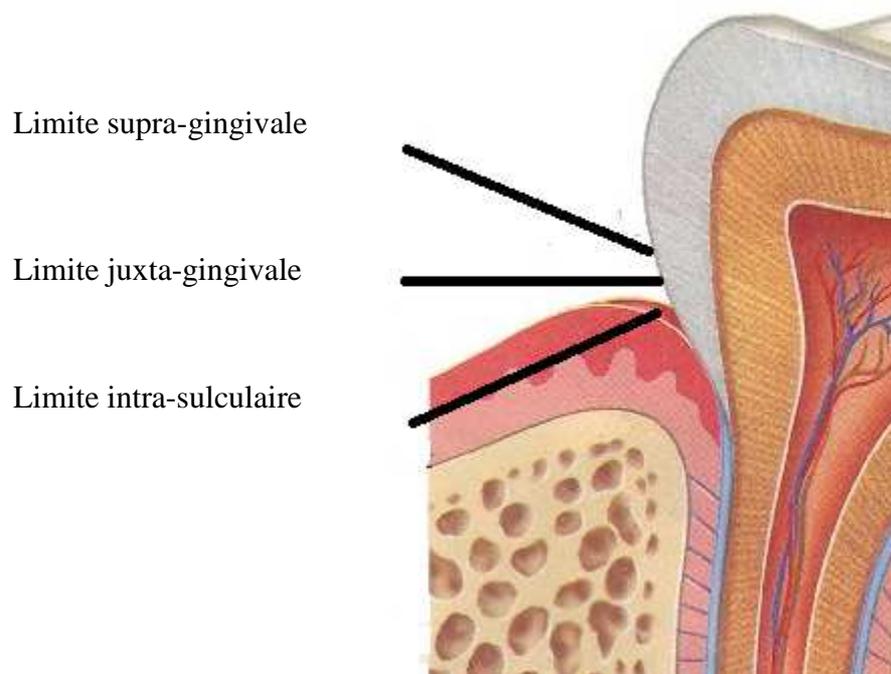


Image 4 : Présentation schématique du positionnement de la limite de préparation.

En fonction des matériaux utilisés pour la reconstitution, les exigences ne sont pas les mêmes.

- **Les alliages de métaux**

Ils sont ductiles, possèdent une résistance ultime élevée et une forte dureté. Une épaisseur faible (0.2 à 0.3 mm) apporte une résistance suffisante au niveau du bord prothétique¹⁸.

- **Les céramiques**

Les nombreuses variétés de céramiques diffèrent au niveau de leurs propriétés mécaniques et esthétiques. Pour ce qui concerne la limite cervicale, la problématique se situe en termes de résistance à la contrainte et de précision.

Elles sont non ductiles et généralement fragiles. Elles possèdent une bonne résistance à la compression mais une faible résistance à la traction. Les contraintes s'exerçant sur la dent sont transmises par la couronne et se concentrent principalement sur le bord prothétique. Ce dernier est constitué partiellement ou totalement de céramique en fonction du type de restauration choisie.

La limite cervicale doit être horizontale, régulière et à bord net pour que la majorité des contraintes subies le soit en compression⁶.

I.1.3 Largeur de la limite cervicale

Cette largeur peut varier de 0.5 à 1.5 mm avec des valeurs détaillées dans la littérature de 0,5 ; 0,8 ; 1 ; 1,2 et 1,5 mm en fonction des matériaux utilisés et des auteurs¹. Or, le dixième de millimètre n'est pas appréciable par le praticien ni pendant ni après la réalisation de la préparation.

Elle doit permettre une bonne rétention, assurer une épaisseur suffisante aux matériaux pour éviter leur fracture, optimiser l'intégration esthétique et garantir le respect de l'environnement de la dent.

La largeur de la limite cervicale se répercute sur :

- l'épaisseur du bord prothétique
- la quantité de tissu dentaire éliminé
- la proximité du système endodontique.

Les fabricants de matériaux recommandent une largeur minimale à respecter au niveau des limites cervicales en fonction des matériaux utilisés afin d'assurer une bonne résistance de la reconstitution.

Pour des restaurations céramo-métalliques ou tout céramique les valeurs préconisées varient de 0.8 à 1.5mm^{20, 26}. Dans les enseignements dispensés au sein de la Faculté, une réduction de 2 à 2.5 mm en occlusal et de 1.5 mm en axial est indiquée comme la valeur à obtenir pour une préparation céramo-métallique.

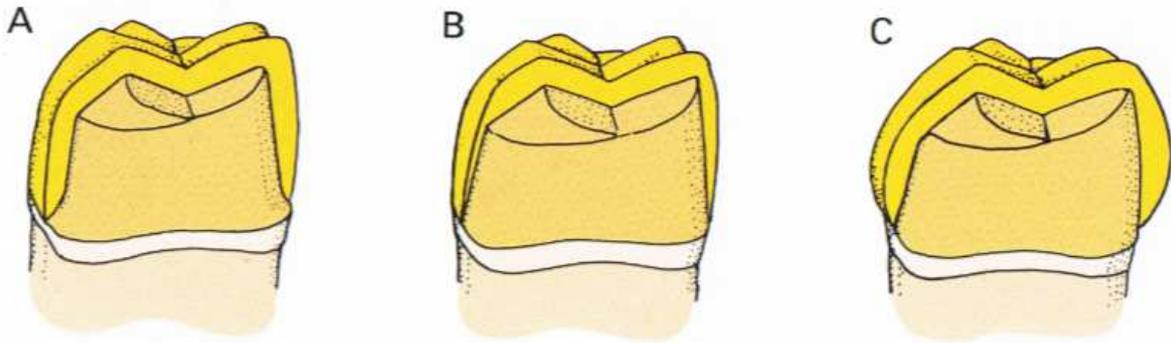
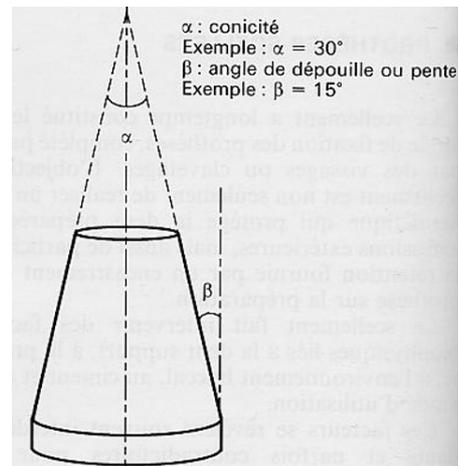
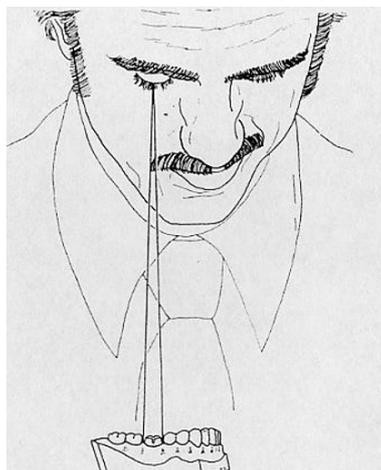


Image 5 : Importance de la réduction axiale.

Vouloir chiffrer avec exactitude cette largeur semble illusoire : en effet même si les fabricants proposent des fraises calibrées au diamètre souhaité, une certaine méconnaissance de ces dernières, l'impression visuelle et la dextérité propre à chaque praticien entraîneront forcément une variation de plusieurs dixièmes de millimètre. Des études de *Tiu et Al*^{24, 25} ont montré que sur 236 préparations réalisées par des praticiens les valeurs des congés mesurés sont nettement inférieures au 1 à 1.5 mm recherché avec 0.4 à 0.8 mm en moyenne.

I.1.4 Angle de dépouille

L'angle de dépouille traduit la conicité clinique observée. Elle constitue l'un des paramètres permettant d'assurer la rétention et la stabilité de la future prothèse. La rétention de la restauration est d'autant plus grande que les parois de la préparation s'approchent d'une direction parallèle^{8, 21, 22}.



Images 6 et 7 : principe de perception de l'angle de dépouille.

Si on suit la logique exprimée précédemment, l'angle de dépouille idéal serait de 0° . Or deux parois parallèles seraient très difficiles à obtenir et le risque de contre dépouille serait très élevé^{3,15}.

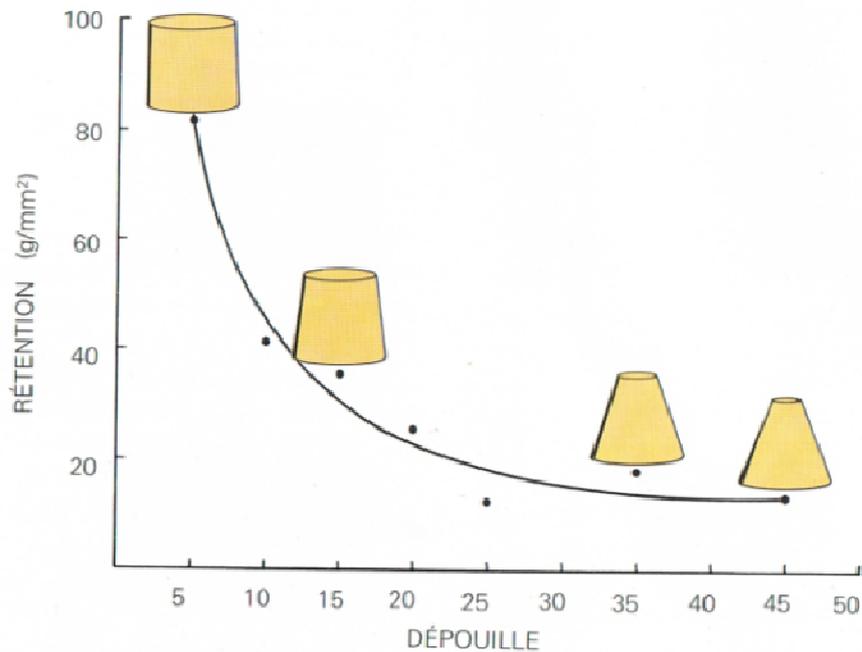


Image 8 : Rapport entre dépouille et rétention

Jorgensen¹⁰ a démontré expérimentalement que plus l'angle de dépouille augmentait, plus la rétention diminuait. Les valeurs optimales établies par cette étude se situent entre 2.5° et 6.5° , ce qui correspond à l'angle d'inclinaison de 3° donné par les fraises coniques. Ce degré de convergence permet la mise en place complète de la restauration avec une rétention maximale.

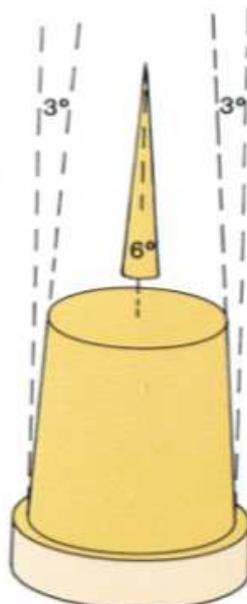


Image 9 : Représentation d'une préparation de 6° de conicité.

L'accès visuel joue également un rôle important dans le respect de l'angle de dépouille. *ALEISA et COLL*¹ a étudié les préparations effectuées sur 355 préparations. Ils ont ainsi démontré, qu'il existait une différence statistiquement significative entre les angles de dépouille des préparations réalisées sur les dents antérieures et postérieures. Les valeurs moyennes de dépouille sont en effet de 15.8° pour les dents antérieures contre 20° pour les dents postérieures.

Enfin, *CHAN et COLL*⁵ a mesuré la rétention obtenue en fonction de l'angle de dépouille. Dans cette étude, les valeurs étaient mesurées après scellement des pièces prothétiques avec un ciment à base de phosphate de zinc. Cette dernière étude se rapproche donc davantage des conditions cliniques. Les résultats indiquent que les valeurs maximales de rétention sont obtenues pour des angles de dépouille compris entre 7° et 16°. Il faut cependant relativiser ces valeurs en tenant compte de l'impact non négligeable du ciment sur la rétention.

Cette dernière étude nous démontre donc, qu'en clinique, les valeurs de dépouille allant jusqu'à 16° répondent à l'exigence d'une bonne rétention.

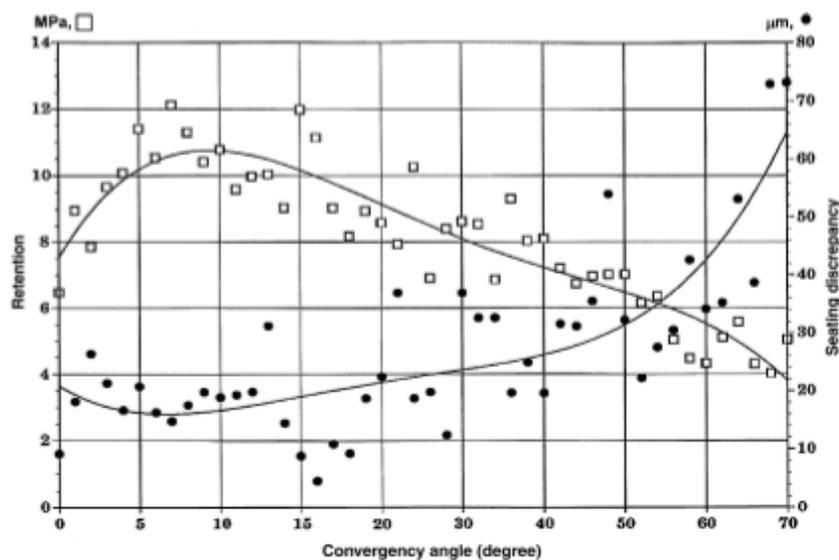


Image 10 : Schéma montrant la rétention fonction de l'angle de dépouille après un scellement avec un ciment à l'oxyde de zinc.

I.1.5 Surfaces occlusales et déflexion

La préparation de la surface occlusale finalise la hauteur coronaire et permet de ménager l'espace prothétique de 1.5 à 2 mm nécessaire à la réalisation prothétique^{27,28}.

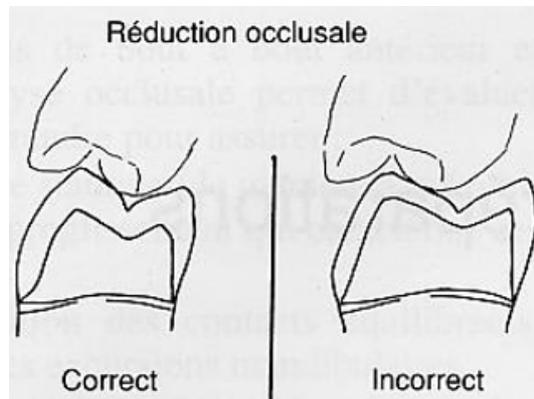


Image11 : Importance de la réduction occlusale pour l'espace prothétique.

Cet espace est mesuré en occlusion d'intercuspidie maximale et rapporté directement aux valeurs mécaniques des matériaux utilisés. Un espace prothétique trop faible peut être à l'origine d'une fracture de la couronne par manque de résistance mécanique.

La hauteur résiduelle de la dent préparée rentre aussi en compte dans la rétention et la stabilisation de la future prothèse. Plus cette hauteur est faible, plus la rétention et la stabilisation vont diminuer. Cela est dû à la diminution de la surface de contact mais aussi à l'augmentation des axes possibles de désinsertion⁵.

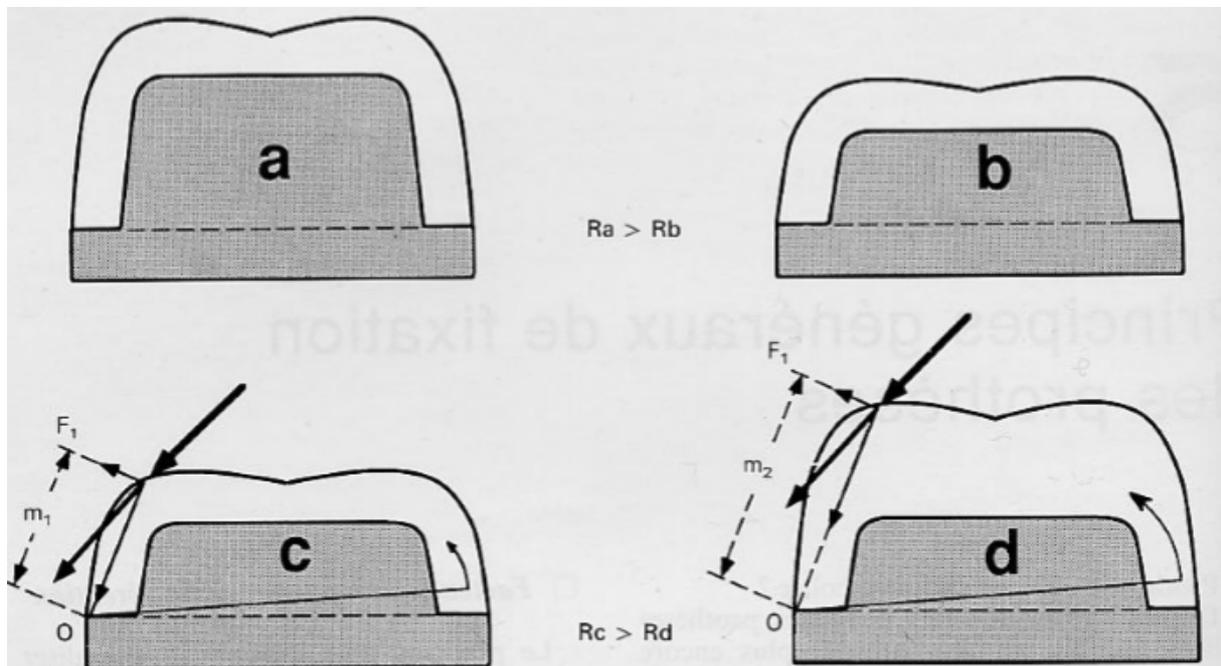


Image12 : Schéma expliquant les contraintes s'exerçant sur une restauration fonction de la hauteur de la préparation

I.1.6 Etat de surface

L'état de surface va être conditionné par la granulométrie de la fraise utilisée lors de la préparation. Cette granulométrie va permettre d'améliorer la rétention du futur élément prothétique grâce au microclavetage du matériau d'assemblage dans les anfractuosités de surface mais aussi par l'augmentation de la surface d'assemblage en cas de scellement.

L'état de surface est aussi dépendant de la dureté du tissu constitutif de la restauration ainsi que de l'usure de la fraise. Ce dernier paramètre va entraîner une diminution de la rugosité de la préparation avec un impact néfaste sur la rétention. Il est donc important de surveiller l'usure des fraises utilisées et de ne pas hésiter à les renouveler régulièrement²⁷.

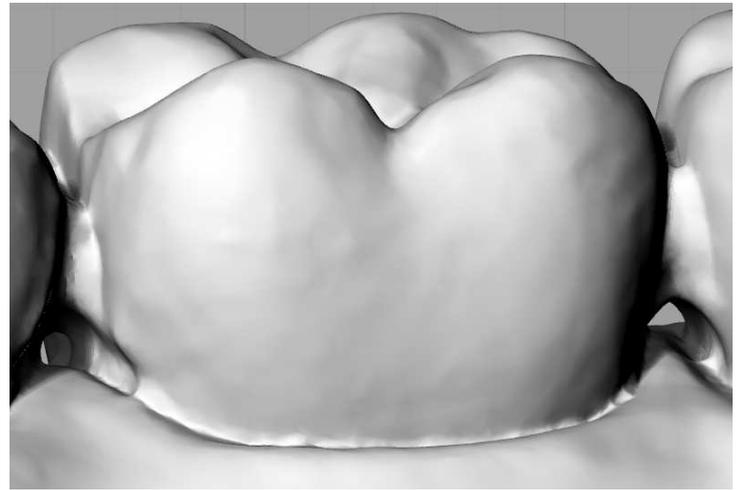
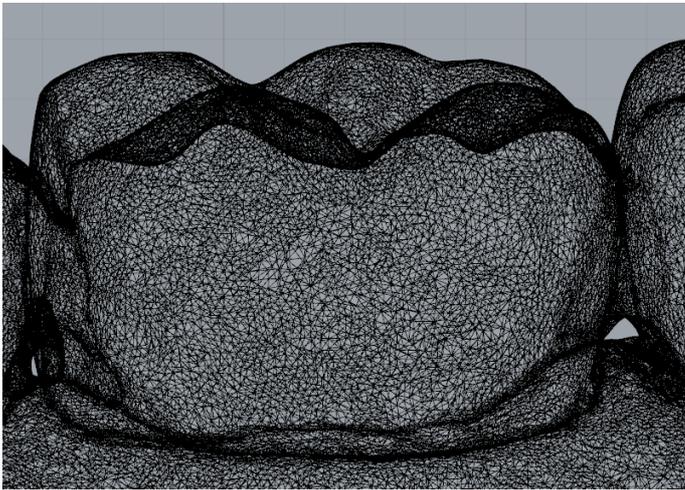
Dans les cas de couronnes collées, l'état de surface doit être le plus lisse possible afin de limiter au maximum l'épaisseur du joint de collage et d'obtenir une empreinte la plus précise possible. La très forte résistance à la traction obtenue grâce au collage permet de se détacher des obligations de préparation visant à augmenter la rétention. Mais elle amène de nouvelles contraintes comme une position de la limite juxta ou supra gingivale ou l'obligation de la gestion de l'humidité lors du collage.

I.2 L'EMPREINTE OPTIQUE

L'empreinte optique a été développée dans le cadre de la CFAO, procédé industriel développé dans les années 1970 avec l'arrivée des machines outils à commande numérique. Nous devons l'adaptation de cette technologie à l'art dentaire aux travaux du Pr DURET publiés en 1973.

I.2.1 Principe de fonctionnement

La caméra optique a pour but la numérisation, c'est-à-dire l'enregistrement en trois dimensions de l'arcade dentaire ainsi que de l'occlusion. Cet enregistrement aboutit à la création d'un fichier comprenant des milliers de points définis dans un volume avec trois axes (x,y,z). Sur l'image de gauche sont marqués le très grand nombre de point que constitue la numérisation d'une molaire. L'image de droite nous présente une image plus artistique obtenue avec ce même nuage de point⁷.



Images 13 et 14 : Capture d'écran provenant du logiciel RHINO 5 (RHINOCEROS®).

I.2.2 Technique d'enregistrement

Pour permettre l'enregistrement, une lumière monochrome est émise sur les dents. Les photons de cette source de lumière sont réfléchis vers le capteur de la caméra en passant par une lentille. Les informations ainsi obtenues seront analysées grâce à un ordinateur. Les dents posent une difficulté, car elles ont tendance à miroiter et leurs transparences partielles les rendent difficiles à numériser car peu de photons sont réfléchis vers la caméra. C'est pourquoi, certains fabricants ont initialement préconisé la mise en place préalable de poudre antireflet blanche qui permettait à plus de photons d'être réfléchis vers le capteur de la caméra. Actuellement, la plupart des marques s'affranchissent de ce poudrage comme les caméras iTero de Cadent® ou Cerec Omnicam de Sirona®.

Trois grands types de détection des volumes peuvent être utilisés.

I.2.2.1 Méthodes par triangulation

Cette technique est directement issue de la trigonométrie. En connaissant quelques éléments d'un triangle, on peut en calculer les autres. Ainsi le principe de la triangulation nécessite de recréer un triangle dont les trois sommets sont constitués par :

- Un émetteur : qui émet un rayonnement lumineux connu et orienté
- Un objet : à mesurer sur lequel le rayonnement se réfléchit
- Un capteur : qui enregistre la déformation de la lumière engendrée par sa réflexion sur l'objet.

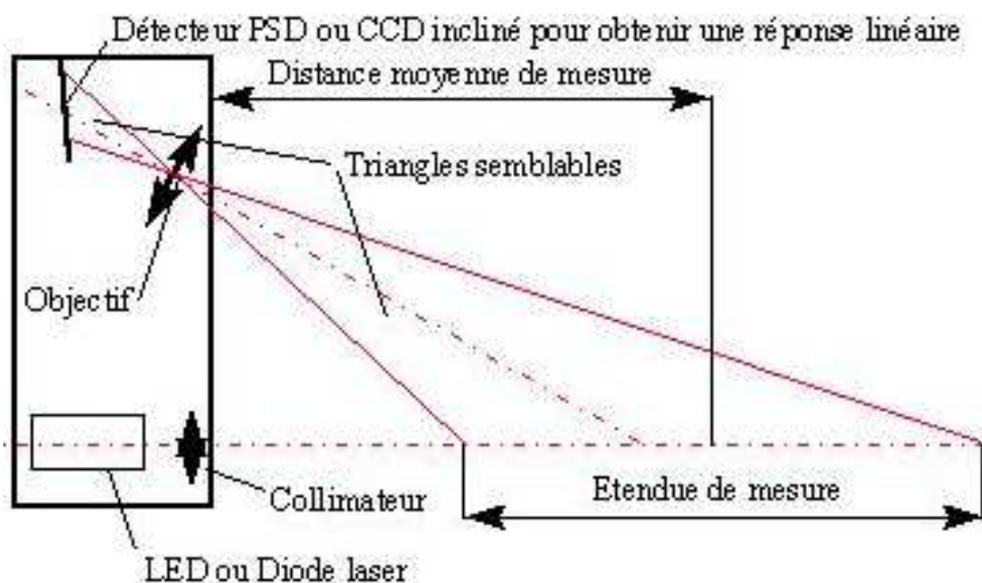


Image 15 : Schéma explicatif de la triangulation.

L'ordinateur grâce à des algorithmes va pouvoir à partir de ce rayonnement reconstituer en 3D la surface de l'objet enregistré. C'est cette technique qui est mise en œuvre sur la caméra Omnicam de Sirona que nous avons utilisée pour notre étude.

I.2.2.2 Focalisation/défocalisation dynamique

Cette méthode s'appuie sur un principe bien connu en photographie : la focalisation/défocalisation. L'utilisation d'une lentille engendre l'apparition d'un plan focal, plan dans lequel l'image apparaît nette. Lorsque l'objet se situe en dehors de ce plan, il apparaît flou. C'est cette propriété qui est utilisée afin d'obtenir la distance de l'objet au plan focal. Ce principe est employé par la caméra Planscan de chez PLANMECA.

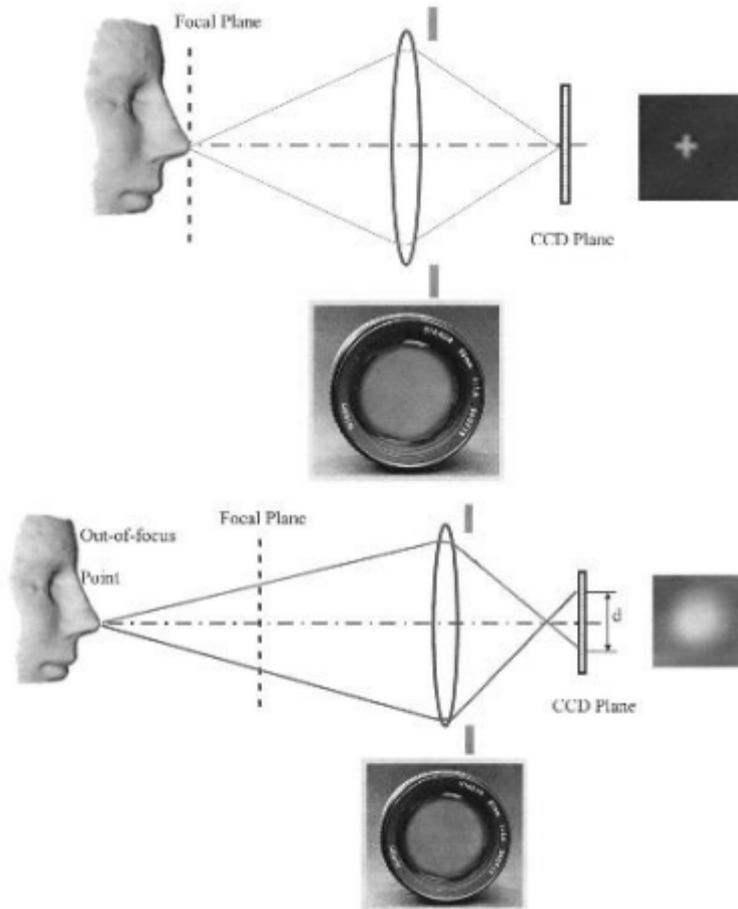


Image 16 : Principe du plan focal

I.2.2.3 Parallèle confocale

Cette technique est basée sur le principe du microscope confocal. Un faisceau laser traverse un montage optique. Le capteur va analyser l'intensité perçue. Elle sera maximale au niveau du plan focal. Celui-ci étant connu, on connaît donc la distance de l'objet. En faisant varier la distance entre l'objet et l'objectif, on obtient différentes images dans les différents plans focaux. Cela permet de reconstituer de proche en proche le volume mesuré.

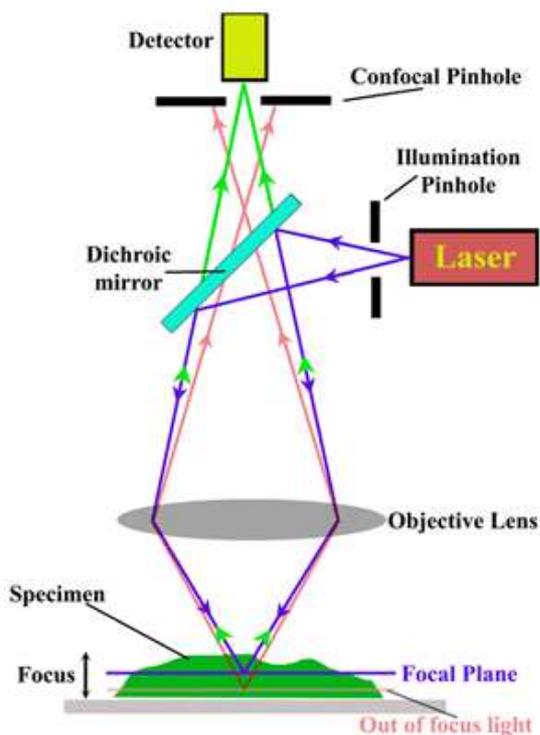


Image 17 : Microscope confocal

I.2.3 Les intérêts de l’empreinte optique au cabinet dentaire

En comparaison avec un matériau de moulage, lors de la prise de l’empreinte, le porte-empreinte ne risque pas d’être mal positionné. Le confort est majoré pour le patient du fait de l’absence de goût désagréable, de difficulté à respirer et de réflexe nauséux.

L’empreinte peut être validée dans la même séance. La visualisation directe de l’empreinte permet d’effectuer des retouches nécessaires en bouche, avant de reprendre immédiatement l’empreinte. Nous économisons alors un rendez-vous.

L’empreinte optique ne subit pas des détériorations avec le temps à la différence des matériaux traditionnels qui peuvent se déformer, se déchirer, se contracter... Par ailleurs, leur exploitation par le prothésiste peut être différée dans le temps sans problème à la différence des empreintes conventionnelles qui doivent être traitées le plus rapidement possible.

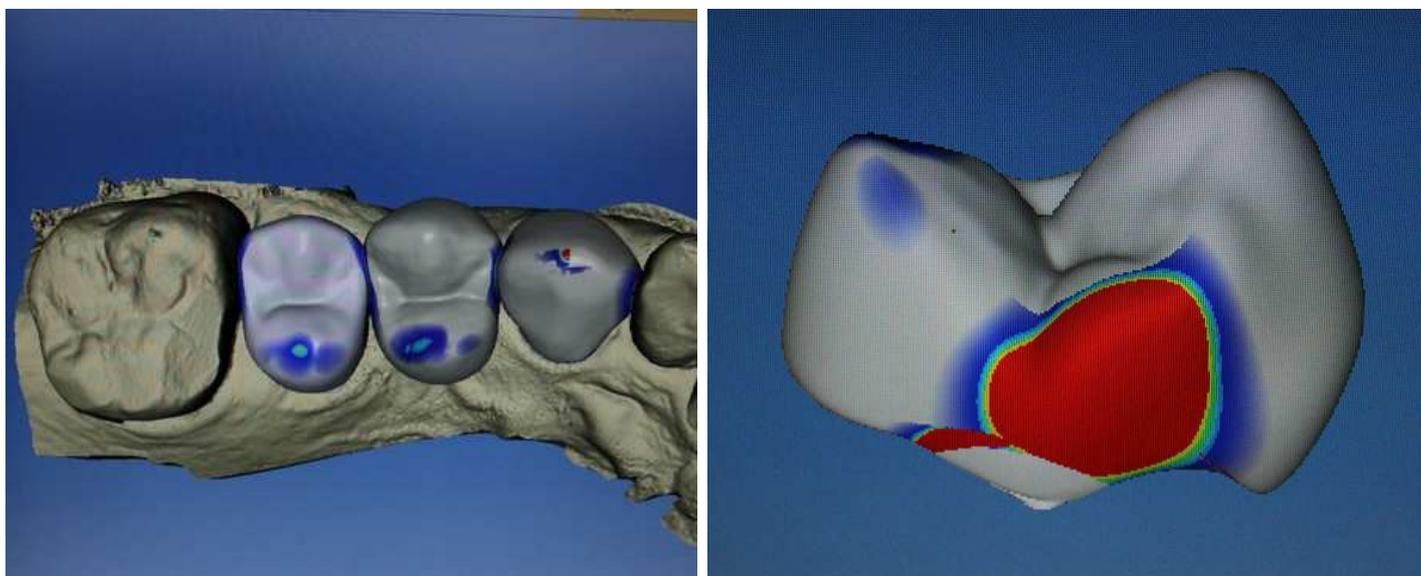
La précision de l’empreinte optique est très bonne de l’ordre de $10\ \mu\text{m}$ supérieure à celle des matériaux à empreinte classiques qui sont de l’ordre de $20\ \mu\text{m}^4$.

Il est aussi possible de zoomer de façon très importante sur des détails (visualiser un détail de 2.5 mm en 50cm sur l’écran). En cas de défaut sur une zone de l’empreinte, il est possible de refaire seulement une capture de cette zone et le logiciel va le réintégrer à l’empreinte.

La communication avec le prothésiste est simplifiée : la plateforme autorise le transfert de manière sécurisée des empreintes au prothésiste par internet en moins d’une minute.

Les techniques conventionnelles demandent un travail à quatre mains ou la modification d’une empreinte prise avec des silicones de basse viscosité pour pouvoir y adjoindre une couche de plus faible viscosité. Tout ceci entraîne une perte de temps. La caméra optique peut plus facilement être utilisée sans aide opératoire avec un gain de temps.

Dans le cas où la prothèse est réalisée directement au cabinet, la validation de la limite de la préparation sur l’empreinte pour la faire coïncider avec l’analyse en bouche est effectuée avec une précision nettement supérieure ($20\ \mu\text{m}$ contre $500\ \mu\text{m}$ pour une mine de crayon). Les contacts occlusaux peuvent être ajustés tout comme les contacts inter-dentaires.



Images 18 et 19 : Capture d'écran du logiciel CEREC permettant de mettre en avant la gestion des points de contacts occlusaux et inter dentaires.

Même si les prix ont beaucoup baissé, l'investissement financier conséquent à fournir reste un frein au développement en cabinet. Selon les modèles, les prix varient de 15 000 à 30 000€ environ. A cela, il faut opposer le prix non négligeable des matériaux d'empreinte classiques même s'ils sont moins chers, le confort pour le praticien et le patient, le temps gagné en évitant les défauts dans les empreintes et l'image du cabinet.

L'empreinte optique est un outil formidable présentant encore des limites, même si avec le temps, les fabricants les repoussent. Il est encore difficile pour le moment de réaliser des prothèses pour une arcade complète ainsi que l'enregistrement des cavités anatomiques de tenon pour inlay-cores.

II. MATÉRIELS ET MÉTHODES

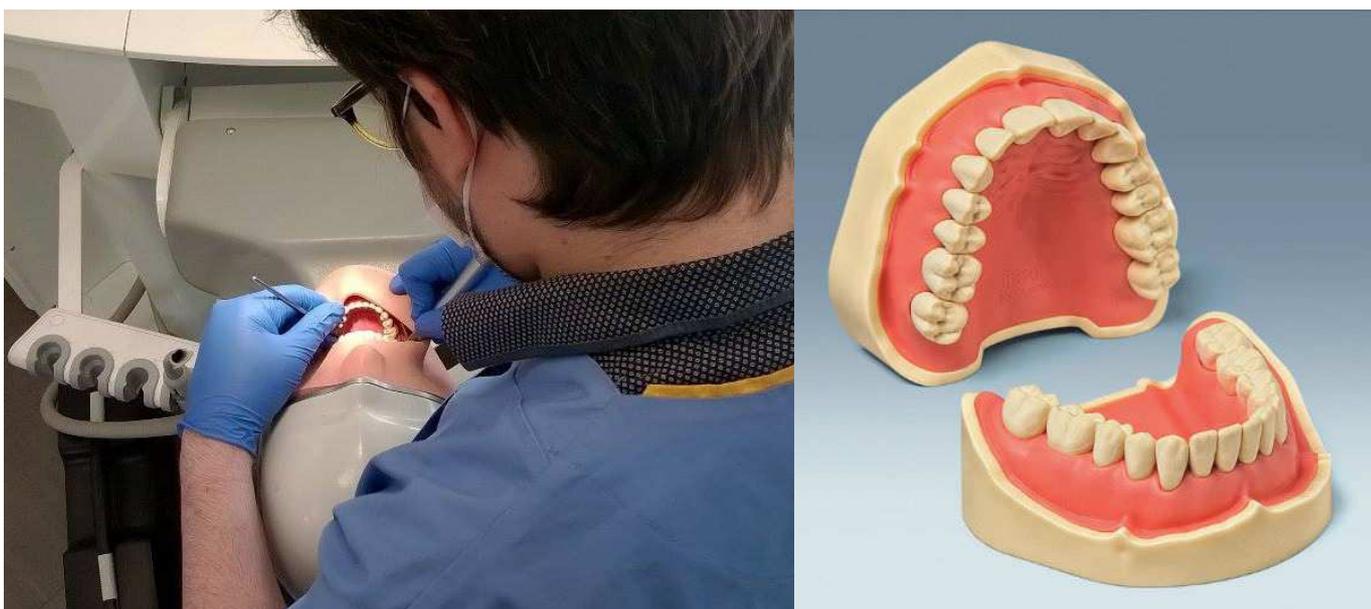
Le protocole de cette étude est inspiré de celui de T. Marghalani publié dans le Journal of Prosthetic Dentistry en 2014¹³.

La population étudiée consiste en deux groupes d'étudiants :

- 50 étudiants de seconde année (DO2) en fin d'année universitaire (25 hommes et 25 femmes) ayant réalisé des travaux pratiques (TP) de prothèse fixée pendant 2 semestres
- 50 étudiants de cinquième année en fin d'année universitaire (25 hommes et 25 femmes) ayant réalisé des TP de prothèse fixée pendant 4 semestres (DO2 et D03) et ayant réalisé des éléments de prothèse fixée pendant 4 semestres cliniques (DO4 et DO5).

Les étudiants ont effectué une préparation périphérique sur une première molaire maxillaire droite (16) en un temps limité (90 minutes). Au préalable, les étudiants ont reçu des instructions sur les caractéristiques à respecter en vue de l'insertion d'une couronne céramo-métallique sur la dent préparée. Pour les étudiants de DO2, il s'agissait de leur dix-huitième séance de travaux pratiques encadrés par un enseignant et deux moniteurs de cinquième année. Pour les étudiants de DO5, la participation s'est faite sur le principe du volontariat.

Les préparations étaient effectuées sur des dents en résine de la marque FRASACO® ANA-4Z montées sur une arcade prothétique FRASACO® ANA4 installée sur un fantôme avec un modèle antagoniste.



Images 20 et 21 : Photographie d'un étudiant en séance de travaux pratiques. Photographie du catalogue FRASACO® présentant les modèles utilisés lors des travaux pratiques.

Les préparations périphériques ont été réalisées à l'aide d'un set standardisé de fraises diamantées montées sur turbine.

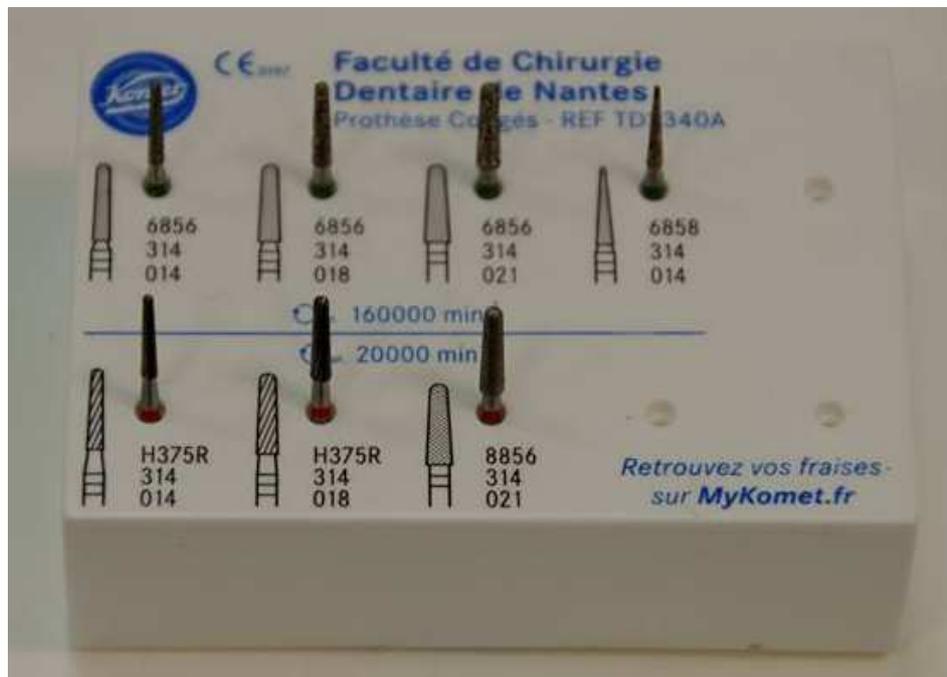


Image 22: Photographie du set de prothèse de la faculté de Nantes.

L'empreinte optique des préparations a été obtenue grâce à une caméra BLUECAM de chez SIRONA®, mise à la disposition du Centre de Soins et Traitements Dentaires du CHU Hôtel-Dieu de Nantes par la société Arcade Dentaire®. Un seul opérateur a effectué la capture d'image en montant les dents préparées sur un maître modèle identique pour toutes les empreintes.



Image 23 : Représentation de la BLUECAM de SIRONA.

Les fichiers ont été obtenus en Format SRT exploitables avec le système SIRONA®. Le transfert des fichiers dans le logiciel InLab de SIRONA® a permis de les transformer en format STL, format ouvert pouvant être utilisé sur de nombreux logiciels. Le logiciel InLab nous a été gracieusement prêté par la société SIRONA®.

Deux logiciels ont permis la réalisation des mesures d'angles :

- Le logiciel gratuit 3D Builder de © Microsoft Corporation normalement destiné à la conception d'objet 3D afin de pouvoir les réaliser par la suite avec une imprimante 3D. Ce logiciel, nous a permis de sectionner les modèles selon un plan vestibulo-palatin afin de pouvoir réaliser facilement la mesure de cet angle sans être gêné par les autres dents.

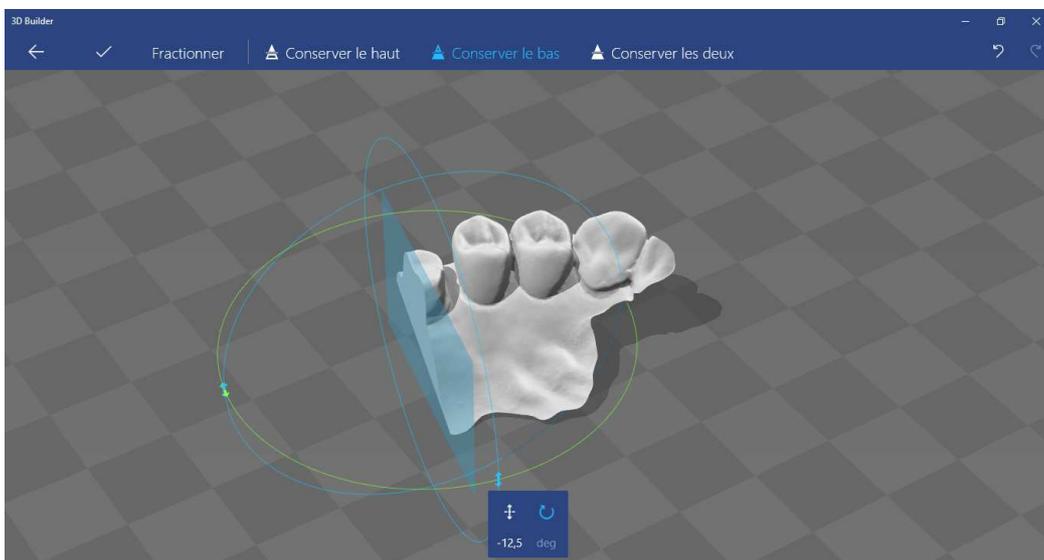
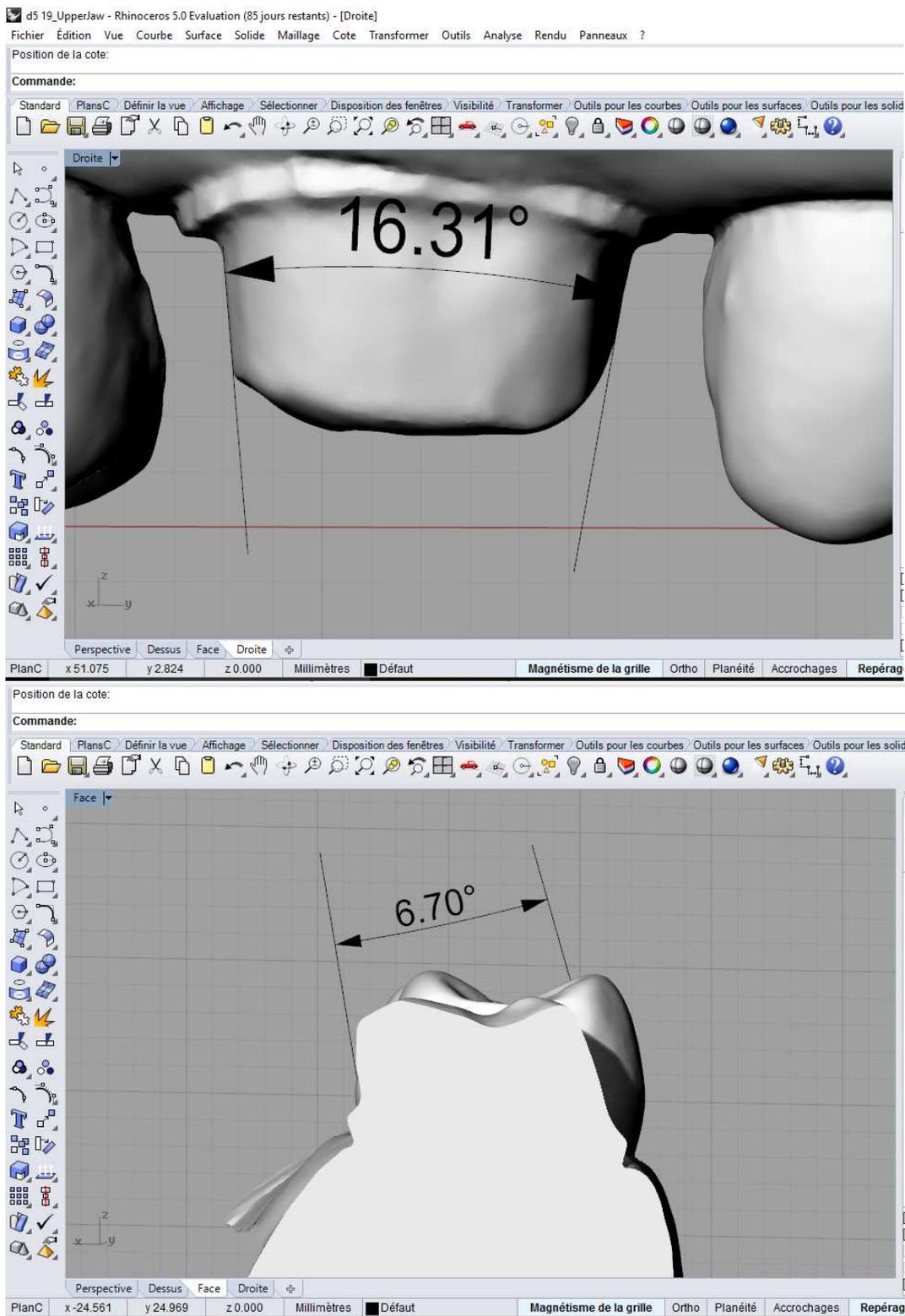


Image 24: Capture d'écran réalisée sur le logiciel 3D Builder de © Microsoft Corporation

- Le logiciel RHINO 5 (RHINOCEROS®) est également un logiciel de modélisation 3D mais beaucoup plus puissant que le précédent. Nous l'avons utilisé avec une licence test de 90 jours. Grâce à ce logiciel, nous avons tiré deux droites et mesuré l'angle ainsi formé par rapport à un plan de référence.

Les prises de mesure ont été réalisées par un opérateur unique. Les droites ont été positionnées tangentiellement aux préparations de manière à obtenir l'angle de dépouille le plus faible possible.



Images 25 et 26: Captures d'écran réalisées sur le logiciel RHINO 5 (RHINOCEROS®).

Les valeurs obtenues ont été analysées grâce au logiciel IBM SPSS Statistics pour Windows, Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp. Nos populations étant indépendantes et nos valeurs étant issues de données paramétriques, nous avons décidé de réaliser des tests d'homogénéité des variances de LEVENE. Notre échantillon est constitué de 50 préparations (x) réalisées par les secondes années et 50 préparations (y) réalisées par les cinquièmes années.

III. RÉSULTATS

III.1 ANGLES DE CONVERGENCE

Les préparations de 50 étudiants de DO2 (25 hommes et 25 femmes) et de 50 étudiants de DO5 (25 hommes et 25 femmes) ont été étudiées. Les tableaux 1 à 3 résument les principales caractéristiques obtenues au niveau des angles de convergence vestibulo-palatin et mésio-distal obtenus respectivement pour les DO2 et les DO5.

La valeur moyenne de l'angle de convergence vestibulo-palatin était de 14.67 ± 14.80 degrés pour les étudiants de DO2 et de 14.18 ± 10.90 pour les étudiants de DO5. Pour l'angle mésio-distal, la valeur moyenne était de 20.03 ± 15.14 degrés pour les étudiants de DO2 et de 17.72 ± 10.55 pour les étudiants de DO5 (tableau 1).

	Année	N	Moyenne	Ecart type	Médiane	Minimum	Maximum
Angle VP	D02	50	14.668	14.802	13.395	-15.56	51.01
	DO5	50	14.176	10.903	14.665	-5.99	41.63
	D02 et DO5	100	14,422	12,377	14,0900	-15,56	51,01
Angle MD	D02	50	20.033	15.139	20.62	-18.64	56.51
	DO5	50	17.725	10.555	16.97	-5.78	4.88
	D02 et DO5	100	18,879	13,035	19,5100	-18,64	56,51

Tableau 1 : Ensemble des données obtenues en séparant les populations fonction de l'année d'étude des étudiants

Pour l'ensemble des échantillons, la valeur moyenne de l'angle de convergence était de $14,42 \pm 12,38$ degrés pour l'angle vestibulo-palatin et de $18,88 \pm 13,03$ degrés pour l'angle mésio-distal. Concernant l'angle de convergence vestibulo-palatin, la valeur moyenne était de $15,93 \pm 12,81$ degrés pour les hommes et de $12,91 \pm 11,87$ degrés pour les femmes. Concernant l'angle de convergence mésio-distal, la valeur moyenne était de $16,66 \pm 11,72$ degrés pour les hommes et de $21,10 \pm 13,99$ degrés pour les femmes (tableau2).

	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Médiane	Minimum	Maximum
Angle VP	Hommes	50	15,929	12,807	14,6650	-5,01	51,01
	Femmes	50	12,915	11,868	13,6500	-15,56	35,14
	H et F	100	14,422	12,377	14,0900	-15,56	51,01
Angle MD	Hommes	50	16,660	11,721	16,5000	-18,64	42,88
	Femmes	50	21,098	13,996	21,8700	-10,97	56,51
	H et F	100	18,879	13,035	19,5100	-18,64	56,51

Tableau 2 : Ensemble des données obtenues en séparant les populations fonction des sexes des étudiants

La valeur moyenne de l'angle de convergence vestibulo-palatin était de 11.75 ± 14.51 degrés pour les femmes de DO2 et de 14.08 ± 8.61 pour les femmes de DO5. Pour l'angle mésio-distal, la valeur moyenne était de 21.32 ± 17.95 degrés pour les femmes de DO2 et de 20.88 ± 8.80 pour les femmes de DO5 (tableau 3).

La valeur moyenne de l'angle de convergence vestibulo-palatin était de 17.59 ± 12.67 degrés pour les hommes de DO2 et de 14.27 ± 12.98 pour les hommes de DO5. Pour l'angle mésio-distal, la valeur moyenne était de 18.7 ± 11.92 degrés pour les hommes de DO2 et de 14.57 ± 11.37 pour les hommes de DO5 (tableau 3).

	Année	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Médiane	Minimum	Maximum
Angle VP	D02	Hommes	25	17.587	12.673	15.76	-4.07	51.01
	DO5	Hommes	25	14,271	12.982	14.2	-5.01	41.63
	D02 et DO5	Hommes	50	15.929	12.807	14.665	-5.01	51.01
Angle MD	D02	Hommes	25	18,75	11.922	19.91	-18.64	37.37
	DO5	Hommes	25	14,57	11.369	13.89	-5.78	42.88
	D02 et DO5	Hommes	50	16,66	11.721	16.5	-18.64	42.88

	Année	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Médiane	Minimum	Maximum
Angle VP	D02	Femmes	25	11.749	14.51	13.06	-15.56	35.14
	DO5	Femmes	25	14.081	8.612	15.54	-5.99	33.4
	D02 et DO5	Femmes	50	12.915	11.868	13.65	-15.56	35.14
Angle MD	D02	Femmes	25	21.316	17.954	21.42	-10.97	56.51
	DO5	Femmes	25	20.88	8.802	22.32	5.2	41.03
	D02 et DO5	Femmes	50	21.098	13.996	21.87	-10.97	56.51

Tableaux 3 a et b : : Ensemble des données obtenues en séparant les populations fonction des années d'études et du sexe (hommes (a), femmes (b))

Pour l'échantillon global d'étudiants, le plus petit angle observé était de -18,64 degré et le plus élevé de 56,51 degré (tableau 3). 16% des étudiants ont réalisé des valeurs d'angle de convergence inférieures à 6° au niveau mésio-distal et 24% au niveau vestibulo-palatin. (tableau4).

Concernant les étudiants de DO2, 16% des étudiants ont réalisé des valeurs d'angle de convergence inférieures à 6° au niveau mésio-distal et 26% au niveau vestibulo-palatin. Les hommes de DO2 ont réalisé des valeurs de convergence inférieures à 6° pour 8% au niveau mésio-distal contre 24% des femmes ; au niveau vestibulo-palatin, 12% des hommes ont réalisé des angles inférieurs à 6° contre 40% des femmes (tableau 4).

Concernant les étudiants de DO5, 16% des étudiants ont réalisé des valeurs d'angle de convergence inférieures à 6° au niveau mésio-distal et 22% au niveau vestibulo-palatin. Les hommes de DO5 ont réalisé des valeurs de convergence inférieures à 6° pour 28% au niveau mésio-distal contre 4% des femmes ; au niveau vestibulo-palatin, 32% des hommes ont réalisé des angles inférieurs à 6° contre 12% des femmes (tableau 4).

Sexe	Angles	Nombre et pourcentage de valeurs <6°		Nombre et pourcentage de valeurs <12°		Nombre et pourcentage de valeurs <16°	
		Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Hommes	MD	9	18%	16	32%	24	48%
	VP	11	22%	20	40%	27	54%
Femmes	MD	7	14%	11	22%	18	36%
	VP	13	26%	21	42%	29	58%
Hommes et femmes	MD	16	16%	27	27%	42	42%
	VP	24	24%	41	41%	56	56%

Tableau 4.a : Pourcentage de valeurs inférieures à 6, 12 et 16° fonctions du sexe de l'opérateur

Sexe	Angles	Nombre et pourcentage de valeurs <6°		Nombre et pourcentage de valeurs <12°		Nombre et pourcentage de valeurs <16°	
		Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Hommes D02	MD	2	8%	6	24%	11	44%
	VP	3	12%	9	36%	13	52%
Femmes D02	MD	6	24%	7	28%	9	36%
	VP	10	40%	12	48%	15	60%
Hommes et femmes D02	MD	8	16%	13	26%	20	40%
	VP	13	26%	21	42%	28	56%
Sexe	Angles	Nombre et pourcentage de valeurs <6°		Nombre et pourcentage de valeurs <12°		Nombre et pourcentage de valeurs <16°	
Hommes D05	MD	7	28%	10	40%	13	52%
	VP	8	32%	11	44%	14	56%
Femmes D05	MD	1	4%	4	16%	9	36%
	VP	3	12%	9	36%	14	56%
Hommes et femmes D05	MD	8	16%	14	28%	22	44%
	VP	11	22%	20	40%	28	56%

Tableaux 4.b et c : pourcentage de valeurs inférieures à 6, 12 et 16° fonctions du sexe et de l'année d'étude de l'opérateur

III.2 ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse statistique a porté sur dix comparaisons. Le détail de l'analyse statistique est présenté dans l'annexe 2.1 à 2.9. Cette analyse ne met pas en évidence de différence statistiquement significative au niveau des angles de convergence des préparations entre les deux populations étudiées, que les valeurs soient prises dans leur totalité ou en considérant chacun des angles de convergence séparément.

Si l'on s'intéresse à la comparaison entre hommes et femmes, il n'existe pas de différence statistiquement significative au niveau de l'ensemble de la population entre les valeurs d'angle de convergence considérées globalement ou en dissociant les angles vestibulo-palatin ou mésio-distal. Si l'on considère les étudiants de deuxième année, il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les valeurs observées en globalité ou pour chacun des angles de convergence. Pour les étudiants de cinquième année, l'échantillon global ne met pas en évidence de différence statistiquement significative mais les moyennes sont statistiquement différentes si l'on considère les valeurs obtenues au niveau de l'angle de convergence mésio-distal. Cette différence ne se retrouve pas au niveau de l'angle de convergence vestibulo-palatin.

En comparant la différence des valeurs obtenues entre l'angle de convergence vestibulo-palatin et mésio-distal entre hommes et femmes, pour les DO2, la moyenne observée est tendancielle alors qu'elle est statistiquement différente pour les DO5.

L'absence de différence statistiquement significative sur l'ensemble des préparations ne permet pas de conclure à une meilleure qualité des préparations entre les étudiants de DO2 et de DO5. Il n'existe pas non plus de différence entre les hommes et les femmes quelque soit le groupe d'étudiants considéré.

III.3 REPARTITION DES VALEURS EXTREMES

Les valeurs extrêmes sont les valeurs apparaissant comme non compatibles avec l'insertion d'une restauration prothétique (contre-dépouilles). Elles sont dénombrées dans le tableau N°5.

En dénombrant les valeurs négatives, nous constatons que 24% des préparations des DO2 et 8% des préparations des DO5 présentent des contre-dépouilles. Le quart des préparations réalisées par les deuxièmes années ne correspondent donc pas aux objectifs de mise de dépouille initialement indiqués aux étudiants contre moins de 1/10 pour les cinquièmes années.

En prenant comme référence un angle de dépouille de 12° permettant d'assurer une rétention optimale de l'élément prothétique, 17 préparations de DO2 et 13 de DO5 présentent des valeurs supérieures au double de cette valeur (25°). Des valeurs aussi élevées présentent

un impact négatif sur la rétention de la future couronne et peuvent être à l'origine de descellements fréquents.

En associant les préparations présentant des contre-dépouilles ou une mise de dépouille trop importante, 59% des préparations des DO2 et 48% des DO5 ne correspondent pas aux objectifs de préparation initialement définis.

	VP	MD	VP et MD
Femmes DO2	6 (24%)	3 (12%)	9 (18%)
Hommes DO2	2 (8%)	1 (4%)	3 (6%)
DO2	8 (16%)	4 (8%)	12 (24%)
Femmes DO5	1 (4%)	0 (0%)	1 (2%)
Hommes DO5	2(8%)	1 (4%)	3 (6%)
DO5	3 (6%)	1 (2%)	4 (8%)
DO2 et DO5	11 (22%)	5(10%)	16 (16%)

Tableau 5 présentant la répartition des valeurs négatives :

III.4 DISCUSSION

Nos résultats ne mettent pas en évidence de différences statistiquement significatives au niveau de l'ensemble des valeurs d'angle mesurés au niveau des préparations réalisées par les étudiants de DO2 et DO5 et entre les hommes et les femmes quelque soit le groupe considéré. La comparaison des valeurs extrêmes ne permet pas non plus de mettre en évidence que les préparations des étudiants de DO5 sont de meilleure qualité que celles effectuées par les étudiants de DO2. Il est quand même à noter que les étudiants de DO5 ont réalisé 3 fois moins de préparations présentant des contre-dépouilles que les étudiants de DO2

III.4.1. Le choix de la méthodologie

Nous nous sommes inspirés de la méthodologie décrite par Marghalani¹³ en 2014 en comparant dans cette étude deux populations d'étudiants (en début et en fin de cursus) mais dans des conditions de réalisation des préparations périphériques similaires à celles de l'étude de référence analysant les préparations d'étudiants de cinquième année.

Nous n'avons pas utilisé exactement le même protocole d'analyse des résultats. Les préparations ont été enregistrées à l'aide d'une caméra optique et non scannées. Concernant les logiciels d'analyse, nous avons associé deux logiciels (3D Builder et Rhinoceros 3D) plus

ergonomiques que le logiciel MeshLab proposé. Nous avons cependant conservé le même logiciel SPSS pour l'analyse statistique des données.

III.4.2. Les conditions de réalisation

Les conditions de réalisation ont différencié entre les étudiants de deuxième et cinquième année. Les étudiants de deuxième année ont réalisé leur préparation dans le cadre d'une séance habituelle de travaux pratiques encadrée par un enseignant et des moniteurs avec la recherche de rigueur au niveau des positions de travail et d'utilisation des instruments. Pour les étudiants de cinquième année, ils ont réalisé les préparations sur la base du volontariat, au sein de séances non encadrées par un enseignant. Ces derniers étudiants n'avaient plus réalisé de préparations périphériques sur simulateur depuis deux ans (fin de leur troisième année) et ont pour certains d'entre eux réalisé peu de préparations périphériques en clinique (un étudiant n'avait ainsi pas réalisé de préparation périphérique depuis deux ans).

La réalisation des préparations sur simulateur ne permet pas non plus de reproduire la complexité de l'acte réalisé chez un patient avec des difficultés supplémentaires au niveau de l'accès visuel, de la présence de la langue, de la salive, la gestion des tissus mous ou des mouvements du patient.

III.4.3. Les résultats

Comme dans l'étude de Marghalani¹³, aucune différence statistiquement significative n'a pu être mise en évidence entre les différents groupes. Des différences apparaissent cependant au niveau des préparations. La moyenne des valeurs observées au niveau des angles vestibulo-lingual et mésio-distal est inférieure dans la population d'étudiants saoudiens par comparaison aux étudiants français (10,49 et 11,11 contre 14,67 et 14,18). Les valeurs observées dans cette étude restent cependant proches ou en dessous des valeurs observées dans d'autres études similaires : 15° pour Leempoel *et al.*¹², 17, 3° pour Nordlander *et al.*¹⁷, 19,2° pour Noonan *et al.*¹⁶, 21° pour Annerstedt *et al.*³, 22, 4 et 25,3° pour Al Omari *et al.*².

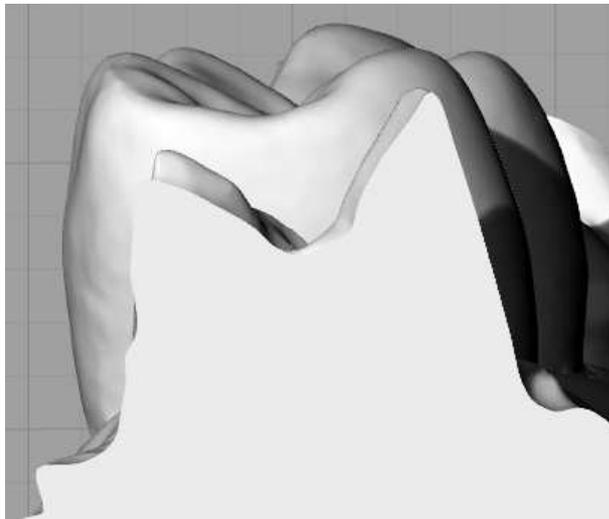
Les différences au niveau des écarts-types sont également nettement plus importantes dans la population française que dans le groupe d'étudiants saoudiens (14,80 et 10,90 contre 3,95 et 4,79). Il existe donc une plus grande inhomogénéité des préparations au sein du groupe d'étudiants français. Nous avons également pris en compte les valeurs extrêmes traduisant des contre-dépouilles au niveau des préparations. Presque 25% des préparations des DO2 français présentent de telles zones.

La valeur moyenne des angles de convergence compatible avec une insertion aisée et des valeurs de rétention satisfaisante se situe à 16°. Dans notre étude, seule la moitié des préparations présentent de telles valeurs (42% des préparations pour l'angle mésio-distal, 56% pour l'angle vestibulo-lingual). Les valeurs sont quasiment identiques quelque soit le groupe

considéré. Ces valeurs sont nettement inférieures à celles obtenues dans l'étude de Marghalani¹³ où 75% des étudiants réalisaient des préparations présentant des angles de convergence inférieurs ou égaux à 14° (82,35% en vestibulo-lingual et 72,06% en mésio-distal). Nos valeurs rejoignent cependant l'étude d'Aleisa *et al*¹. avec seulement la moitié des préparations des étudiants de dernière année présentant des valeurs inférieures à 16°. L'étude de Tiu *et al*²⁵, sur un nombre plus restreint de préparations (n=24) réalisées par des étudiants, observe un plus grand nombre de valeurs d'angle de convergence vestibulo-linguaux acceptables (à savoir compris entre 10° et 20°) que pour les angles mésio-distaux. Une autre étude de Tiu *et al*^{23, 24} analyse les mêmes paramètres sur des préparations effectuées par des praticiens de ville. Les valeurs observées sont nettement supérieures à celles recommandées, même si l'échantillon est restreint : ainsi, pour la première molaire droite, la moyenne est de 30,19±9,66° en vestibulo-lingual et de 52,35±11,17° en mésio-distal en analysant 5 préparations. Mais le même résultat se dégage de l'analyse de 236 préparations concernant tout type de dent de l'arcade.

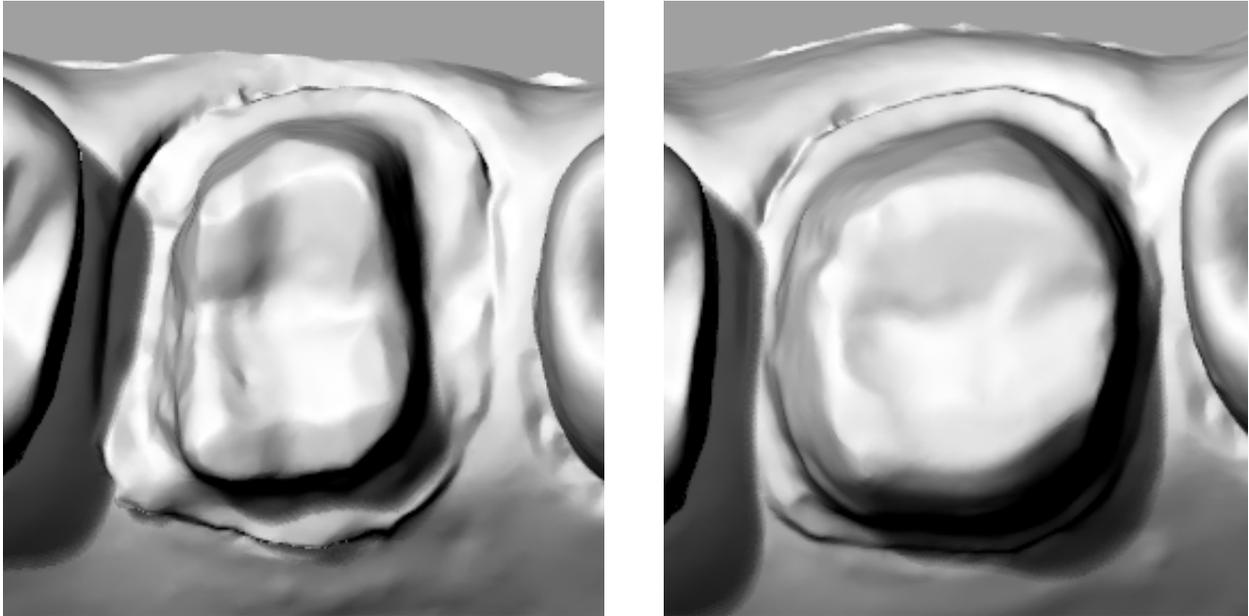
L'utilisation de valeurs moyennes et d'écart-types pour interpréter les résultats ne permet cependant pas forcément une interprétation correcte. Les valeurs les plus faibles et les plus élevées peuvent s'annuler dans le calcul des moyennes et ne permettent pas non plus de rendre compte de toutes les valeurs négatives (contre-dépouilles) qui ne permettent pas l'insertion clinique de la couronne sur la préparation.

Même si les angles de convergence sont similaires dans nos deux populations étudiées, ce paramètre n'est qu'un des éléments permettant de caractériser la qualité des préparations réalisées. L'observation de l'enregistrement des préparations permet de caractériser d'autres paramètres, à valeur de dépouille égale.



Images 27 et 28: Captures d'écran réalisées sur le logiciel RHINO 5 (RHINOCEROS®).

Sur ces deux captures d'écran (images 27 et 28), les valeurs de dépouille sont proches de 12° dans les deux cas : 12.28° pour la préparation de l'étudiant de cinquième année (à droite) et 11.53° pour celle du second année (à gauche). La profondeur et la régularité du congé correspondent davantage à une préparation de qualité pour l'étudiant de cinquième année tout comme la réduction de la table occlusale ou le polissage de la préparation ne présentant pas d'angles vifs.



Images 29 et 30 : Captures d'écran réalisées sur le logiciel RHINO 5 (RHINOCEROS®).

Sur ce second exemple (images 29 et 30), en observant les préparations en vue occlusale, les valeurs de dépouille sont également similaires : 9.61° en mésio-distal et 21.32° en vestibulo-palatin pour l'étudiant de seconde année ; 14.32° en mésio-distal et 24.10° en vestibulo-palatin pour l'étudiant de cinquième année. Pourtant, on constate une nette différence dans la régularité ainsi que dans la profondeur de la préparation périphérique.

Nous n'avons donc pris en compte qu'une partie des critères caractérisant la qualité des préparations périphériques réalisées par les étudiants de deuxième et cinquième année. La moitié des étudiants obtient un résultat satisfaisant sur ce critère, mais d'autres paramètres comme le volume de réduction ou la régularité du congé seraient également à étudier.

Il serait intéressant de poursuivre cette étude en analysant ces mêmes paramètres au niveau de préparations effectuées par les étudiants de DO4 et DO5 en clinique et de comparer les valeurs obtenues. L'étude de Tiu et al^{23, 24}. (2015) montre en effet une grande variation entre les valeurs obtenues par les étudiants et les praticiens de ville. Ce comparatif permettrait de faire évoluer l'enseignement, en portant plus particulièrement attention en pré-clinique sur les paramètres apparaissant comme non maîtrisés en clinique.

IV. INTÉRÊT DE L'EMPREINTE OPTIQUE EN PÉDAGOGIE

L'empreinte optique peut être un outil formidable au service de la pédagogie tant pour l'étudiant que pour l'enseignant. Elle peut notamment permettre une notation plus juste du travail réalisé et donner à l'étudiant un outil supplémentaire pour évaluer sa progression. Pour finir, nous verrons la faisabilité d'une telle organisation.

IV.1 POUR L'ENSEIGNANT

L'empreinte optique permet de concrétiser les principes de préparation. La visualisation est nettement augmentée et permet par exemple de montrer à l'étudiant l'impact de sa préparation sur la future couronne grâce à la superposition d'une image fantomatique.

Ce système permet aussi d'autonomiser les étudiants. Enseigner la préparation est un point important, mais permettre aux étudiants de détecter leurs erreurs et de les corriger d'eux-mêmes est encore plus important. Dans leur futur exercice, ils seront les seuls juges de la qualité de leurs préparations d'où l'intérêt de développer leur sens critique. L'empreinte optique permet à l'étudiant de comparer au cours des étapes de la préparation son travail avec un modèle de référence qu'il peut manipuler et superposer sur sa propre préparation par transparence. En fin de séance, la fusion des deux fichiers permet de visualiser le travail réalisé par comparaison au modèle de démonstration.

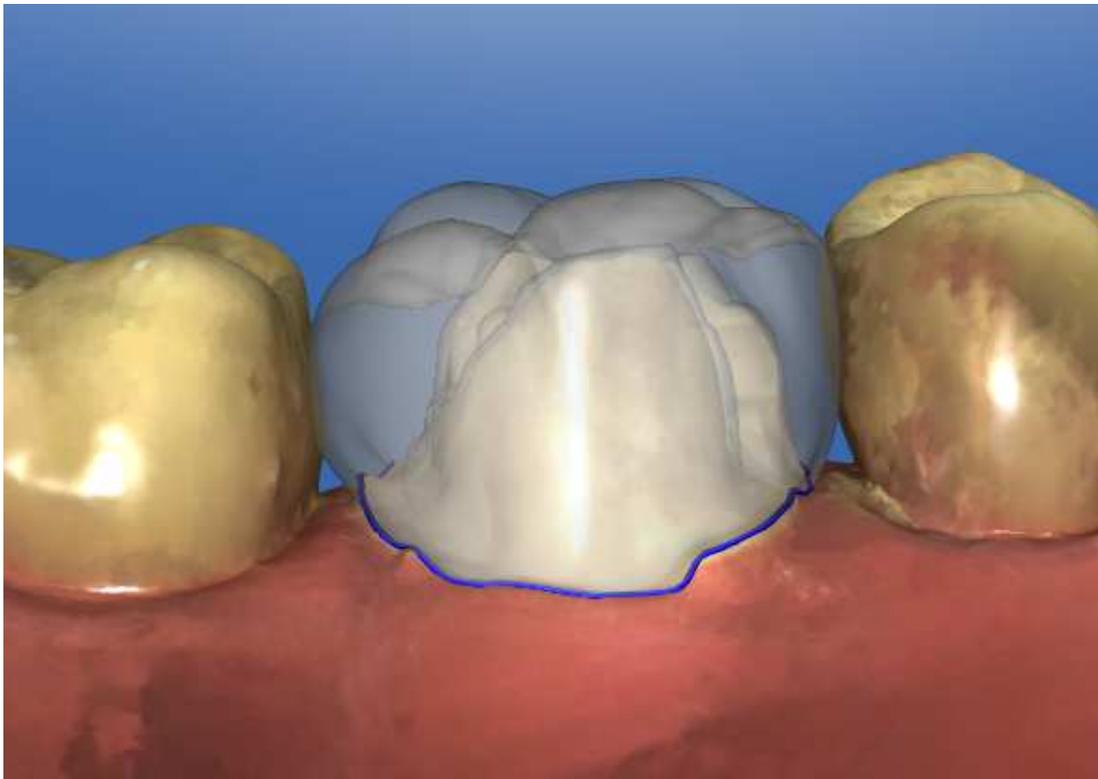


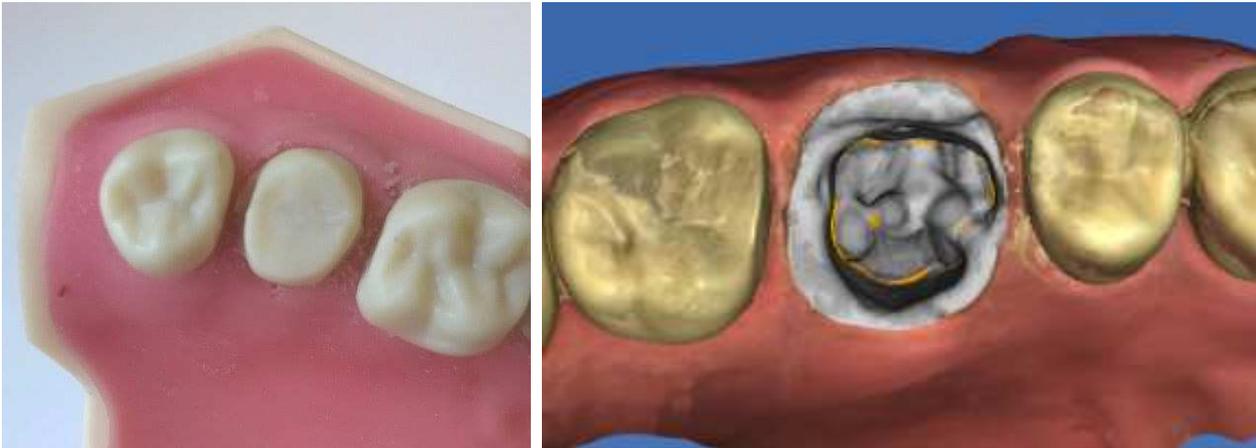
Image31 : Prévisualisation fantomatique de la future restauration.

Le suivi de l'étudiant peut également être optimisé : la conservation aisée des fichiers de préparations permet de visualiser et de comparer plus aisément la progression de l'étudiant sur des critères d'évaluation précis et chiffrés comme l'angle de dépouille ou la profondeur du congé.

L'évaluation peut également s'avérer plus juste et homogène en se basant sur des mesures précises (angles de dépouille, volumes de réduction, possibilité d'insertion d'une couronne) en s'affranchissant de la fatigue visuelle de l'enseignant notant les préparations. Une proposition de critères de notation est définie ci-dessous concernant la séance de préparation de la 16 en vue de l'insertion d'une CCM pour un total de 20 points.

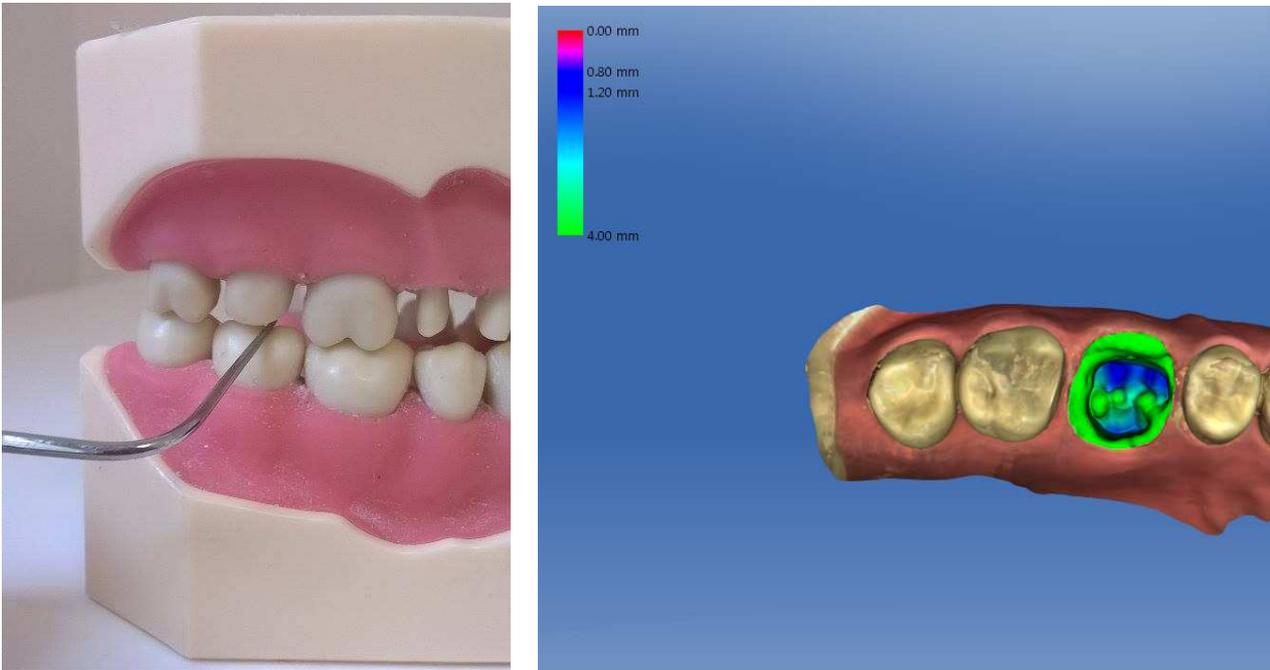
Réduction occlusale 2points (1 point pour la morphologie, 1 point pour l'épaisseur de la réduction) :

Le système optique n'est pas d'un apport fondamental pour l'évaluation de la morphologie, mais il peut constituer une aide. Il présente une fonction permettant de détecter automatiquement les anomalies comme un bord trop aigu. Il permet aussi une meilleure visibilité avec un code couleur en niveau de gris en fonction de la concavité des dents.



Images 32 et 33 : Comparatif entre deux vues occlusales.

Classiquement, l'évaluation est réalisée grâce à l'utilisation d'une sonde droite qui doit pouvoir être glissée entre les deux arcades sans avoir de jeu. Le système CEREC, par exemple, permet d'obtenir une vision en 3D de la préparation avec un code couleur fonction de la distance à la dent antagoniste. L'obtention d'une valeur en centième de millimètre au niveau d'un point précis est réalisable en le sélectionnant avec la souris. Nous pouvons ainsi obtenir les valeurs de réduction au niveau des cuspidés ou du sillon par exemple.



Images 34 et 35 : Comparatif entre deux possibilités d'analyser l'espace prothétique.

La notation peut inclure 6 points de mesure (4 au niveau des cuspidés et 2 dans les sillons) :

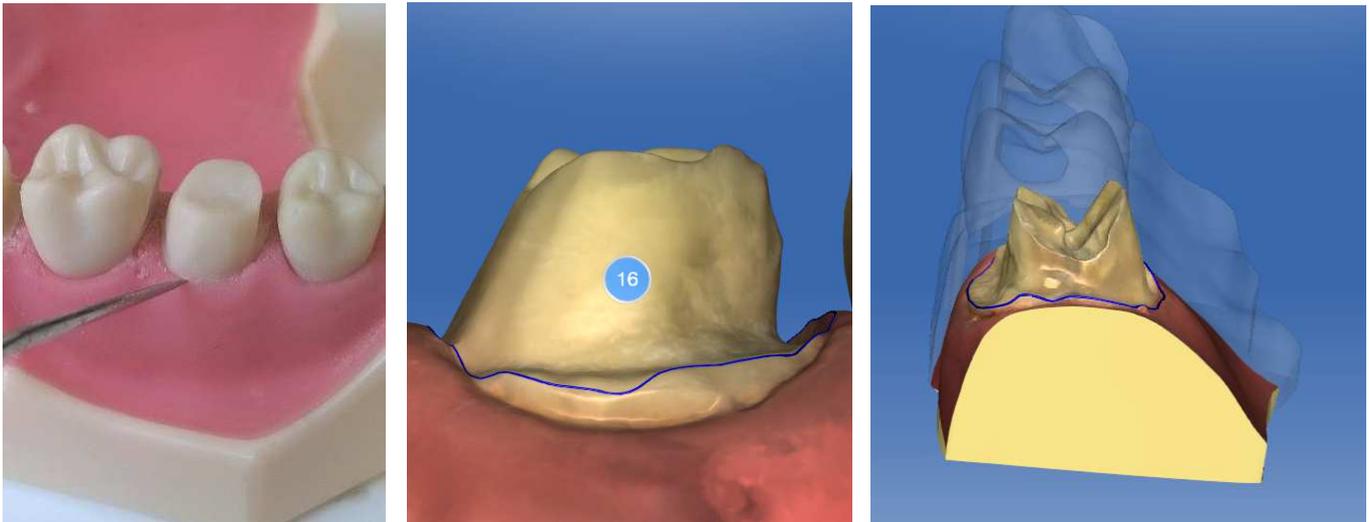
- Si les 6 valeurs sont comprises entre $2\text{mm} \pm 0.2 \text{ mm}$, l'étudiant obtient un point.
- Si les 6 valeurs sont comprises entre $2\text{mm} \pm 0.4 \text{ mm}$, l'étudiant obtient 0.75 point.
- Si les 6 valeurs sont comprises entre $2\text{mm} \pm 0.6 \text{ mm}$, l'étudiant obtient 0.5 point.
- Si les 6 valeurs sont comprises entre $2\text{mm} \pm 0.8 \text{ mm}$, l'étudiant obtient 0.25 point.
- Au-delà de ces valeurs, l'étudiant n'obtient aucun point.

Congé vestibulaire et double angulation : 2points (1.5 point caractérisant la présence et la profondeur du congé, 0.5 point pour la double angulation)

Congé mésial et intégrité de la 15 : 2 points (1.5 point pour le congé mésial et 0.5 point pour le respect de la 15)

Congé distal et intégrité de la 17 : 2 points (1.5 point pour le congé distal et 0.5 pour le respect de la 17)

Congé palatin +chanfrein : 2 points (1.5 point pour le congé palatin et 0.5 pour la présence du chanfrein)



Images 36, 37 et 38 : Comparatif entre deux possibilités d'analyser la limite prothétique.

Le CEREC ne va pas nous permettre d'obtenir une notation objective de ces critères. Il va juste constituer une aide précieuse à la visualisation. Nous pourrions par la suite imaginer le développement d'un logiciel, nous permettant la mesure automatique de l'angle de dépouille et de la profondeur des congés. Il pourrait également détecter automatiquement l'intégrité des dents adjacentes. Cela nous permettrait d'obtenir une notation plus objective en donnant par exemple :

- 0.5 point pour le chanfrein.
- 0.5 point pour la double angulation.
- 0.5 point pour le respect de 15
- 0.5 point pour le respect de 17
- 1 point si le congé MD est compris entre 4° et 15° , 0.75 point de 15° à 20° , 0,5 point de 0° à 4° et de 20° à 25° , 0.25 point de 25° à 30° et 0 point en cas de contre dépouille et de valeur supérieur à 30° .
- 1 point si le congé VP est compris entre 4° et 15° , 0.75 point de 15° à 20° , 0,5 point de 0° à 4° et de 20° à 25° , 0.25 point de 25° à 30° et 0 point en cas de contre dépouille et de valeur supérieur à 30° .
- 0.5 point si la réduction axiale sur les faces VD est comprise entre 1.25 et 1.75 mm et 0.25 si elle est comprise entre 1 et 1.25 ou 1.75 et 2mm.
- 0.5 point si la réduction axiale sur les faces MD est comprise entre 1.25 et 1.75 mm et 0.25 si elle est comprise entre 1 et 1.25 ou 1.75 et 2mm.

Régularité de la préparation/ polissage/ finition 3points

Le CEREC permet une meilleure visualisation de la préparation avec un avertissement aux niveaux des zones que le logiciel estime présenter un défaut mais sans critère objectif. Un axe de développement futur du logiciel consisterait à caractériser la rugosité générale de la préparation ainsi que la présence d'arêtes.



Image 39 : détection automatique des anomalies par le logiciel CEREC.

Situation de la limite 2points

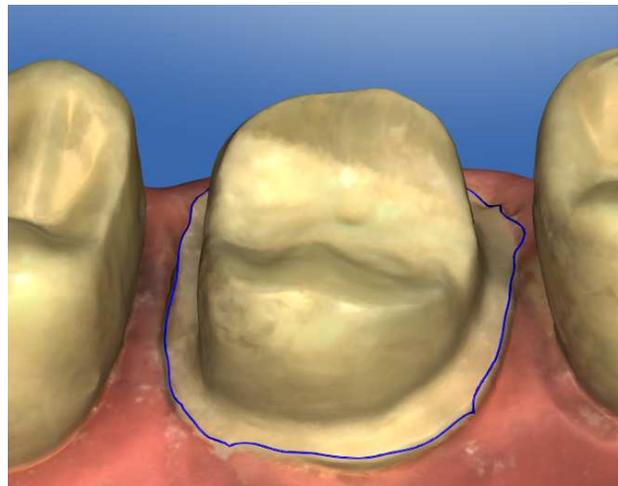


Image 40 : détection automatique de la situation de la limite.

Le logiciel détecte automatiquement la limite et en propose un tracé, qu'il faut contrôler dans un second temps. Ce tracé reste toujours sujet à interprétation sans valeur chiffrée. Idéalement, nous pouvons imaginer une notation avec des pourcentages de bon positionnement de la limite : 2 points si au moins 95% de bon positionnement, 1.5 point entre 85% et 94%, 1 point entre 75% et 84%, 0.5 point entre 61% et 74%, aucun point en dessous 60%.

Ergonomie 5points :

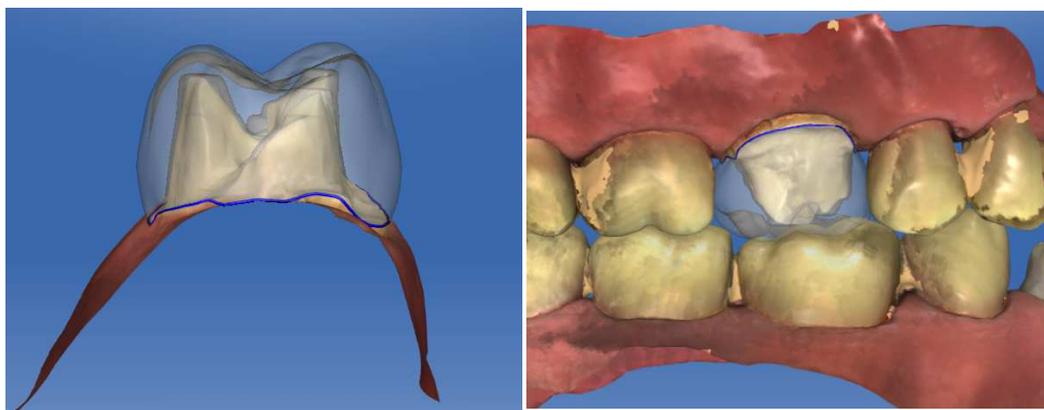
Elle ne peut pas être mesurée grâce à l’empreinte optique. Seule l’observation effectuée par l’enseignant lors des travaux pratiques permet son évaluation.

	Méthode actuelle	Logiciel CEREC	Logiciel idéal
Réduction occlusale 2pts	+	+++	+++
Congé vestibulaire + double angulation 2pts	+	++	+++
Congé mésial + /25 2pts	+	++	+++
Congé distal+/27 2pts	+	++	+++
Congé palatin +chanfrein 2pts	+	++	+++
Régularité préparation/ polissage/ finition 3pts	+	++	+++
Situation limite 2pts	+	++	+++
Ergonomie 5pts	+	/	/

IV.2 POUR L'ETUDIANT

IV.2.1 L'autocorrection

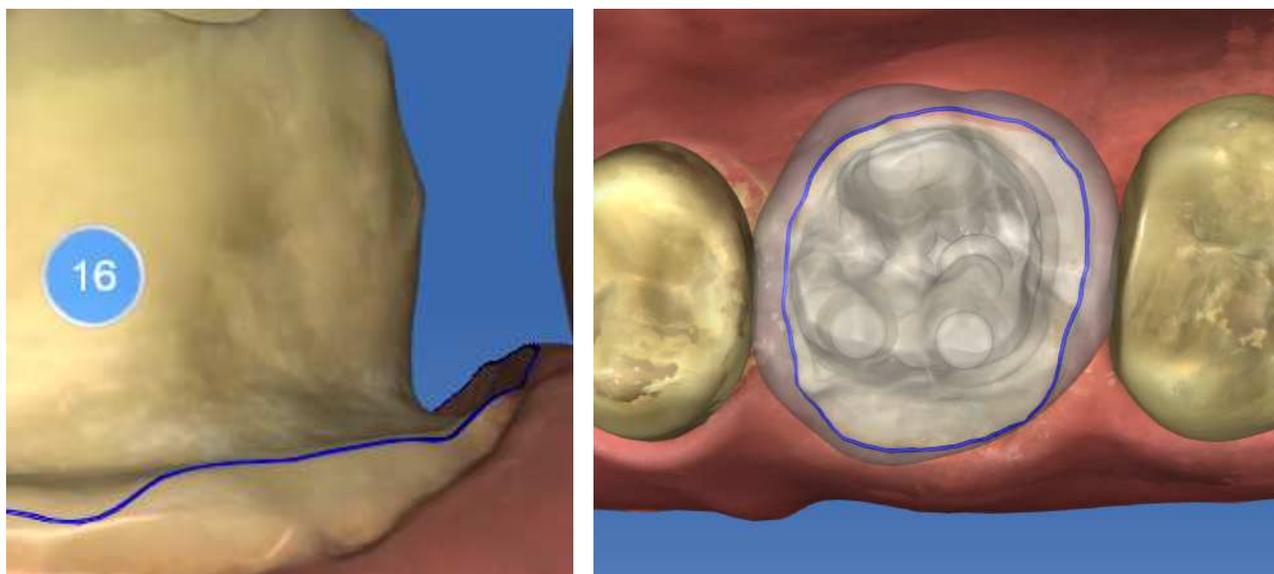
L'étudiant doit apprendre à réaliser la préparation périphérique de la dent, mais il doit aussi apprendre à en détecter les anomalies et les corriger. L'autocorrection peut être améliorée en donnant à chaque étudiant un fichier contenant une préparation modèle réalisée par l'enseignant. Ainsi l'étudiant compare directement son travail à ce qu'il doit réaliser. Il a également la possibilité de visualiser ses anciennes préparations et les erreurs précédemment réalisées.



Images 41 et 42 : Visualisation du futur résultat grâce à une image fantomatique de la future restauration.

IV.2.2 Meilleure compréhension des remarques de l'enseignant

L'enseignant peut montrer les défauts beaucoup plus facilement. Il est plus facile de voir un défaut de 0,2mm sur un écran avec un grossissement de 50 fois que sur le modèle en l'indiquant avec une sonde et en le voyant à 50 cm. Il est aussi possible pour l'enseignant de montrer l'impact qu'auront les défauts de la préparation sur la future prothèse.



Images 43 et 44 Meilleure perception des détails et du résultat final.

IV.2.3 Suivi de sa progression, des points à améliorer et de la notation

L'étudiant peut suivre sa progression de manière plus précise. Il peut par exemple voir l'évolution des valeurs des angles de dépouille qu'il réalise ou la position de sa limite, évaluer la régularité de ses résultats ... Il comprend mieux les notes qu'il reçoit et voit comment les améliorer.

IV.3 MISE EN PLACE EN TRAVAUX PRATIQUES

Pour pouvoir être mis en place lors des séances de travaux pratiques, le plateau technique idéal devrait se composer :

- De 2 à 3 caméras pour réaliser les empreintes optiques, afin de permettre aux étudiants de numériser leurs préparations en cours ou à la fin de chaque séance.
- De la mise à disposition au niveau des ordinateurs de chaque poste étudiant (une trentaine) de logiciels permettant la visualisation des préparations sur l'écran et la création 3D des couronnes associées.
- De la mise à disposition de ces mêmes logiciels sur une dizaine de postes au niveau de la salle informatique afin que les étudiants qui le souhaitent puissent visualiser et analyser leur travail en dehors des heures de travaux pratiques.

Pour avoir une idée de l'enveloppe financière nécessaire, nous avons pris contact avec la société SIRONA. Cette première estimation est de 200 000 € sans compter les logiciels pour les postes étudiants. D'autres fabricants devraient être sollicités, ainsi que la possibilité d'utiliser des logiciels gratuits de visionnage.

La mise en œuvre de ce projet nécessite donc de rechercher des budgets spécifiques d'investissement voire un partenariat public-privé afin d'offrir aux étudiants les technologies actuelles, qu'ils utiliseront dans leur pratique quotidienne au cabinet dentaire.

CONCLUSION

Dans les limites de ce travail, les résultats obtenus à l'issue des mesures des angles vestibulo-lingual et mesio-distal au niveau des préparations effectuées sur des modèles pédagogiques, n'ont pas permis de mettre en évidence une meilleure qualité de préparation concernant ces paramètres entre les étudiants de DO5 et de DO2. Cette analyse serait à poursuivre en y adjoignant d'autres paramètres comme le volume de réduction ou la régularité de la préparation. Il serait également intéressant d'y adjoindre des mesures effectuées sur des modèles ou des empreintes issues de préparations périphériques réalisées en clinique, tant par des étudiants en formation que par des praticiens diplômés.

L'utilisation de caméras optique, pour enregistrer les préparations périphériques permet de réaliser un grand nombre de mesures et d'analyses sur les images obtenues. Leur utilisation en travaux pratiques de prothèse fixée permettrait aux étudiants de mieux visualiser les préparations effectuées et aux encadrants de situer de façon plus précise les différents paramètres à modifier. Couplé à un logiciel de conception assisté par ordinateur, ce système permettrait également aux étudiants d'appréhender les possibilités ou non de réaliser un élément prothétique donné sur leur préparation. L'apport pédagogique d'un tel équipement n'est plus à démontrer. Seul le coût important encore à l'heure actuelle d'un tel investissement limite une plus large utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

1) ALEISA K, AL-DWAIRI ZN, ALWAZZAN K et coll.

Convergence angles of clinical tooth preparations achieved by dental students at King Saudi University, Saudi Arabia.

J Dent Educ 2013;**77**(9):1154-8.

2) AL-OMARI WM et AL-WAHADNI AM.

Convergence angle, occlusal reduction, and finish line depth of full-crown preparations made by dental students.

Quintessence Int 2004;**35**(4):287-93.

3) ANNERSTEDT A, ENGSTRÖM U, HANSSON A et coll.

Axial wall convergence of full veneer crown preparations. Documented for dental students and general practitioners.

Acta Odontol Scand 1996;**54**(2):109-12.

4) BUTTA R, TREDWIN CJ, NESBIT M, MOLES DR.

Type IV gypsum compatibility with five addition-reaction silicone impression materials.

J Prosthet Dent. 2005 Jun;**93**(6):540-4.

5) CHAN DC, WILSON AH JR, BARBE P et coll.

Effect of preparation convergence on retention and seating discrepancy of complete veneer crowns.

J Oral Rehabil. 2004;**31**(10):1007-13.

6) ETIENNE O, HAJTO J.

Les matériaux céramiques en prothèse sans métal.

CahProth 2011 ;155 ;5-13.

7) FAGES M et DESCAMP F.

La CFAO en odontologie. Les bases, les principes et les systèmes.

Paris : Éditions CdP, 2016.

8 GOODCARE CJ.

Designing tooth preparations for optimal success.

Dent Clin North Am 2004;**48**(2):359-85.

9) JAMESON LM et MALONE WPF.

Crown contours and gingival response.

J Prosth Dent 1982;**47**(6):620.

10) JORGENSEN KD.

The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns.

Acta Odontol Scand. 1955 Jun;**13**(1):35-40.

11) LABORDE G, MARGOSSIAN P et KOUBI S.

Esthétique et approche clinique des limites de préparation en PF.

RevOdontStomat (Paris) 2010;**39**:159-85.

12) LEEMPOEL PJ, LEMMENS PL, SNOEK PA et VAN 'T HOF MA.

The convergence angle of tooth preparations for complete crowns.

J Prosthet Dent 1987;**58**(4):414-6.

13) MARGHALANI TY.

Convergence angles of metal ceramic crowns prepared by dental students.

J ProsthetDent 2014;**112**(5):1250-6.

14) MOOPNAR M et FAULKNER KD.

Accidental damage to teeth adjacent to crown-prepared abutment teeth.

Aust Dent J 1991;**6**(2):136-40.

15)MOU SH, CHAI T, WANG JS et SHIAU YY.

Influence of different convergence angles and tooth preparation heights on the internal adaptation of Cerec crowns.

J ProsthetDent 2002;**87**(3):248-55.

16) NOONAN JE JR et GOLDFOGEL MH.

Convergence of the axial walls of full veneer crown preparations in a dental school environment.

J ProsthetDent 1991;**66**(5):706-8.

17)NORDLANDER J, WEIR D, STOFFER W et OCHI S.

The taper of clinical preparations for fixed prosthodontics.

J Prosthet Dent 1988;**60**(2):148-51.

18) O'BRIEN WJ et RYGE G.

Les matériaux dentaires. Précis et guide de choix.

Québec : Editions Gaëtan Morin, 1987.

19) SAMANA Y, MIROT F, DETIENVILLE R.

Données actuelles sur le rapport prothèse-parodonte dans la zone cervicale.

J Parodontol 1986;**5**;339-52.

20) SAMARA Y, OLLIER J.

La prothèse céramo-céramique et implantaire. Système Procera.

Paris : Editions Quintessence International,2002.

21) SHILLINGBURG HT, HOBO S et WHITSETT LD.

Bases fondamentales de prothèse fixée. 2e éd.

Paris : Éditions CdP, 1998.

22) SHILLINGBURG HT, JACOBI R et BRACKETT S.

Les préparations en prothèse fixée : Principes et applications cliniques.

Paris : Éditions CdP, 1988.

23) TIU J, AL-AMLEH B, WADDELL JN et DUNCAN WJ.

Reporting numeric values of complete crowns. Part 1: Clinical preparation parameters.

J Prosthet Dent 2015;**114**(1):67-74.

24)TIU J, AL-AMLEH B, WADDELL JN et DUNCAN WJ.

Reporting numeric values of complete crowns. Part 2: Retention and resistance theories.

J ProsthetDent2015;**114**(1):75-80.

25) TIU J, LIN T, AL-AMLEH B et WADDELL JN.

Convergence angles and margin widths of tooth preparations by New Zealand dental students.

J ProsthetDent 2016;**116**(1):74-9.

26) TOUATI B, MIARA P, NATHASON D.

Dentisterie esthétique et restaurations en céramique.

Paris : Editions CdP, 1999.

27) WALTER B et DARTEVELLE P.

Préparations coronaires périphériques et préparations corono-radiculaires.

Paris : Éditions CdP, 2014.

28) WALTER B.

Prothèse fixée. Approche clinique.

Paris : Éditions CdP, 2016.

ICONOGRAPHIE

Image1 : Importance de l'axe d'insertion. Page 125 des Bases fondamentales en prothèse fixée HERBER T. SHILLINGBURG.

Image 2 : Non-respect du couloir prothétique. Photographie page 4 de préparations coronaires périphériques et préparations corono-radulaire de B.WALTER et P.DARTEVELLE

Image 3 : Importance de l'axe d'insertion. Page 33 des préparations en prothèse fixée principes et applications cliniques SHILINGBURG/JACOBI/BRACKETT

Image 4 : Présentation schématique du positionnement de la limite de préparation.
https://tncorpshumain.tableau-noir.net/les_dents.html

Image 5 : Importance de la réduction axiale. Page 41 des préparations en prothèse fixée principes et applications cliniques SHILINGBURG/JACOBI/BRACKETT

Images 6 et 7 : Principe de perception de l'angle de dépouille. Page 125 des Bases fondamentales en prothèse fixée HERBER T. SHILLINGBURG.

Image 8 : Rapport entre dépouille et rétention (d'après Jorgensen K.D « The relationship between retention and convergence angle in cemented veneer crowns »)

Image 9 : Représentation d'une préparation de 6° de conicité. Page19 des préparations en prothèse fixée principes et applications cliniques SHILINGBURG/JACOBI/BRACKETT..

Image 10 : Schéma montrant la rétention fonction de l'angle de dépouille après un scellement avec un ciment à l'oxyde de zinc. Extrait de effect of preparation convergence on retention and seating discrepancy of complete veneers crowns Chan et al-2004-Journal of Oral Rehabilitation.pdf

Image11 : Importance de la réduction occlusale pour l'espace prothétique. Page 125 des Bases fondamentales en prothèse fixée HERBER T. SHILLINGBURG.

Image 12 : Schéma expliquant les contraintes s'exerçant sur une restauration fonction de la hauteur de la préparation. Page 126 des Bases fondamentales en prothèse fixée HERBER T. SHILLINGBURG.

Images 13 et 14 : Capture d'écran provenant du logiciel RHINO 5 (RHINOCEROS®).

Image 15 : Schéma explicatif de la triangulation. Source :<http://imo.free.fr/triangulation.htm>

Image 16 : Principe du plan focal : Frigerio F. 3-dimensional surface imaging using Active Wavefront Sampling [Internet] [Thesis]. Massachusetts Institute of Technology; 2006

Image 17 : Microscope confocal, source https://www.jic.ac.uk/microscopy/more/T5_8.htm

Images 18 et 19 : Capture d'écran du logiciel CEREC permettant de mettre en avant la gestion des points de contacts occlusaux et inter dentaires.

Images 20 et 21 : Photographie de l'auteur d'un étudiant en séance de travaux pratiques. Photographie du catalogue FRASACO® présentant les modèles utilisés lors des travaux pratiques.

Image 22: Photographie du set de prothèse de la faculté de Nantes.

Image 23 : Représentation de la BLUECAM de SIRONA par Ceramics Dental Lab.

Image 24: Capture d'écran réalisée sur le logiciel 3D Builder de © Microsoft Corporation

Images 25 et 26: Captures d'écran réalisées sur le logiciel RHINO 5 (RHINOCEROS®).

Images 27 et 28: Captures d'écran réalisées sur le logiciel RHINO 5 (RHINOCEROS®).

Images 29 et 30 : Captures d'écran réalisées sur le logiciel RHINO 5 (RHINOCEROS®).

Image31 : Prévisualisation fantomatique de la future restauration. Capture d'écran du logiciel CEREC de SIRONA.

Images 32 et 33 : Comparatif entre deux vues occlusales. Photographie de l'auteur et capture d'écran du logiciel CEREC de SIRONA.

Images 34 et 35 : Comparatif entre deux possibilités d'analyser l'espace prothétique. Photographie de l'auteur et capture d'écran du logiciel CEREC de SIRONA.

Images 36, 37 et 38 : Comparatif entre deux possibilités d'analyser la limite prothétique. Photographie de l'auteur et captures d'écrans du logiciel CEREC de SIRONA.

Images 39 : Détection automatique des anomalies par le logiciel CEREC, capture d'écran du logiciel CEREC de SIRONA

Image 40 : Détection automatique de la situation de la limite, capture d'écran du logiciel CEREC de SIRONA

Images 41 et 42 : Visualisation du futur résultat grâce à une image fantomatique de la future restauration, capture d'écran du logiciel CEREC de SIRONA

Images 43 et 44 : Meilleure perception des détails et du résultat final : capture d'écran du logiciel CEREC de SIRONA

ANNEXES

A1. Ensemble des valeurs obtenues

Etudiant	Sexe	Angle VP	Angle MD	Etudiant	Sexe	Angle VP	Angle MD
D05	M	22,17	9,53	D02	M	13,58	19,95
D05	M	1,91	2,91	D02	M	23,3	19,91
D05	F	15,54	26,44	D02	M	51,01	37,37
D05	F	22,75	14,5	D02	F	23,22	21,15
D05	F	13,96	32,41	D02	F	25,16	49,82
D05	M	29,74	17,02	D02	F	34,5	17,91
D05	M	0,43	4,57	D02	F	14,22	24,1
D05	F	12,33	13,28	D02	F	-3,13	3,51
D05	M	22,68	36,26	D02	M	-4,07	24,02
D05	F	17,33	27,89	D02	F	3,28	20,09
D05	M	16,32	13,76	D02	F	2,41	23,17
D05	F	15,63	10,57	D02	M	19,75	10,82
D05	M	20,63	16,31	D02	M	35,71	28,39
D05	F	9,64	5,2	D02	F	-6,57	-3,56
D05	M	13,08	22,23	D02	F	9,39	12,8
D05	M	6,7	-5,78	D02	M	6,1	11,53
D05	F	11,45	7,32	D02	F	23,35	34,61
D05	M	14,32	24,1	D02	F	30,03	22,88
D05	M	19,66	24,52	D02	F	17,42	42,39
D05	F	18,17	22,92	D02	M	20,74	22,82
D05	F	18,88	23,49	D02	M	21,51	27,97
D05	F	33,4	20,69	D02	M	23,25	31,64
D05	F	17,23	15,55	D02	F	5,47	15,71
D05	F	13,34	31,49	D02	F	-11,71	2,4
D05	F	-5,99	7,57	D02	M	-1,76	24,15
D05	F	6,09	22,42	D02	M	1,98	8,66
D05	F	18,53	29,45	D02	F	31,91	50,63
D05	F	22,33	41,03	D02	M	9,67	7,8
D05	F	18,63	30,26	D02	M	13,21	15,41
D05	M	-2,17	1,06	D02	F	-15,56	11,68
D05	M	33,8	22,07	D02	F	13,09	-10,97
D05	M	18,75	11,99	D02	M	13,13	4,56

D05	M	2,86	16,92	D02	F	16,73	26,9
D05	F	6,84	19,98	D02	F	-1,1	23,1
D05	F	0,14	18,44	D02	F	25,64	28,88
D05	M	6,03	2,71	D02	M	19,15	33,91
D05	M	15,01	7,48	D02	M	15,76	14,94
D05	M	27,64	0,84	D02	F	5,84	56,51
D05	F	1,9	13,68	D02	F	13,06	-7,13
D05	M	0,57	16,69	D02	F	-4,21	21,42
D05	M	4,81	27,31	D02	M	26,56	37,14
D05	M	37,09	42,88	D02	M	9,39	24,35
D05	M	-5,01	5,31	D02	F	6,16	3,19
D05	M	7,23	12,28	D02	M	27,4	-18,64
D05	F	21,74	22,32	D02	M	9,87	12,2
D05	F	9,47	15,9	D02	M	8,15	14,09
D05	F	6,97	24,77	D02	M	36,49	19,11
D05	F	25,74	24,43	D02	M	30,19	15,33
D05	M	0,9	13,89	D02	M	9,61	21,32
D05	M	41,63	17,41	D02	F	35,14	41,73

A2. TEST 1 : Différence significative entre les secondes années et les cinquièmes années

Statistiques de groupe				
	Année d'études	N	Moyenne	Ecart type
Angles	DO5	50	15,9509	10,824581
	DO2	50	17,3509	14,66291247

Test des échantillons indépendants

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inférieur	Supérieur
Angles	Hypothèse de variances égales	6,697	0,010	-0,768	198	0,443	-1,40000	1,82256	-4,9941205	2,19412050
	Hypothèse de variances inégales			-0,768	182,19	0,443	-1,40000	1,82251	-4,9960384	2,19603847

En prenant l'hypothèse que l'angle taillé par les D05 est plus « optimal » que celui taillé par les D02, on a un Sig égal à 0,1. L'hypothèse des variances égales n'est pas acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

A3. TEST 2 : Différence significative entre les secondes années et les cinquièmes années, en prenant soin de séparer les valeurs des angles VP et MD

Statistiques de groupe					
	Année d'études	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
Angle VP	DO5	50	14,1764	10,90362395	1,542005288
	DO2	50	14,6684	13,80251387	1,951970231
Angle MD	DO5	50	17,7254	10,55552572	1,492776764
	DO2	50	20,0334	15,13918993	2,141004773

Test des échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inf	Sup
Angle VP	Hypothèse de variances égales	2,652	0,107	-0,198	98	0,844	-0,492	2,488	-5,428	4,444
	Hypothèse de variances inégales			-0,198	93,016	0,844	-0,492	2,488	-5,431	4,448
Angle MD	Hypothèse de variances égales	2,740	0,101	-0,884	98	0,379	-2,308	2,610	-7,488	2,872
	Hypothèse de variances inégales			-0,884	87,534	0,379	-2,308	2,610	-7,495	2,879

ANGLE VP

En prenant pour hypothèse que l'angle VP taillé par les D05 est plus « optimal » que celui taillé par les D02, on a un Sig supérieur à 0,1 donc l'hypothèse des variances égales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05 donc les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

ANGLE MD

En prenant pour hypothèse que l'angle MD taillé par les D05 est plus « optimal » que celui taillé par les D02, on a un Sig supérieur 0,1 donc l'hypothèse des variances égales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05 donc les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

A4. TEST 3 : Différence significative entre les hommes et les femmes

Statistiques de groupe				
	Sexe	N	Moyenne	Ecart type
Angles	Hommes	50	16,294	12,2196
	Femmes	50	17,007	13,5494

Test des échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	T	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inf	Sup
Angles	Hypothèse de variances égales	0,445	0,505	-0,39	198	0,697	-0,712	1,825	-4,310	2,886
	Hypothèse de variances inégales			-0,39	195,924	0,697	-0,712	1,825	-4,310	2,886

En prenant l'hypothèse que l'angle taillé par les hommes est plus « optimal » que celui taillé par les femmes, on a un Sig > 0,1. Donc, l'hypothèse des variances égales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

A5. TEST 4 : Différence significative entre les hommes et les femmes, en prenant soin de séparer les valeurs des angles VP et MD

Statistiques de groupe					
	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
Angle VP	Hommes	50	15,9292	12,8074	1,81124
	Femmes	50	12,9156	11,8684	1,67845
Angle MD	Hommes	50	16,6604	11,7212	1,6576
	Femmes	50	21,0984	13,9966	1,9794

Test des échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inf	Sup
Angle VP	Hypothèse de variances égales	0,429	0,514	1,220	98	0,225	3,0136	2,469	-1,887	7,914
	Hypothèse de variances inégales			1,220	97,437	0,225	3,0136	2,469	-1,887	7,914
Angle MD	Hypothèse de variances égales	0,641	0,425	-1,719	98	0,089	-4,438	2,582	-9,561	0,685
	Hypothèse de variances inégales			-1,719	95,07	0,089	-4,438	2,582	-9,563	0,687

ANGLE VP

En prenant l'hypothèse que l'angle VP taillé par les femmes est plus « optimal » que celui taillé par les hommes, on a un Sig supérieur à 0,1 donc l'hypothèse des variances égales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

ANGLE MD

En prenant l'hypothèse que l'angle MD taillé par les hommes est plus « optimal » que celui taillé par les femmes, on a un Sig supérieur à 0,1 donc l'hypothèse des variances égales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

Mais le sig (bilatéral) est quand même inférieur à 0,1 ce qui nous permet de dire que les moyennes peuvent être considérées comme tendancielle.

A6. TEST 5 : Différence significative entre les hommes et les femmes de deuxième année

Statistiques de groupe					
	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
Angles	Hommes	50	18,1686	12,1917	1,7242
	Femmes	50	16,5332	16,8638	2,3849

Test des échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inf	Sup
Angles	Hypothèse de variances égales	5,526	0,021	0,556	98	0,58	1,635	2,943	-4,205	7,475
	Hypothèse de variances inégales			0,556	89,23	0,58	1,635	2,943	-4,212	7,483

En prenant l'hypothèse que l'angle taillé par les D02 femmes est plus « optimal » que celui taillé par les D02 hommes, on a un Sig inférieur à 0,1 donc l'hypothèse des variances inégales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

A7. TEST 6 : Différence significative entre les hommes et les femmes de deuxième année, en prenant soin de séparer les valeurs des angles VP et MD

Statistiques de groupe					
	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
Angle VP	Hommes	25	17,5872	12,6739	2,5348
	Femmes	25	11,7496	14,5114	2,9023
Angle MD	Hommes	25	18,75	11,9221	2,3844
	Femmes	25	21,3168	17,9547	3,5909

Test des échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inf	Sup
Angle VP	Hypothèse de variances égales	0,974	0,329	1,515	48	0,136	5,8376	3,853	-1,9101	13,585
	Hypothèse de variances inégales			1,515	47,14	0,136	5,8376	3,853	-1,9137	13,589
Angle MD	Hypothèse de variances égales	2,916	0,094	-0,595	48	0,554	-2,5668	4,310	-11,233	6,100
	Hypothèse de variances inégales			-0,595	41,71	0,555	-2,5668	4,310	-11,267	6,134

ANGLE VP

En prenant pour hypothèse que l'angle VP taillé par les D02 femmes est plus « optimal » que celui taillé par les D02 hommes, on a un Sig supérieur à 0,1 donc l'hypothèse des variances égales est acceptée.

On obtient un Sig (bilatéral) supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

ANGLE MD

En prenant l'hypothèse que l'angle MD taillé par les D02 hommes est plus « optimal » que celui taillé par les D02 femmes, on a un Sig inférieur à 0,1. Donc hypothèse des variances inégales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

A8. TEST 7 : Différence significative entre les hommes et les femmes de cinquième année

Statistiques de groupe					
	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
Angles	Hommes	50	14,421	12,0782	1,7081
	Femmes	50	17,4808	9,2776	1,3121

Test des échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inf	Sup
Angles	Hypothèse de variances égales	3,652	0,059	-1,421	98	0,159	-3,0598	2,154	-7,334	1,214
	Hypothèse de variances inégales			-1,421	91,89	0,159	-3,0598	2,154	-7,338	1,218

En prenant l'hypothèse que l'angle taillé par les D05 hommes est plus « optimal » que celui taillé par les D05 femmes, on a un Sig inférieur à 0,1. Donc hypothèse des variances inégales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

A9. TEST 8 : Différence significative entre les hommes et les femmes de cinquième année, en prenant soin de séparer les valeurs des angles VP et MD

Statistiques de groupe					
	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
Angle VP	Garçons	25	14,2712	12,9822	2,5964
	Femmes	25	14,0816	8,6125	1,7225
Angle MD	Hommes	25	14,5708	11,3693	2,2739
	Femmes	25	20,88	8,8026	1,7605

Test des échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inf	Sup
Angle VP	Hypothèse de variances égales	5,392	0,025	0,061	48	0,952	0,1896	3,116	-6,075	6,454
	Hypothèse de variances inégales			0,061	41,69	0,952	0,1896	3,116	-6,099	6,479
Angle MD	Hypothèse de variances égales	0,925	0,341	-2,194	48	0,033	-6,3092	2,876	-12,091	-,5271
	Hypothèse de variances inégales			-2,194	45,16	0,033	-6,3092	2,876	-12,100	-,5177

ANGLE VP

En prenant l'hypothèse que l'angle VP taillé par les D05 femmes est plus « optimal » que celui taillé par les D05 hommes, on a un Sig inférieur à 0,1. Donc l'hypothèse des variances inégales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

ANGLE MD

En prenant l'hypothèse que l'angle MD taillé par les D05 hommes est plus « optimal » que celui taillé par les D05 femmes, on a un Sig supérieur à 0,1. Donc l'hypothèse des variances égales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est inférieur à 0,05. En conséquence les moyennes sont statistiquement différentes.

A10. TEST 9 : Différence significative entre les hommes et les femmes de deuxième année, en prenant comme variable la différence des valeurs obtenu en VP et MD

Statistiques de groupe					
	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
Différence VP-MD	Hommes	25	-1,1628	15,06241	3,01248
	Femmes	25	-9,5672	16,628	3,3256

Test des échantillons indépendants										
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes						
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %	
									Inf	Sup
Diff VP-MD	Hypothèse de variances égales	0,316	0,577	1,873	48	0,067	8,404	4,487	-0,618	17,426
	Hypothèse de variances inégales			1,873	47,53	0,067	8,404	4,487	-0,620	17,429

En prenant l'hypothèse que la préparation taillée par les hommes D02 est plus « optimal » que celle taillée par les femmes D02, on a un Sig supérieur à 0,1. Donc l'hypothèse des variances égales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est supérieur à 0,05. En conséquence les moyennes ne sont pas statistiquement différentes.

Mais le sig (bilatéral) est inférieur à 0,1. On peut alors dire que les moyennes peuvent être considérées comme tendanciennes.

A11. TEST 10 : Différence significative entre les hommes et les femmes de cinquième année, en prenant comme variable la différence des valeurs obtenus en VP et MD

Statistiques de groupe					
	Sexe	N	Moyenne	Ecart type	Moyenne erreur standard
Différence VP-MD	Hommes	25	-0,2996	12,5336	2,50672
	Femmes	25	-6,7984	9,45494	1,8909

Test des échantillons indépendants											
		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes							
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)	Différence moyenne	Différence erreur standard	Intervalle de confiance de la différence à 95 %		
										Inf	Sup
Diff VP-MD	Hypothèse de variances égales	1,670	0,203	2,070	48	0,044	6,4988	3,140	0,185	12,812	
	Hypothèse de variances inégales			2,070	44,63	0,044	6,4988	3,140	0,173	12,824	

En prenant l'hypothèse que la préparation taillée par les hommes D05 est plus « optimal » que celle taillée par les femmes D05, on a un Sig supérieur à 0,1. Donc l'hypothèse des variances égales est acceptée.

Le Sig (bilatéral) est inférieure à 0,05. En conséquence les moyennes sont statistiquement différentes.

UNIVERSITÉ DE NANTES
UNITÉ DE FORMATION ET DE RECHERCHE D'ODONTOLOGIE

Vu le Président du Jury,

Vu et permis d'imprimer

Vu le Doyen,

B.GIUMELLI

SIMON (Valentin)- Évaluation par caméra optique de préparations périphériques effectuées à différents niveaux du cursus odontologique : perspectives pédagogiques. – 64 f. ; ill. ; tabl. ; 28 ref. ; 30cm (Thèse : Chir . Dent. ; Nantes ; 2017)

RESUME :

Le but de cette étude était d'évaluer les angles de convergence vestibulo-linguaux et mésio-distaux au niveau de préparations périphériques effectuées par 50 étudiants de deuxième et de cinquième année à la Faculté de Chirurgie Dentaire de Nantes. Les préparations ont été réalisées sur une première molaire maxillaire droite (16) montée sur des modèles pédagogiques positionnés sur fantômes. 100 préparations ont été analysées grâce à une caméra d'empreinte optique et deux logiciels de CFAO. Les résultats n'ont mis en évidence aucune différence statistiquement significative au niveau des valeurs d'angle de convergence entre les préparations effectuées par les étudiants de deuxième ou cinquième année. L'analyse d'autres paramètres semble nécessaire pour caractériser la qualité des préparations périphériques. A la suite de ce travail, il apparaît que l'utilisation d'empreintes optiques au cours des travaux pratiques de prothèse fixée représente un outil fort utile au niveau pédagogique.

RUBRIQUE DE CLASSEMENT : Odontologie restauratrice

MOTES CLES MESH

Etudiant dentisterie/ Students,dentals - Etude comparative/Comparative study – Préparation de dent/ Tooth preparation – Technique de prise d'empreinte/Dental impression technique – Enseignement/Teaching – Conception assistée par ordinateur/Computer-aided design – Couronne dentaire/Tooth crown.

JURY

Président : Monsieur le Professeur Y. AMOURIQ

Assesseur : Madame le Docteur F. JORDANA

Assesseur : Monsieur le Docteur A. LE BOURHIS

Directeur de thèse : Monsieur le Docteur L. LE GUEHENNEC

ADRESSE DE L'AUTEUR

51 rue des ponts de cé – 49000 Angers
v.simon91@laposte.net