



UNIVERSITÉ DE LILLE

UFR3S – DEPARTEMENT ODONTOLOGIE

[Année de soutenance : 2026]

N°:

**THÈSE POUR LE
DIPLOME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement le 4 juin 2026

Par Lila HUYSMAN

Tutoriel d'analyse numérique des zones de retrait à l'aide de Meshmixer® pour
l'aide à la décision thérapeutique en Prothèse Amovible Partielle (PAP) à
destination des DFISO2

JURY

Président : Pr Marion DEHURTEVENT

Assesseurs : Dr Grégoire MAYER

Dr Jérôme VANDOMME

Dr Corentin DENIS

Président de l'Université :	Pr. R. BORDET
Directrice Générale des Services de l'Université :	A.V. CHIRIS FABRE
Doyen UFR3S :	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S :	A. PACAUD
Vice doyen département facultaire UFR3S-Odontologie :	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services :	L. KORAÏCHI
Responsable de la Sclolarité :	V MAURIAUCOURT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

K. AGOSSA	Parodontologie
P. BOITELLE	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Vice doyen du département UFR3S-Odontologie Odontologie Pédiatrique Responsable du département d'Orthopédie dento-faciale
M. DEHURTEVENT	Co-responsable du département de Prothèses
B LOUVET	Chirurgie orale (Professeur des universités associé)
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
L ROBBERECHT	Responsable du département de Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

A. BLAIZOT Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé,
Odontologie Légale

F. BOSCHIN Parodontologie

F CATHALA Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé,
Odontologie Légale
(maître de conférences des Universités associé)

C. CATTEAU
Prévention,
Odontologie Légale.

Responsable du département de
Epidémiologie, Economie de la Santé,

X. COUTEL Biologie Orale

A. de BROUCKER Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux

C. DENIS **Co-responsable du département de Prothèses**

F. DESCAMP Prothèses

M. DUBAR **Responsable du département de Parodontologie**

A. GAMBIEZ Dentisterie Restauratrice Endodontie

F. GRAUX Prothèses

M. LINEZ Dentisterie Restauratrice Endodontie

G. MAYER Prothèses

L. NAWROCKI **Responsable du département de Chirurgie Orale**
CHU Lille **Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin -**

C. OLEJNIK **Responsable du département de Biologie Orale**

P OLEKSIK Dentisterie Restauratrice Endodontie
(maître de conférences des Universités associé)

H PERSOON Dentisterie Restauratrice Endodontie
(maître de conférences des Universités associé)

C PRUVOST Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé,
Odontologie Légale
(maître de conférences des Universités associé)

P. ROCHER Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux

M. SAVIGNAT
Dysfonction,

**Responsable du département de Fonction-
Imagerie, Biomatériaux**

T. TRENTESAUX
Pédiatrique

Responsable du département d'Odontologie

J. VANDOMME

Prothèses

R. WAKAM KOUAM

Prothèses

PRATICIEN HOSPITALIER et UNIVERSITAIRE

M BEDEZ

Biologie Orale

Réglementation de présentation du mémoire de Thèse

Par délibération en date du 29 octobre 1998, le Conseil de la Faculté de Chirurgie Dentaire de l'Université de Lille a décidé que les opinions émises dans le contenu et les dédicaces des mémoires soutenus devant jury doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'ainsi aucune approbation ni improbation ne leur est donnée.

Madame le Professeur Marion DEHURTEVENT

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Section de Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Master Recherche Biologique et Santé - Université de Lille

Doctorat de l'Université polytechnique des Hauts-De-France – Ecole doctorale science de la matière, rayonnement et environnement de Lille

Habilitation à Diriger les Recherches - Université de Lille

Diplôme Universitaire en prothèse Amovible Complète - Université de Lille

Diplôme Universitaire d'Occlusodontie et de Réhabilitation Orale Fonctionnelle - Université de Lille

Certificat d'Etude Supérieure en Prothèse Fixée - Université de Nantes

Lauréate de l'Académie Nationale de Chirurgie Dentaire - 2018

Chargée de mission Nouvelles Technologies

Je suis honorée que vous présidiez ma thèse. Votre carrière est un exemple pour moi, en tant que femme, chirurgien-dentiste, et professeur des universités. Votre patience et votre implication auprès de nous lors de mes études et mon clinicat suscite mon admiration. Un immense merci pour tous vos enseignements prodigués et pour votre enthousiasme inégalé.

Monsieur le Docteur Grégoire MAYER

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section de Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille 2

Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales

Certificat d'Etudes Spécialisées de Prothèse Amovible Totale

Diplôme d'Etudes Approfondies Génie Biologique et Médical - option Biomatériaux

Médaille de bronze de la Défense Nationale (Agrafe « Service de Santé »)

J'ai été ravie de suivre vos cours à travers mon cursus, et de pouvoir me baser sur votre enseignement lors de cette thèse. Votre rigueur et votre professionnalisme sont un exemple pour moi. Un grand merci d'avoir accepté de faire partie de mon jury.

Monsieur le Docteur Jérôme VANDOMME

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section de Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Biologie de l'Université de Lille2

Master II Biologie Santé

Master I des Sciences Biologiques et Médicales

Chargé de Mission Nouvelles Technologies

*Grâce à vous, cette thèse fut un plaisir à élaborer. Vos conseils, votre bienveillance et votre souci du détail m'ont guidé à travers cette dernière étape, et me laissent un excellent souvenir de ma fin d'études. Je tiens à vous exprimer ma profonde gratitude pour toutes les réunions de thèse productives, tous les travaux en clinique réalisés ensemble, et la passion avec laquelle vous enseignez notre métier. Votre professionnalisme m'accompagnera pendant toute ma carrière.
Un grand merci d'être présent aujourd'hui.*

Monsieur le Docteur Corentin DENIS

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section de Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur de l'Université de Lille, Mention Sciences de la Vie et de la Santé, Innovation
technologique - Odontologie

Master II « Sciences du médicaments » - Parcours « Dispositifs Médicaux – Biomatériaux »

- Université Lille2

C.E.S Prothèses Fixées – Université d'Aix-Marseille

Diplôme Universitaire d'Odontologie Numérique – Université de Montpellier

*Je vous remercie pour votre bienveillance et votre pédagogie pendant tous nos enseignements. Les souvenirs les plus marquants de ma scolarité dentaire ont été les TP de prothèse avec vous. Je suis reconnaissante pour tout cet apprentissage et la bonne camaraderie que vous savez cultiver avec nous, étudiants ; c'est aussi entre élèves et professeurs que commence la confraternité.
Un grand merci d'être dans mon jury aujourd'hui.*

Table des matières

1	Introduction	10
2	Le paralléliseur en PAP	11
2.1	<i>Définition du paralléliseur en PAP.....</i>	12
2.2	<i>Intérêt clinique et technique en prothèse amovible partielle</i>	13
2.3	<i>Historique – technique conventionnelle.....</i>	13
2.4	<i>Technique numérique.....</i>	16
2.5	<i>Comparaison entre les techniques conventionnelle et numérique.....</i>	17
3	Options thérapeutiques pour gérer les zones de retrait	18
3.1	<i>Gestion des zones de retrait dentaires.....</i>	18
3.2	<i>Gestion des zones de retrait ostéo-muqueuses.....</i>	21
4	Intérêt pédagogique d’une simulation numérique du paralléliseur pour les DGFSO2.....	23
4.1	<i>Avantages.....</i>	24
4.2	<i>Limites</i>	25
5	Simulation du paralléliseur à l’aide du logiciel Meshmixer®.....	26
6	Conclusion	31
7	Annexes	32
	Bibliographie.....	45
	Webographie.....	47
	Table des illustrations.....	47
	Table des tableaux	49

1 Introduction

La conception et la réalisation d'une prothèse amovible partielle (PAP) nécessitent une planification précise afin d'assurer sa stabilité, sa rétention et sa pérennité. L'analyse minutieuse des modèles d'étude durant la planification thérapeutique est indispensable pour définir l'axe d'insertion optimal ; cette opération est réalisée à l'aide du paralléliseur [1–3].

En technique conventionnelle, le paralléliseur est un dispositif mécanique équipé d'un bras mobile et d'un porte mine traçant la ligne guide. Utilisé depuis le début du XX^e siècle, il demeure un outil de référence dans la conception de PAP, garantissant la reproductibilité et la rigueur du tracé prothétique selon l'axe d'insertion choisi par le praticien [2–4].

Avec l'essor des technologies numériques, les logiciels de Conception Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) ont adapté le système conventionnel, et le paralléliseur a trouvé son équivalent virtuel. Cette évolution s'inscrit dans la tendance actuelle de la dentisterie numérique, où la CFAO et l'impression 3D innovent en prothèse [5–7].

En formation initiale en odontologie, intégrer le numérique propose un format visuel et interactif : l'étudiant manipule des modèles virtuels, évalue des situations cliniques, expérimente plusieurs solutions et répète à volonté, sans contrainte de temps ni de matériel. Cela renforce sa motivation pour des exercices alignés avec une dentisterie moderne et améliore la visualisation 3D ainsi que la compréhension clinique [8–12].

Les objectifs de cette thèse sont :

1. présenter la technique du paralléliseur, et les différences entre méthode numérique et méthode conventionnelle d'un point de vue pratique et pédagogique ;
2. adapter la technique d'analyse des zones de contre-dépouille conventionnelle au numérique en transposant le fonctionnement du paralléliseur conventionnel sur le logiciel Meshmixer® ;
3. développer des tutoriels vidéo permettant aux étudiants d'acquérir les compétences nécessaires à l'utilisation de Meshmixer®, pour l'analyse de modèles puis la décision thérapeutique en fonction des zones de contre-dépouille.

2 Le paralléliseur en PAP

La réalisation d'une prothèse amovible partielle (PAP) repose sur une préparation rigoureuse des modèles d'étude et une détermination précise de l'axe d'insertion. Le paralléliseur, instrument clé en laboratoire, joue un rôle central dans cette démarche.

Pour évoquer les techniques conventionnelle et numérique, nous devons rappeler quelques notions de base [3,13] (fig.1) :

- la ligne du plus grand contour : l'ensemble des points les plus saillants d'un corps par rapport à son axe longitudinal ;
- la ligne guide : ligne tracée sur la surface axiale d'une dent, à l'aide du paralléliseur, qui correspond au plus grand contour de la dent par rapport à l'axe d'insertion choisi ;
- la zone de dépouille : zone située au-dessus de la ligne guide ;
- la zone de contre-dépouille ou zone de retrait : zone située au-dessous de la ligne guide ;
- le plan de guidage / plan guide : surface proximale, naturelle ou préparée, sur les dents bordant les espaces édentés, laquelle sert à guider l'insertion et le retrait de la prothèse partielle amovible ;
- le chemin d'insertion : la direction spécifique dans laquelle une prothèse est placée sur la crête alvéolaire, les dents supports, les piliers d'implant dentaire ou les systèmes d'attachement. Il peut être rectiligne ou non.

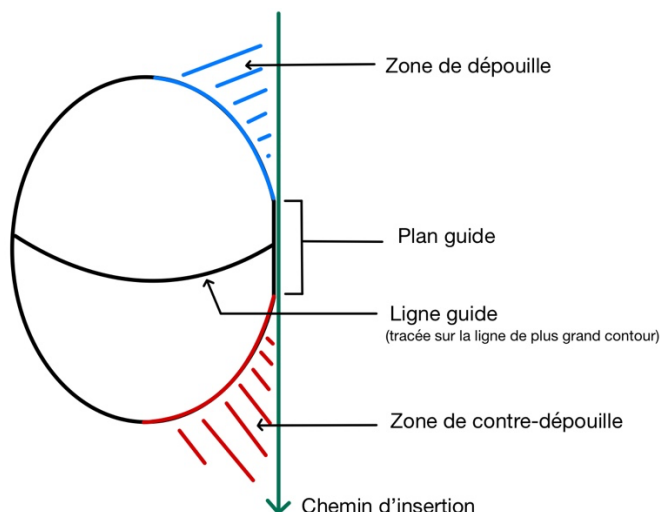


Fig. 1 : schéma illustrant la ligne guide, la zone de dépouille, la zone de contre-dépouille, le plan guide, le chemin d'insertion (iconographie personnelle).

2.1 Définition du paralléliseur en PAP

Le paralléliseur est un instrument de laboratoire permettant d'analyser les modèles d'étude et les modèles secondaires pour mettre en évidence les zones de contre-dépouille, définir la ligne guide et rechercher un axe d'insertion à partir des surfaces dentaires et des muqueuses supports de prothèse [2].

Bien qu'ils puissent présenter des variations notables selon les modèles, les paralléliseurs partagent tous des caractéristiques fondamentales communes (fig.2) :

1. **une plateforme horizontale**, lourde parfaitement parallèle au plan de travail ;
2. **un porte-modèle** permettant de maintenir le modèle à analyser, mobile sur la plateforme et équipé d'un système de serrage assurant sa stabilité, ainsi que d'une articulation sphérique (rotule) reliant la plateforme au porte-modèle ;
3. **un bras vertical** qui soutient la partie supérieure du paralléliseur ;
4. **un bras horizontal**, parallèle à la plateforme et perpendiculaire aux bras vertical et de parallélisation, assurant leur connexion ;
5. **un bras de parallélisation** qui descend verticalement à partir du bras horizontal, avec possibilité de mouvement vertical pour s'ajuster et faire atteindre le modèle à son extrémité inférieure, dotée d'un mandrin destiné à recevoir les instruments ;
6. **des instruments interchangeables** comprenant : une tige d'analyse, un marqueur à mine de carbone, des jauges de contre-dépouille et des instruments de blocage [2].



Fig. 2: paralléliseur conventionnel TechDent¹

¹ Webographie 1 : <https://www.dental-france.fr/produit/paralleliseur-simple-branche/>

2.2 Intérêt clinique et technique en prothèse amovible partielle

Les principales fonctions du paralléliseur en prothèse amovible partielle peuvent être résumées ainsi :

1. repérer les reliefs dentaires ou osseux susceptibles de gêner l'insertion et le retrait de l'armature, et déterminer avec précision les préparations nécessaires ;
2. délimiter la ligne de plus grand contour de chaque dent, localiser les zones rétentes et en mesurer la profondeur ;
3. identifier les surfaces proximales devant être préparées afin de constituer des plans de guidage efficaces ;
4. déterminer le chemin d'insertion et de désinsertion le plus approprié pour la future prothèse ;
5. enregistrer la position du modèle en relation avec le chemin d'insertion retenu, afin de garantir la reproductibilité du tracé prothétique [2,14,15].

2.3 Historique – technique conventionnelle

En 1953, le Dr A. H. Schmidt décrivait le « paralléliseur » comme une méthode mécanique permettant d'obtenir avec précision la ligne de plus grand contour d'une dent : lorsqu'un plan vertical est appliqué à une surface convexe, le contact s'effectue uniquement au point le plus extérieur de la convexité [4].

Richardson soutient en 1860, qu'avant l'invention du paralléliseur, les prothèses amovibles partielles étaient généralement décrites comme des restaurations obtenues en soudant des crochets à une plaque basale en or. Ces crochets, fabriqués à partir de bandes d'alliage précieux mises en forme pour épouser les contours axiaux des dents supports, présentaient une hauteur correspondant à celle de la couronne clinique. Leur hauteur leur valait l'appellation de « bandes ». Il souligne que ces bandes métalliques avaient longtemps été employées comme moyen de rétention des prothèses dentaires.

Selon l'ouvrage de Richardson, il était alors admis que la rétention des prothèses dépendait des contre-dépouilles, mais également que ces bandes larges retenaient la plaque et pouvaient causer des traumatismes aux dents support. À partir du milieu du XIX^e siècle, des règles empiriques ont guidé le placement des crochets : s'abstenir sur les dents mobiles ou cariées, éviter les dents trop courtes ou mal positionnées, et ne pas solliciter les incisives pour préserver l'esthétique [16].

Avant l'invention du paralléliseur, l'évaluation des contours axiaux et des contre-dépouilles des dents s'effectuait par une inspection visuelle des modèles. Selon la technique de Randall décrite par Engelmeier, le moulage était tenu à distance, à hauteur des yeux, un œil fermé, tandis qu'un crayon maintenu perpendiculairement au plan occlusal servait à tracer la ligne de plus grand contour sur chaque dent (fig.3). Bien que ce procédé reprenne le principe du paralléliseur moderne, sa précision restait aléatoire car elle dépendait entièrement de la capacité de l'opérateur à garder le crayon parfaitement parallèle et stable ainsi que le point d'observation dans une position reproductible par rapport au modèle [2].

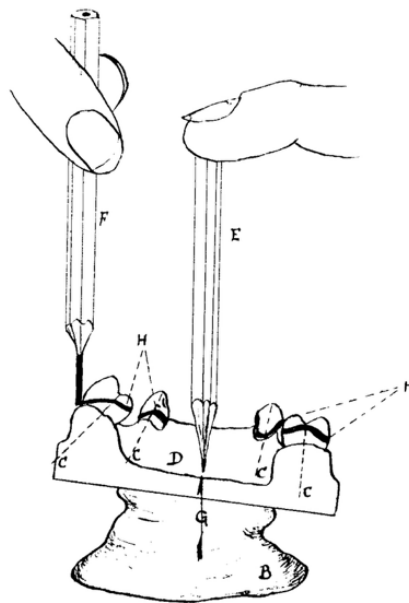


Fig. 3: technique de Randall [2]

Les étapes classiques incluent :

1. le choix de l'axe d'insertion en orientant le porte-modèle sur la plateforme, en parallélisant le bras avec l'axe moyen antéro-postérieur et l'axe moyen transversal des arcades ;
2. le traçage de la ligne guide : glissement vertical du marqueur à mine de carbone dans le bras de parallélisation, jusqu'au niveau du collet des dents et tangent à la dent dans le sens vertical, puis manipulation des bras autour du modèle pour tracer la ligne guide sur les faces axiales des dents ;
3. l'analyse du modèle ;
4. la réflexion puis la décision thérapeutique.

Il est à noter qu'on peut utiliser le paralléliseur de la même façon pour mettre en évidence les contre-dépouilles ostéo-muqueuses, lorsqu'elles sont situées dans une zone de dépouille par rapport aux dents, ou en secteurs édentés. On peut observer ci-dessous plusieurs exemples d'arcades présentant de nombreuses exostoses osseuses créant des contre-dépouilles importantes (Fig.4-6) [3].

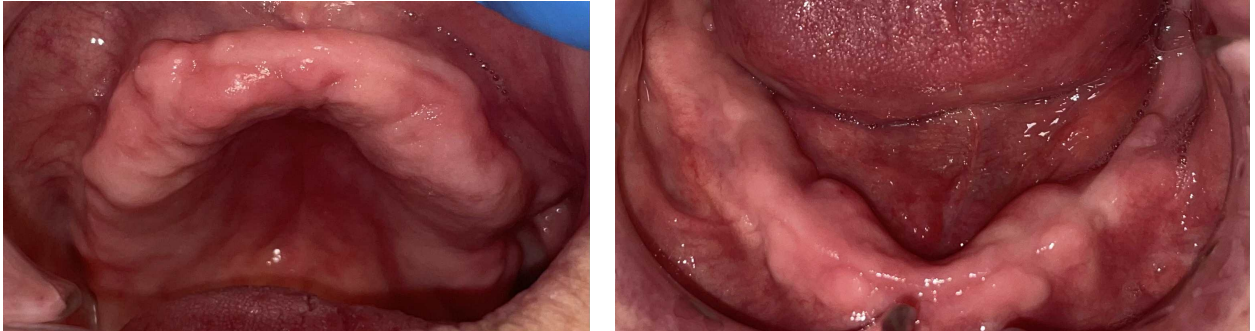


Fig. 4: photographies de deux arcades totalement édentées présentant des exostoses osseuses (courtoisie du Dr Vandomme).

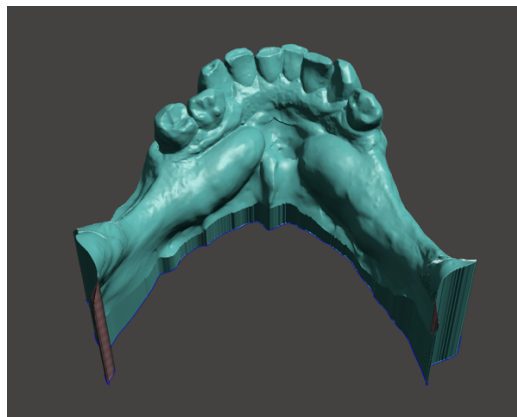


Fig. 5 : modèle numérique d'une arcade mandibulaire partiellement édentée présentant des tori linguaux (courtoisie du Dr Vandomme).

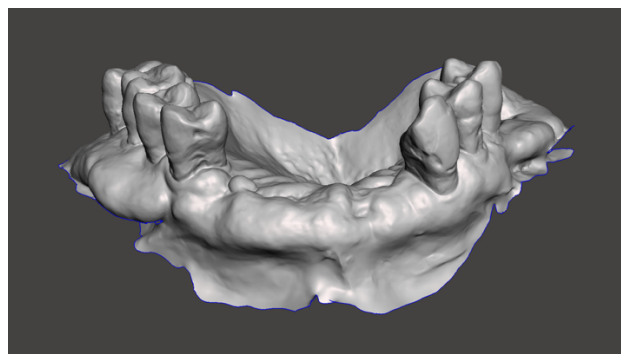


Fig. 6: modèle numérique d'une arcade partiellement édentée présentant des exostoses osseuses vestibulaires (courtoisie du Dr Vandomme).

2.4 Technique numérique

Avec l'essor de la CFAO (Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur), le paralléliseur traditionnel a été simulé par des paralléliseurs virtuels intégrés aux logiciels de CAO (figure 7) [1,5,6].

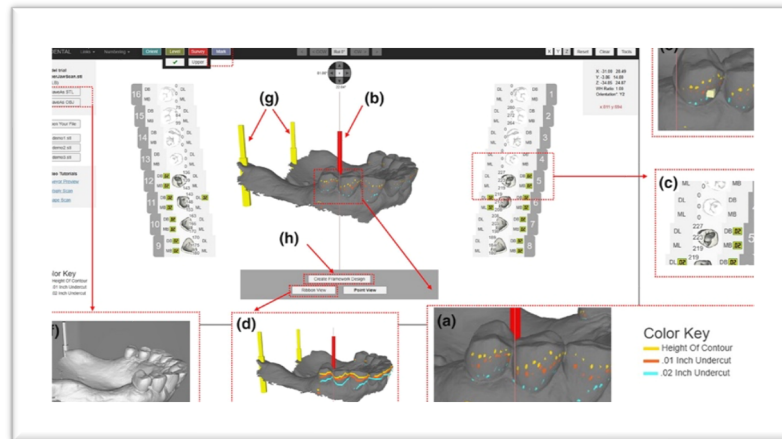


Fig. 7: détermination des lignes de plus grand contour et zones de retrait avec le logiciel AiDENTAL Surveyor [6]

Le positionnement 3D du modèle permet la rotation et la translation dans tous les axes, transférant les mouvements physiques dans l'environnement virtuel. Il permet à l'opérateur de manipuler le modèle par lui-même de façon précise et reproductible (fig. 8) [7].

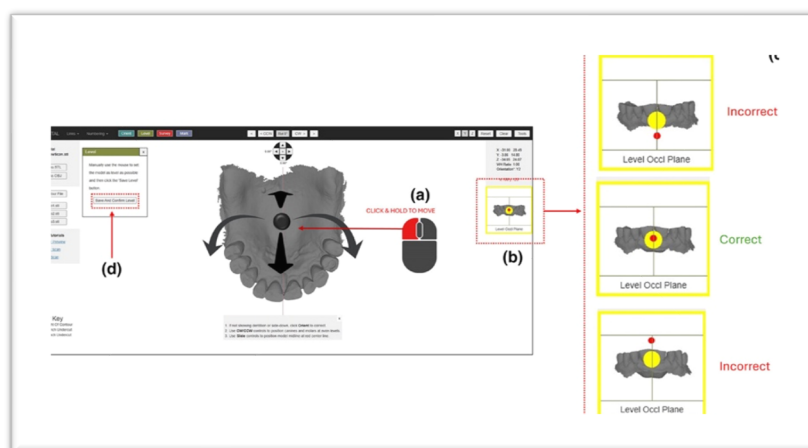


Fig. 8: détermination de l'axe du modèle virtuel avec le logiciel AiDENTAL Surveyor [6]

2.5 Comparaison entre les techniques conventionnelle et numérique

Le tableau 1 ci-dessous présente une comparaison entre les techniques conventionnelle et numérique.

Tableau 1 : comparaison entre les techniques conventionnelle et numérique [17–21].

Critère	Technique classique	Technique numérique (CFAO)
Support d'analyse	Modèle physique (plâtre)	Modèle virtuel 3D (fichier STL)
Détermination de l'axe	Manuelle, opérateur dépendant	Automatisée ou opérateur dépendant, simule les zones de dépouille et contre-dépouille avant de proposer un axe
Précision et reproductibilité	Évaluation visuelle de l'orientation du modèle dans l'espace	Précision comparable au conventionnel, reproductible, coordonnées mathématiques de l'orientation du modèle dans l'espace
Visualisation	Nécessité d'effacer le tracé précédent à chaque changement d'axe pour éviter les confusions	Visualisation en temps réel du déplacement de la ligne guide en cas de changement d'axe
Temps & coût	Moindre coût technologique, plus long à exécuter	Investissement initial, temps et coût réduits à terme

Le paralléliseur, sous sa forme mécanique traditionnelle, constitue un pilier de la méthodologie prothétique analogique en PAP. Son adaptation numérique offre une modernisation majeure : gain de temps, facilité de stockage et intégration fluide dans la chaîne de CFAO.

3 Options thérapeutiques pour gérer les zones de retrait

Une zone de retrait ou contre-dépouille dentaire excessive peut entraîner de multiples problèmes [1] :

- un angle de dépouille trop important empêchant l'insertion ;
- une trop forte rétention empêchant la désinsertion ;
- un espace sous la contre-dépouille, non comblé par la prothèse, causant fuites d'air ou de salive, bourrage alimentaire, ou triangles noirs inesthétiques en secteur antérieur.

Différentes options existent pour gérer ces zones gênantes, tant dentaires que ostéo-muqueuses.

3.1 Gestion des zones de retrait dentaires

Le changement de l'axe d'insertion :

Si il existe une ou plusieurs contre-dépouilles parallèles, et qu'il n'en existe aucune dans un axe contradictoire, il peut être utile de basculer le modèle sur le paralléliseur pour déplacer ces zones indésirables et trouver un axe d'insertion optimal (fig.9) [15].

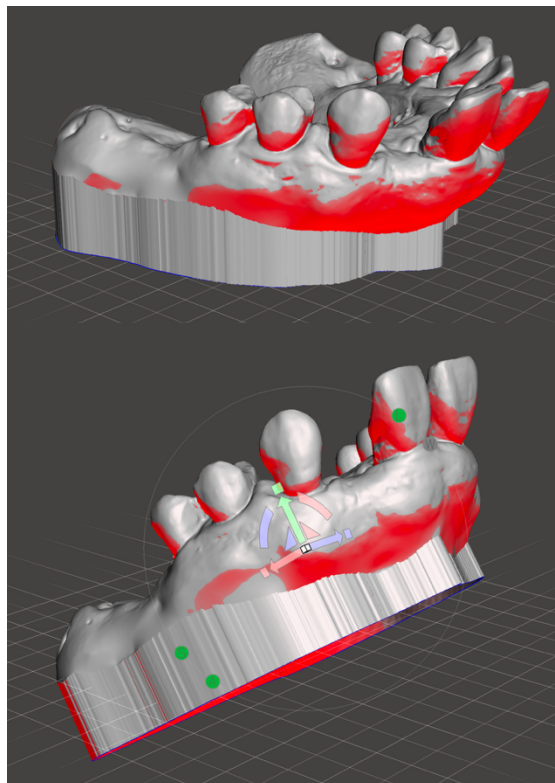


Fig. 9 : modèle importé sur Meshmixer® présentant des contre-dépouilles antérieures (haut), diminuées au changement de l'axe d'insertion (bas) (iconographie personnelle).

La coronoplastie soustractive :

Le fraisage sur la ligne de plus grand contour permet de réduire l'angle de la contre-dépouille pour diminuer la zone de retrait (fig.10) [22].

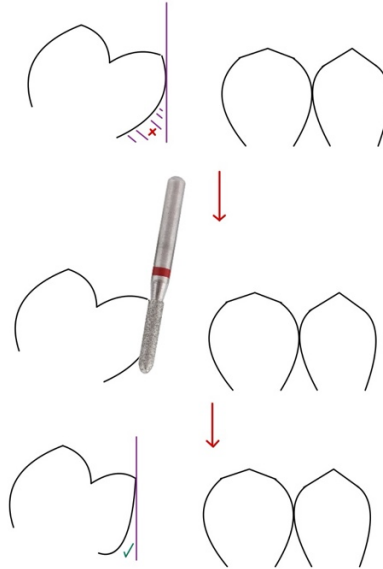


Fig. 10 : représentation d'une coronoplastie soustractive (iconographie personnelle).

La coronoplastie additive :

L'ajout d'une restauration collée dans la zone de retrait permet de la combler et de réduire son intensité, ou la supprimer (fig.11) [23].

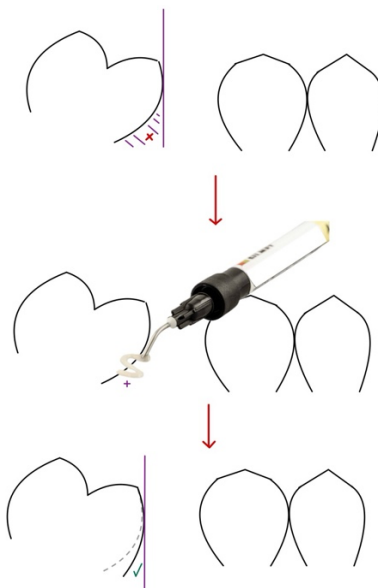


Fig. 11 : représentation d'une coronoplastie additive (iconographie personnelle).

La solution prothétique :

Lorsque la dent concernée présente une perte de substance ou une restauration volumineuse déjà présente (prothétique ou non), les conditions sont réunies pour la réfection du soin. On choisit alors de concevoir une nouvelle restauration prothétique (couronne, onlay) avec une contre-dépouille moindre [1].

L'orthodontie :

Le changement de position de la dent peut être envisagé. Cette solution est la moins invasive, mais aussi la plus longue [24].

L'extraction :

Lorsque la dent concernée cause une gêne plus importante que sa valeur prothétique, on peut choisir de la sacrifier pour une meilleure mise en place de la PAP [25].

L'abstention :

Lorsque les solutions citées précédemment ne sont pas possibles mais que l'on souhaite garder cette dent, l'abstention est envisageable. Il faudra veiller à éviter la contre-dépouille, quitte à espacer la prothèse dans cette zone et en accepter les inconvénients.

3.2 Gestion des zones de retrait ostéo-muqueuses

La chirurgie peut être envisagée dans le cas où des exostoses osseuses gênent l'insertion de la prothèse. Un lambeau par décollement des muqueuses sera réalisé pour avoir accès à la crête et une régularisation par fraisage osseux sera réalisé pour éliminer tout le volume gênant (fig. 12-14) [1].



Fig. 12 : photographie endobuccale de l'arcade maxillaire (haut) et photographie endobuccale des deux arcades (bas) présentant de larges exostoses osseuses palatines et vestibulaires [26].

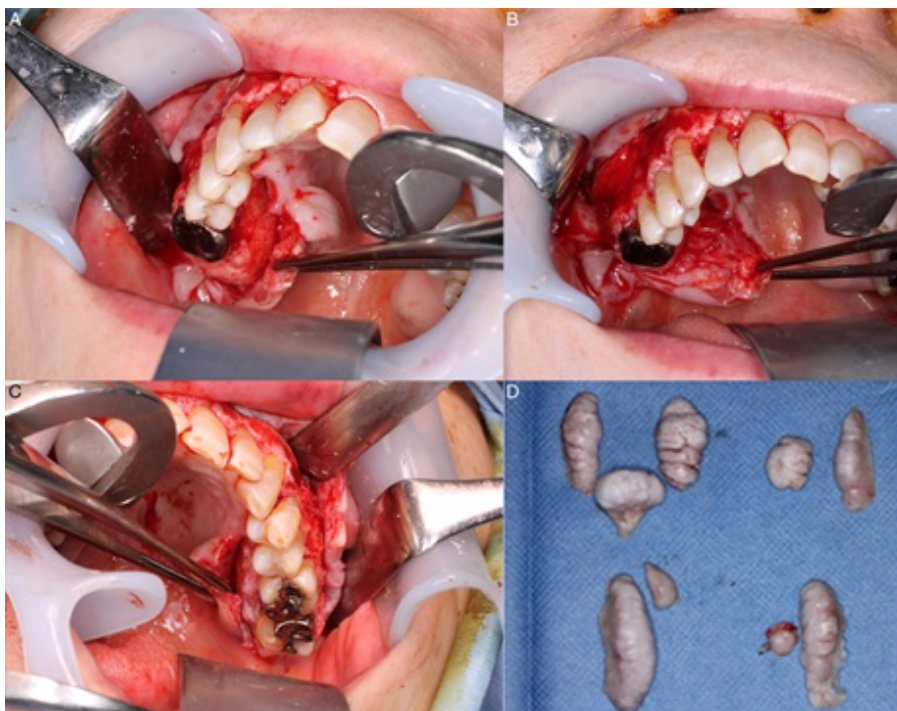


Fig. 13 : photographies endobuccales de la chirurgie d'exérèse des exostoses osseuses à l'arcade maxillaire, et photographie des pièces osseuses retirées [26].



Fig. 14 : photographie endobuccale de l'arcade maxillaire (haut) et photographie endobuccale des 2 arcades (bas), après la chirurgie [26].

4 Intérêt pédagogique d'un simulation numérique du paralléliseur pour les DGFSO2

L'introduction de simulations numériques dans l'apprentissage pré-clinique de la prothèse amovible partielle (PAP) s'avère pertinente lorsque les étudiants doivent passer de notions abstraites (axes d'insertion, dépouilles/contre-dépouilles) à des raisonnements reproductibles. Les modules de simulation offrent des visualisations 3D dynamiques par un contrôle interactif de l'axe d'insertion, facilitant le raisonnement de l'étudiant. Plusieurs travaux montrent des gains mesurables d'apprentissage en PAP lorsque la technique numérique est utilisée pour le design des armatures, comparé à la technique conventionnelle. On observe une amélioration des scores et de la satisfaction, notamment lorsque les apprentissages sont sous la forme de cas cliniques [8,27–29].

Sur le plan pédagogique, ces exercices contribuent à l'équité et à la standardisation des acquis : tous les étudiants travaillent sur les mêmes cas et critères d'évaluation, ce qui réduit les variations d'exposition liées aux modèles ou aux situations cliniques. Les études rapportent aussi une amélioration de leur autonomie (travail à son rythme, répétition illimitée, auto-évaluation) et une motivation renforcée, effets régulièrement observés dans la littérature sur les logiciels de CAO utilisés à visée pédagogique en odontologie.

Sur le plan clinique, la présence d'exercices numériques dès le DGFSO2 s'inscrivent dans la tendance générale à la dentisterie numérique : les revues récentes montrent que l'intégration des *workflows* digitaux en enseignement de prothèse améliore la précision, l'efficacité et la standardisation des procédures, et prépare les étudiants à leur usage clinique [30,31].

Des études indiquent une adoption croissante des flux numériques en prothèse amovible : aux États-Unis, la CFAO est utilisée pour l'enseignement de prothèse amovible partielle dans 37,5 % des cours pré-cliniques et 47,8 % des cours post-graduate [32].

Cependant, l'efficacité de l'enseignement dépend de l'intégration des techniques numériques dans les maquettes pédagogiques. Il apparaît nécessaire de fournir des objectifs explicites, des supports pédagogiques adaptés, et des critères d'évaluation précis. D'autres freins sont également à prendre en compte : la formation des enseignants, le coût des équipements, la place disponible dans l'emploi du temps [32].

4.1 Avantages

Pour des étudiants de 2^e année, ces avantages ressortent particulièrement :

1. une meilleure conceptualisation : la 3D interactive permet de relier immédiatement concepts et conséquences (ex. modification de l'axe → variations des contre-dépouilles) [9,10] ;
2. un apprentissage actif : les enseignements proposant des démonstrations guidées, et tutoriels à reproduire améliorent les performances en design PAP et la confiance des étudiants novices [8] ;
3. la possibilité d'une séquence clinique « hybride » : un essai contrôlé randomisé de Li *et al.* à propos des simulations dans les études de chirurgie dentaire montre que des séquences mêlant simulateurs et travaux sur fantômes surpassent souvent les approches « tout traditionnel » ou « tout virtuel » [11] ;
4. une meilleure satisfaction des étudiants vis à vis de leur propre travail : les étudiants montrent une préférence pour le travail numérique, sont davantage satisfait du résultat de leur travail, et présentent une meilleure confiance en eux en comparaison aux méthodes conventionnelles [12,33].

En effet, selon le triangle de la pédagogie de Jean Houssaye (fig.15) [34] :

- l'étudiant a une meilleure relation d'apprentissage au savoir en apprenant des techniques plus actuelles, améliorant sa motivation à l'égard de cet enseignement ;
- l'étudiant a une meilleure relation pédagogique à l'enseignant, qui est davantage présent pour approfondir les notions que pour faire démonstration de l'exercice.

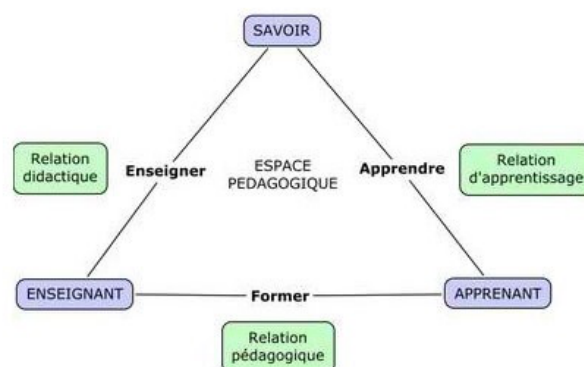


Fig. 15 : le triangle de la pédagogie selon J.Houssaye².

² Webographie: <https://www.profinnovant.com/quest-ce-que-le-triangle-pedagogique-de-jean-houssaye/>

L'utilisation de Meshmixer® pour simuler un paralléliseur numérique, tout en étant libre et gratuit, permet de démocratiser l'accès aux technologies et initier les futurs praticiens à l'utilisation du numérique en prothèse [32].

4.2 Limites

Certaines limites sont mises en évidence à l'utilisation d'un logiciel à l'aide de tutoriels :

- l'absence de retour haptique et de contraintes matérielles réelles : les simulateurs numériques actuels du paralléliseur n'imitent pas complètement les sensations et micro-gestes de la manipulation d'un paralléliseur physique ; la littérature suggère le bénéfice d'un complément par des TP matériels [12] ;
- le risque d'apprentissage « piloté par le logiciel » : sans guidage pédagogique, certains étudiants peuvent se focaliser sur la réussite des tâches guidées plutôt que sur le raisonnement prothétique (sélection justifiée d'un axe, compromis rétention/insertion), d'où l'intérêt de scénarios explicites et d'une évaluation des justifications et non des seuls résultats [12] ;
- l'accès, coûts et formation des enseignants : les enquêtes sur l'implémentation rapportent des obstacles logistiques (licences des logiciels, postes de travail avec ordinateurs, support technique) et la nécessité de former l'équipe pédagogique pour garantir un enseignement cohérent et modulable [32]. Le logiciel Meshmixer® a été choisi pour cette thèse car il est gratuit et installable sur Windows et iOS.

Les simulations numériques du paralléliseur constituent un outil d'initiation efficace : ils rendent concrets des concepts abstraits, augmentent la motivation étudiante et permettent une pratique répétée et standardisée, avec des améliorations d'apprentissage démontrées. L'apprentissage optimal est obtenu via une pratique hybride (numérique + conventionnel) et active, avec un raisonnement prothétique en plus de la simple exécution des protocoles.

5 Simulation du paralléliseur à l'aide du logiciel Meshmixer®

Cette partie de la thèse a pour objectif de décrire et d'illustrer la démarche numérique retenue pour la mise en évidence, la visualisation et la gestion des contre-dépouilles à partir d'un modèle 3D.

Ouvrez le logiciel Meshmixer®. Pour importer le modèle et mettre en évidence les contre-dépouilles :

- 1) Sélectionner la catégorie « Import » pour importer votre fichier STL (le modèle numérique) (fig.16),

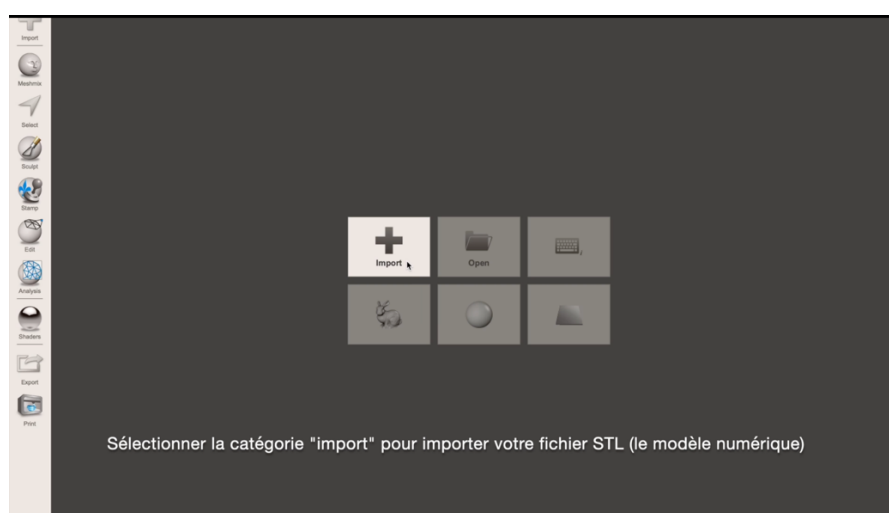


Fig. 16 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - interface d'accueil.

- 2) Sélectionner le modèle désiré, puis cliquer sur « Open » (fig.17),

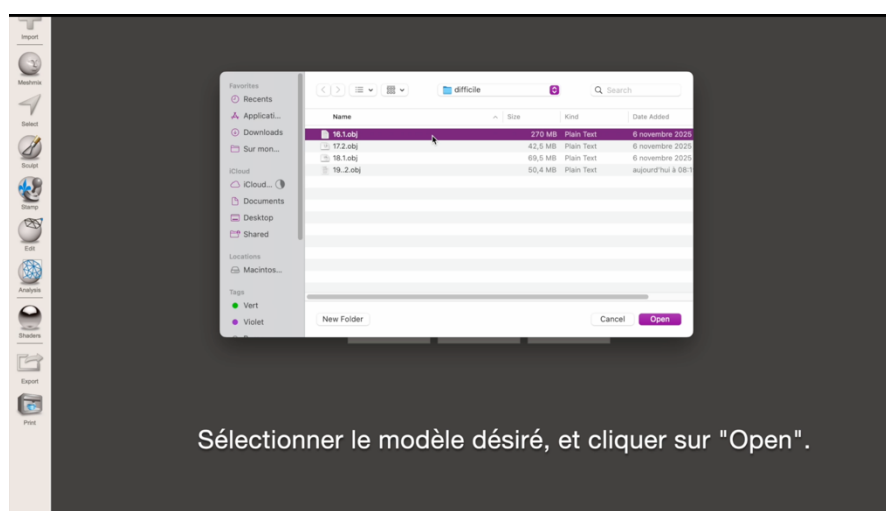


Fig. 17 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - sélection du fichier à importer.

- 3) Manipuler le modèle avec le clic droit de votre souris, ou bien la touche Option + la souris sur votre clavier tactile,
- 4) Pour mettre en évidence les contre-dépouilles dans cette orientation du modèle, sélectionner le Shader rouge et blanc dans la barre d'outils (fig. 18),

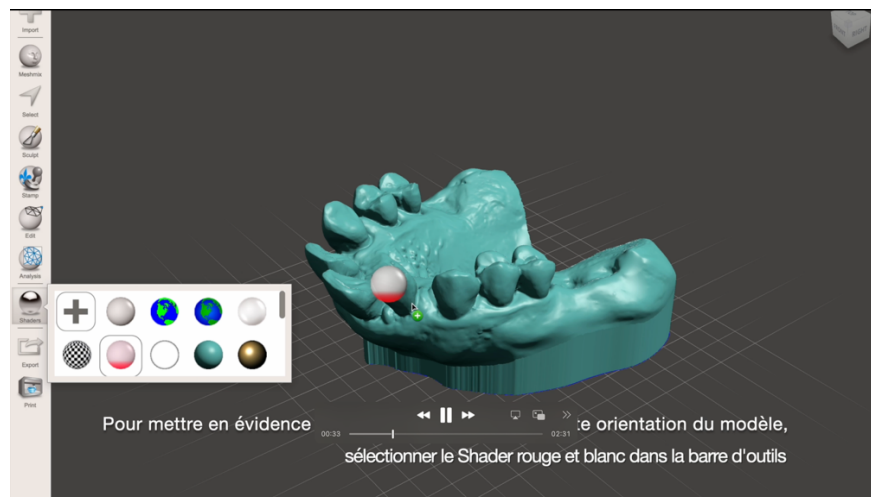


Fig. 18 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - application du filtre.

- 5) Puis, activer la fonction « Overhangs » dans la catégorie « Analysis » (fig. 19),

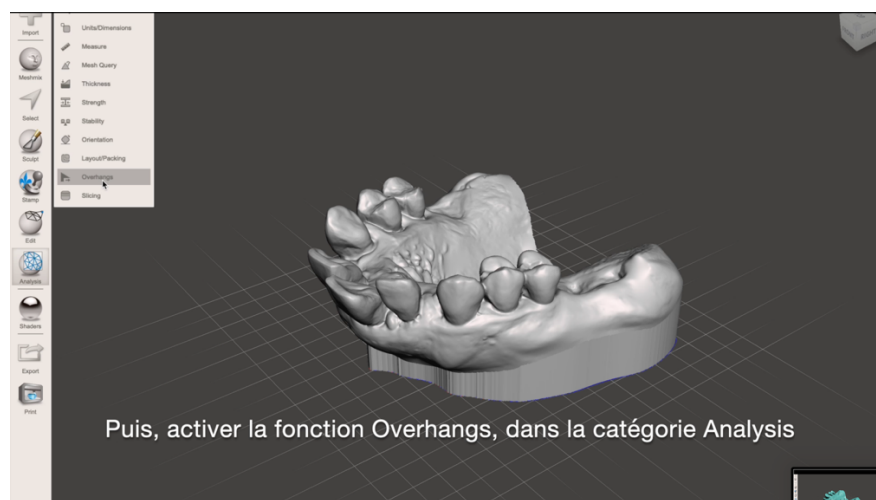


Fig. 19 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - sélection de la fonction « Overhangs ».

- 6) Bien veiller à ce que la valeur de l'angulation (Angle Tresh) se rapproche le plus de 90°,
- 7) Enfin, cliquer sur « Done » pour valider (fig. 20),

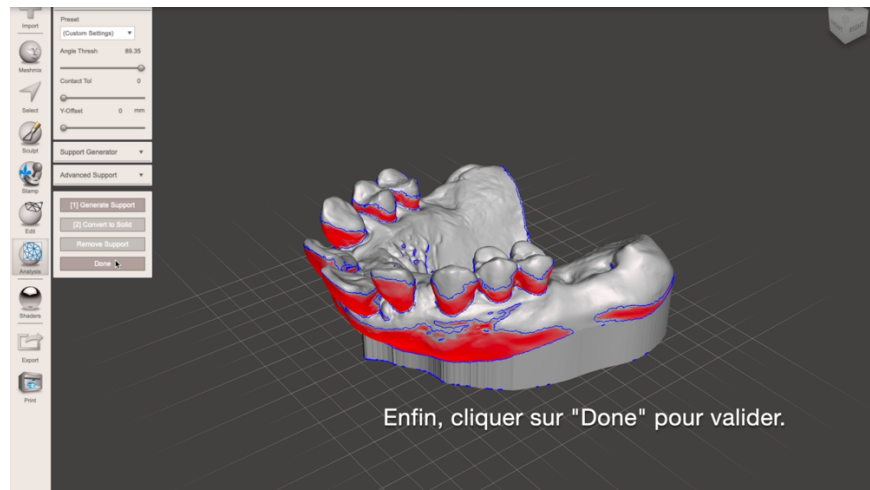


Fig. 20 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - mise en évidence.

- 8) Analyser les contre-dépouilles et leur répartition.
Pour changer l'inclinaison du modèle, donc changer l'axe d'insertion et déplacer les contre-dépouilles :

- 1) Sélectionner la fonction « Transform » dans la catégorie « Edit », puis manipuler le modèle grâce aux arcs de cercle dans les 3 sens de l'espace (fig. 21-23),

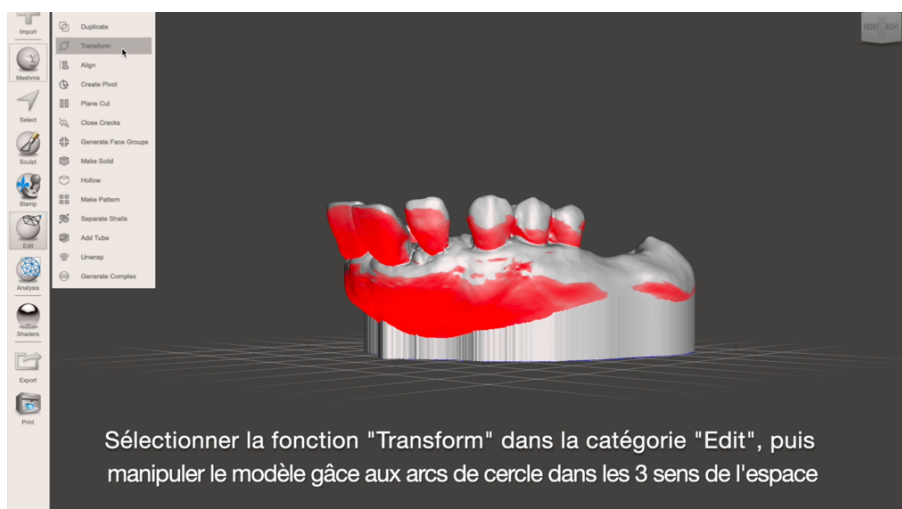


Fig. 21 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - sélection de la fonction « Transform ».

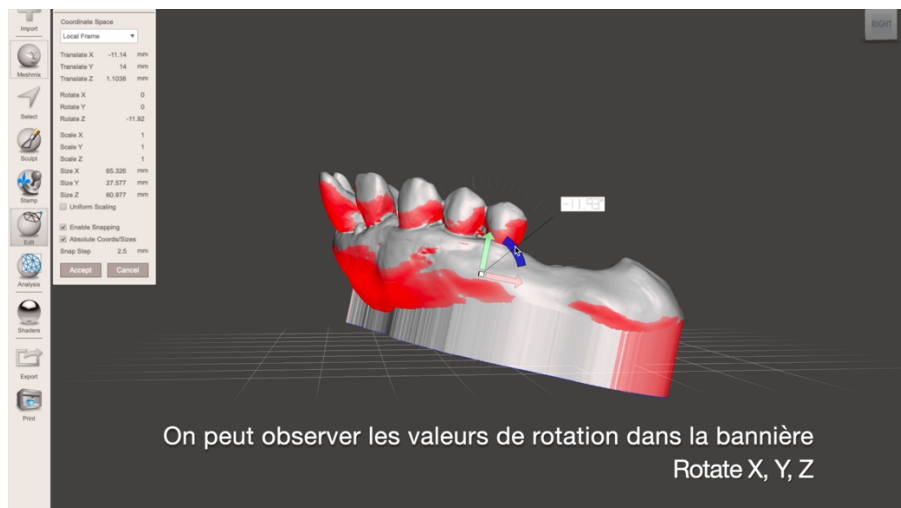


Fig. 22 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - rotation du modèle.

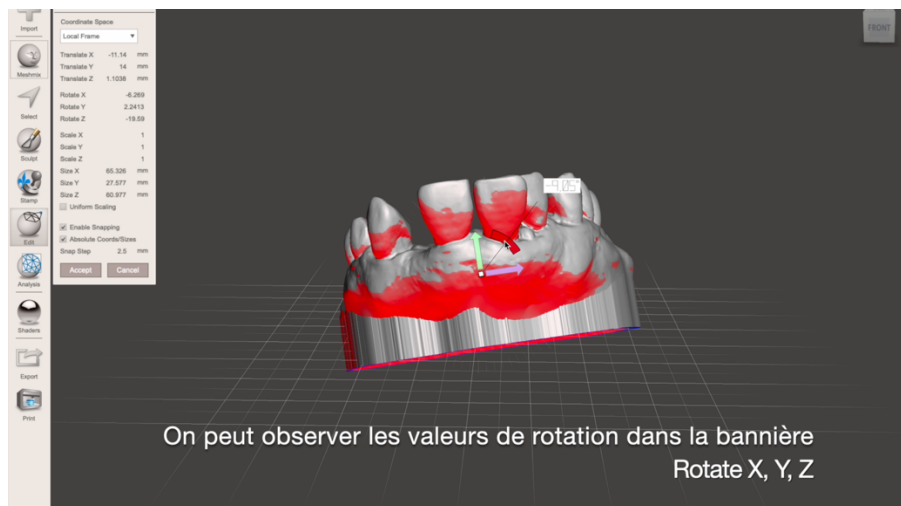


Fig. 23 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - observation des valeurs de rotation.

2) On peut observer les valeurs de rotation dans la bannière : « Rotate X,Y,Z » (fig 23).

En complément, une vidéo didactique détaillant le flux de travail dans le logiciel Meshmixer a été réalisée. Celle-ci montre les différentes étapes afin de mettre en évidence les zones de contre-dépouille. Elle est accessible via le lien ci-dessous et le QR code associé (fig. 24)

<https://youtu.be/GMB4SKYdcdI?si=pFZQ1uYDr7eYC2xb>



Fig. 24 : QR code du tutoriel Meshmixer sur YouTube.

Dans un second temps, cette séquence est appliquée à une série de cas cliniques sélectionnés, présentés en annexe. Des questions guident la réflexion de l'étudiant dans l'analyse du parallélisme. L'ensemble établit une méthodologie d'analyse numérique avec une réflexion clinique centrée sur la bonne insertion d'une prothèse amovible partielle et l'éventuelle adaptation du plan de traitement.

Ci-dessous, vous trouverez le lien Google Drive ainsi que le QR code associé contenant les fichiers STL des modèles à étudier (fig.25).

https://drive.google.com/drive/folders/1jYEnhg7uZnzlyLFxUjTLpryrK_qS62Xk?fbclid=IwAR0Z-H_II8KiEslu4WjkTJLnjUkGkjsmsrhNiCrl_qZqy_ve-vP8lsXDvi4



Fig. 25 : QR code du Google Drive contenant les fichiers STL.

6 Conclusion

En prothèse amovible partielle, la détermination d'un axe d'insertion cohérent et reproductible conditionne directement l'insertion, la rétention et la longévité de la prothèse. Le paralléliseur conventionnel est l'outil de référence en technique physique pour matérialiser la ligne guide et objectiver les zones de dépouille et de contre-dépouille, permettant une analyse méthodique du modèle avant la décision thérapeutique. L'évolution des pratiques vers la CFAO a toutefois ouvert la voie à des équivalents virtuels, capables d'offrir une visualisation 3D dynamique, une meilleure traçabilité et une reproductibilité accrue, tout en s'intégrant à un flux de travail numérique. Dans ce contexte, l'intérêt pédagogique d'une initiation au numérique dès le DFGSO2 apparaît majeur : il rend palpables des notions souvent abstraites, favorise l'apprentissage actif en renforçant l'autonomie et la motivation des étudiants.

Cette thèse propose une alternative numérique au paralléliseur en adaptant la mise en évidence des contre-dépouilles et l'exploration de différents axes par des manipulations simples et reproductibles. Le développement de tutoriels vidéo et l'application à des cas cliniques guidés visent à standardiser les enseignements prodigués tout en maintenant le cœur du raisonnement prothétique : analyser, comparer, justifier un compromis et en déduire les préparations nécessaires. Les limites du tout-numérique (absence de retour haptique, risque d'exécution "pilotée par le logiciel") rappellent néanmoins l'intérêt d'une approche hybride, associant simulation et manipulation conventionnelle. Au final, l'intégration de cette simulation numérique, accessible et gratuite, constitue un levier réaliste pour moderniser l'enseignement de la PAP à Lille, préparer les étudiants aux workflows actuels et renforcer une démarche clinique structurée.

7 Annexes

Cas 1 : édentement partiel 17-16-14-22-26-27 (fig.26)

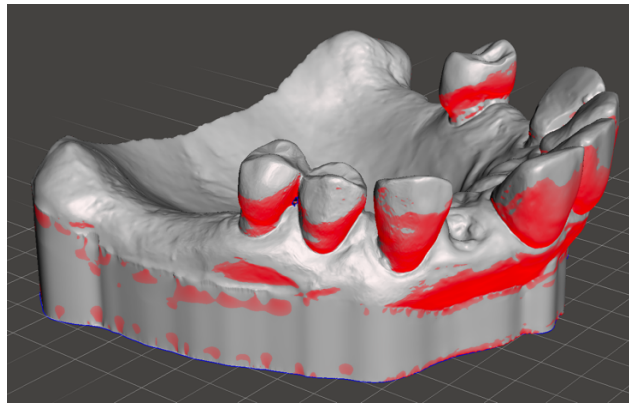


Fig. 26 : modèle virtuel 1 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).

Classer cet édentement selon la classification de Kennedy-Applegate :

C'est un édentement terminal bilatéral contenant 2 édentements encastrés, donc **classe II modification 2** de Kennedy-Applegate.

Analyser le modèle et relever les contre-dépouilles dentaires et ostéo-muqueuses :

pas besoin de faire dent par dent, plutôt par zones et citer précisément les faces dentaires les plus touchées.

Sur les **dents** : les contre-dépouilles sont réparties davantage sur les faces vestibulaires, particulièrement sur les dents antérieures où elles sont prononcées et >50% de la surface.

Sur les **surfaces ostéo-muqueuses** : des contre-dépouilles majeures sont présentes en vestibulaire entre 13 et 23. Des contre-dépouilles mineures sont présentes au niveau des secteurs postérieurs.

On a donc des contre-dépouilles dentaires situées sur des **dents bordant les édentements** et qui seront **support de crochets**, et une contre-dépouille ostéo-muqueuse en regard de l'édentement 22.

Réfléchir au placement des dents prothétiques, des crochets, de la résine / de l'armature métallique : comment gérer les zones de retrait dans ce cas ?

Pour les contre-dépouilles dentaires : les dents les plus touchées par les contre-dépouilles sont les incisives, qui ne seront jamais support de crochet pour des raisons esthétiques. Pour les autres dents, les contre-dépouilles sont moindres et ne gêneront pas

particulièrement. Il faudra veiller à bien placer les crochets sous la contre-dépouille, mais pas trop loin pour ne pas avoir un excès de rétention.

Pour la contre-dépouille ostéo-muqueuse à l'édentement de 22 : on pourra choisir de placer une dent ajustée, sans retour de résine en vestibulaire, esthétique et supprimant le problème à ce niveau.

La solution est donc l'abstention.

Cas 2 : édentement partiel terminaux 37-36-46-47 (fig.27)

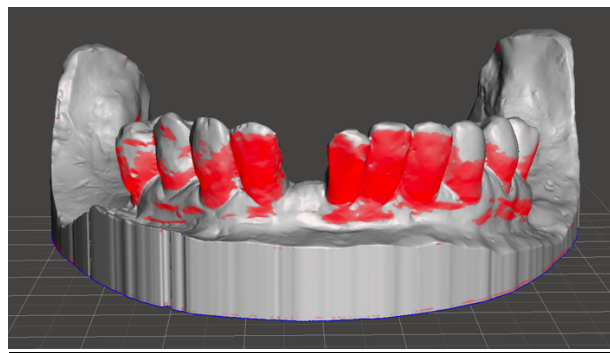


Fig. 27 : modèle virtuel 2 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle). Attention : au vu du manque de support et de la version vestibulaire des incisives, on peut supposer la présence d'une parodontite, sans connaître son statut actif ou stabilisé. Au vu des récessions on peut s'interroger quant au besoin de soins parodontaux voire à la conservabilité de ces dents. Leurs versions étant plutôt homogènes et la récession atteignant au maximum 1/3 de la hauteur radiculaire (en lingual), on partira du principe qu'elles sont conservables et immobiles dans le cadre d'une parodontite stabilisée. Cela nous permettra de réaliser plus simplement l'exercice.

Classer cet édentement selon la classification de Kennedy-Applegate :

C'est un édentement terminal bilatéral, donc **classe I** de Kennedy-Applegate.

L'espace en avant est bien un diastème, et pas un édentement.

Analyser le modèle et relever les contre-dépouilles dentaires et ostéo-muqueuses : pas besoin de faire dent par dent, plutôt par zones et citer précisément les faces dentaires les plus touchées.

Sur les **dents** : on observe des contre-dépouilles en vestibulaire, majeures au niveau des incisives mais moindres sur les canines et prémolaires.

Au niveau des **zones ostéo-muqueuses** : on a de légères contre-dépouilles en vestibulaire des secteurs dentés (ainsi qu'une petite en lingual du trigone droit, dont on ne tiendra pas compte au vu de sa petitesse).

Réfléchir au placement des dents prothétiques, des crochets, de la résine / de l'armature métallique : comment gérer les zones de retrait dans ce cas ?

Comme la plupart des contre-dépouilles sont en **antérieur et vestibulaire**, on pourrait basculer le modèle **en arrière**. Cependant, cela augmente nettement les contre-dépouilles en distal des faces de **35 et 45. Ces dents bordent l'édentement**, et seront **support de crochet**. Cela ne sera pas le cas pour les incisives qui seront en rapport seulement avec la base résine (transitoire) ou le châssis (usage), et du côté lingual.

L'abstention est donc la décision la plus appropriée.

NB : au vu du diastème antérieur, il faudra placer avec vigilance la résine / le stellite ou ajouter une incisive supplémentaire, pour un rendu le plus esthétique possible. Il faudra aussi faire attention à l'axe d'insertion des porte-empreintes ainsi qu'à leur désinsertion pendant les étapes d'empreintes pour ne pas faire mal au patient ou léser le parodonte réduit.

Cas 3 : édentement partiel 17-16-22-26-27 (fig. 28)

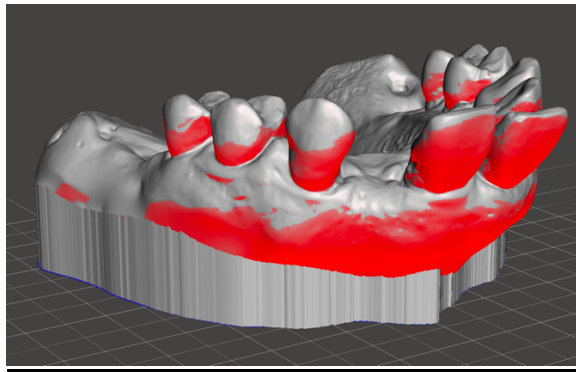


Fig. 28 : modèle virtuel 3 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle). Attention : au vu du manque de support et de la version vestibulaire des incisives, on peut supposer la présence d'une parodontite, sans connaître son statut actif ou stabilisé. Au vu des récessions on peut s'interroger quant au besoin de soins parodontaux voire à la conservabilité de ces dents. Leurs versions étant plutôt homogènes et la récession atteignant au maximum 1/3 de la hauteur radiculaire (en palatin), on partira du principe qu'elles sont conservables et immobiles dans le cadre d'une parodontite stabilisée. Cela nous permettra de réaliser plus simplement l'exercice.

Classer cet édentement selon la classification de Kennedy-Applegate :

C'est un édentement terminal bilatéral contenant 1 édentement encastré, donc **classe II modification 1** de Kennedy-Applegate.

Analyser le modèle et relever les contre-dépouilles dentaires et ostéo-muqueuses :

pas besoin de faire dent par dent, plutôt par zones et citer précisément les faces dentaires les plus touchées.

Sur les dents : les zones de contre-dépouilles sont très présentes **en avant du modèle**. Les faces vestibulaires des **incisives** sont quasi totalement colorées. Sur les autres dents, elles sont mieux réparties, ne dépassant pas 50% des faces vestibulaires.

Les 2 faces distales de 15 et 25 sont totalement colorées, mais la contre-dépouille n'est pas très intense.

Au niveau des zones ostéo-muqueuses : il y a des **contre-dépouilles majeures en vestibulaire, de 15 à 25**. Une autre est présente en vestibulaire de la tubérosité droite, minime.

NB : les irrégularités sur les crêtes postérieures sont les alvéoles en cours de cicatrisation après extractions multiples. Tout se régularisera au fur et à mesure de la cicatrisation.

Réfléchir au placement des dents prothétiques, des crochets, de la résine / de l'armature métallique : comment gérer les zones de retrait dans ce cas ?

Pour remplacer les **dents** :

- les **dents postérieures 16-17-26-27** se placeront facilement sur la crête, les contre-dépouilles en distal de 15-25 sont normales et dues à l'anatomie de la dent. Elles ne gêneront pas le placement des dents ni de la résine.
- la **dent 22** pourra être placée de manière ajustée, il n'y aura pas de retour vestibulaire de résine. La contre-dépouille vestibulaire n'influencera donc pas le placement de la prothèse.

Pour placer les **crochets** : on pourra les mettre sur les deuxièmes prémolaires et canines, placés dans les zones de retrait qui sont suffisantes et correctement placées.

Pour placer la **résine** : les contre-dépouilles ostéo-muqueuses en regard des édentements postérieurs sont faibles en intensité, et placées proche du fond de vestibule. Elles ne devraient pas être gênantes pour l'insertion/désinsertion.

Au final, aucune contre-dépouille ne nous gêne avec cette conception de la prothèse. **Non**, on ne changera pas l'axe.

Cas 4 : cas d'édentement partiel avec absence de 12-11-21 (fig. 29)

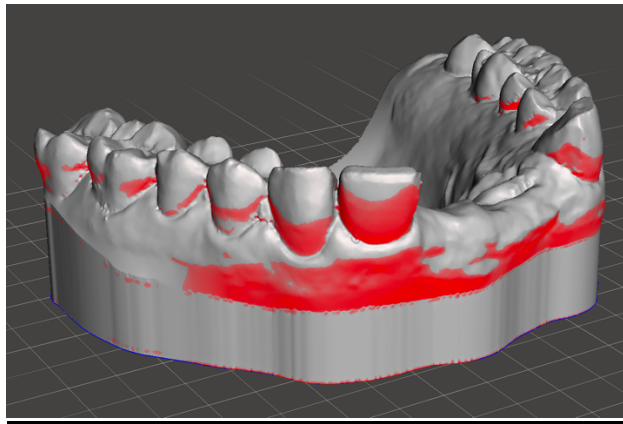


Fig. 29 : modèle virtuel 4 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).

Classer cet édentement selon la classification de Kennedy-Applegate :

C'est un édentement encastré antérieur, donc **classe IV** de Kennedy-Applegate.

Analyser le modèle et relever les contre-dépouilles dentaires et ostéo-muqueuses :

pas besoin de faire dent par dent, plutôt par zones et citer précisément les faces dentaires les plus touchées.

Pour les contre-dépouilles **dentaires** :

Sur les secteurs postérieurs : les zones de contre-dépouilles sont très minimales, bien réparties sur l'ensemble des dents.

Sur les secteurs antérieurs : les zones de contre-dépouille sont davantage présentes, surtout sur la 21.

Sur les **surfaces ostéo-muqueuses** : on a des contre-dépouilles **majeures vestibulaires de 13 à 24.**

Réfléchir au placement des dents prothétiques, des crochets, de la résine / de l'armature métallique : comment gérer les zones de retrait dans ce cas ?

L'ensemble des contre-dépouilles majeures se trouve en **secteur antérieur**, aussi bien sur les dents que sur les zones ostéo-muqueuses. Il suffirait alors de **changer l'axe d'insertion**, en inclinant **le modèle vers l'arrière** pour faire migrer ces zones et mieux les répartir sur l'ensemble du modèle. Mais quel axe choisir?

On bascule le modèle vers l'arrière dans le sens sagittal. La valeur de la rotation Z = **-18,5** (environ).

Avec une rotation moins importante, on garderait des contre-dépouilles antérieures très importantes.

Avec une rotation plus importante, on créerait des contre-dépouilles trop importantes sur les faces palatines de toutes les dents postérieures. On cherche un compromis entre les deux.

L'impact est **minime** maintenant que les contre-dépouilles sont réparties de façon homogène. Des contre-dépouilles ostéo-muqueuses minimales comme celles-ci peuvent être évitées au vu de la dépressibilité de la muqueuse pouvant les compenser.

Cas 5 : édentement partiel 14-21-24-27 (fig. 30)

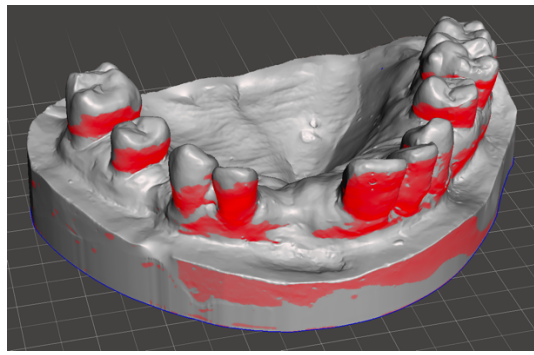


Fig. 30 : modèle virtuel 5 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).

Classez cet édentement selon la classification de Kennedy-Applegate :

L'édentement est terminal unilatéral contenant 3 édentements encastrés, donc **classe II modification 3** de Kennedy-Applegate.

Analysez le modèle : relevez les contre-dépouilles dentaires et ostéo-muqueuses.

pas besoin de faire dent par dent, plutôt par zones et citer précisément les faces dentaires les plus touchées.

Sur les **dents** :

- Au niveau des dents postérieures : les zones de contre-dépouilles sont bien réparties en vestibulaire, et majeures en mésial des dents bordant un édentement.
- Au niveau des dents antérieures : les contre-dépouilles sont majeures en vestibulaire.

Au niveau des **zones ostéo-muqueuses** : des contre-dépouilles moyennes sont présentes sur les tables osseuses vestibulaires en regard de secteurs dentés

Réfléchir au placement des dents prothétiques, des crochets, de la résine / de l'armature métallique : comment gérer les zones de retrait dans ce cas ?

Les contre-dépouilles majeures étant situées principalement en **antérieur du modèle**, on peut **changer l'axe d'insertion**, en inclinant le modèle vers l'arrière pour les faire migrer.

On peut effectuer une rotation de valeur **Z = -10**. On a alors une bien meilleure répartition des contre-dépouilles autour de toutes les dents bordant un édentement.

On obtient des contre-dépouilles bien réparties et modérées, sauf pour la face vestibulaire de 22 qui ne sera pas support de crochet, donc qui n'aura pas d'impact sur la bonne conception de la prothèse.

Cas 6 : édentement partiel 36-35-32-31-41-42-46-47 (fig. 31)

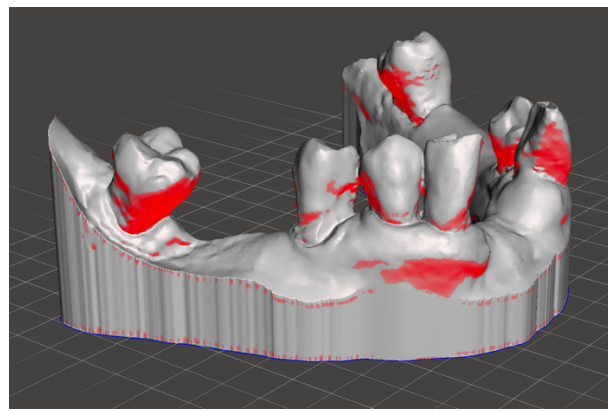


Fig. 31 : modèle virtuel 6 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).

Attention : au vu du manque de support et de la version vestibulaire des incisives, on peut supposer la présence d'une parodontite, sans connaître son statut actif ou stabilisé. Au vu des récessions on peut s'interroger quant au besoin de soins parodontaux voire à la conservabilité de ces dents. Leurs versions étant plutôt homogène et la récession atteignant au maximum 1/3 de la hauteur radiculaire (en palatin), on partira du principe qu'elles sont conservables et immobiles dans le cadre d'une parodontite stabilisée. Cela nous permettra de réaliser plus simplement l'exercice.

Classer cet édentement selon la classification de Kennedy-Applegate :

Le modèle présente 3 édentements encastrés. Le plus long édentement est celui secteur 4, de 46 et 47. C'est donc un édentement de **classe 3 modification 2** de Kennedy-Applegate.

Analyser le modèle et relever les contre-dépouilles dentaires et ostéo-muqueuses :

pas besoin de faire dent par dent, plutôt par zones et citer précisément les faces dentaires les plus touchées.

Sur les **dents** : les contre-dépouilles sont plutôt réparties en lingual des prémolaires et molaires. On en observe aussi en mésial de 33 et 43, d'une intensité correcte. La plus importante se trouve sur la 48 et recouvre toute la face mésiale en se prolongeant en vestibulaire.

Sur les **surfaces ostéo-muqueuses** : les contre-dépouilles sont éparses et d'une faible intensité, en regard de zones dentées.

Pour quelle raison la dent 48 a une si forte contre-dépouille mésiale?

Elle est causée par une **version** mésiale de la dent, phénomène observé en présence d'un édentement adjacent, et sous l'effet des contraintes occlusales

Réfléchir au placement des dents prothétiques, des crochets, de la résine / de l'armature métallique : y-a-t-il une gêne causée par les contre-dépouilles? Justifier pour chacun de ces éléments.

Pour les contre-dépouilles dentaires :

- les contre-dépouilles linguales sur les **prémolaires et molaires** : elles sont orientées en lingual. Elles peuvent gêner l'insertion/désinsertion de la prothèse en lingual, mais ne peuvent pas être compensées car **leurs axes sont contradictoires**.
- les contre-dépouilles en mésial de **33 et 43** : elles ne sont pas intenses et pourront être **évitées** normalement à la conception de la prothèse.
- la contre-dépouille en **mésial de 48** : elle est **majeure** et englobe toute la face mésiale. Elle risque de gêner le placement de la résine, du crochet.

Pour les contre-dépouilles ostéo-muqueuses, elles sont minimales et ne sont pas placées en secteur édenté. Elles ne seront donc pas au contact de la résine (si prothèse transitoire résine) ou le métal du stellite (si prothèse d'usage métallique) et ne gêneront pas l'insertion de la prothèse.

Que peut-on faire pour résoudre ces contre-dépouilles? présentez 3 éventuelles solutions possibles et leurs avantages et inconvénients.

Pour les contre-dépouilles linguales sur les prémolaires et molaires, en changeant l'axe d'insertion une bascule d'un côté ou de l'autre diminuerait l'une et augmenterait l'autre. On choisit alors l'abstention.

Pour la contre-dépouille de la 48, plusieurs options thérapeutiques existent :

1) **la coronoplastie** : on peut fraiser la face mésiale pour réduire la contre-dépouille. Cependant, on ne peut pas totalement l'éliminer : si on souhaite rétablir un axe à 90°, le fraisage sera trop important et atteindra la partie radiculaire en cervical en réduisant la face occlusale de moitié.

- avantage : conservateur si fraisage amélaire

- inconvénient : impossibilité d'éliminer la contre-dépouille, le fraisage amélaire sera insuffisant.

2) concevoir la prothèse pour que la **résine ne comble pas la contre-dépouille** :

- avantage : conservateur

- inconvénient : pas d'aménagement du plan guide qui se limite toujours au point de contact très haut, laisse un large espace entre la prothèse et la dent pouvant créer de l'encombrement alimentaire.

3) **extraire la dent** : au vu du manque de support parodontal, de la version mésiale de la dent, et du fait que ce soit la seule dent avec contre-dépouille gênante, on peut choisir d'éliminer le problème de cette façon.

- avantage : efficace, cohérent au vu du manque de support parodontal

- inconvénient : création d'un édentement terminal unilatéral diminuant le polygone de sustentation.

La solution la plus efficace serait d'**extraire la dent**, dont le pronostic est réservé à long terme.

Cas 7 : cas d'édentement partiel avec absence de la 24 et 17 (fig. 32)

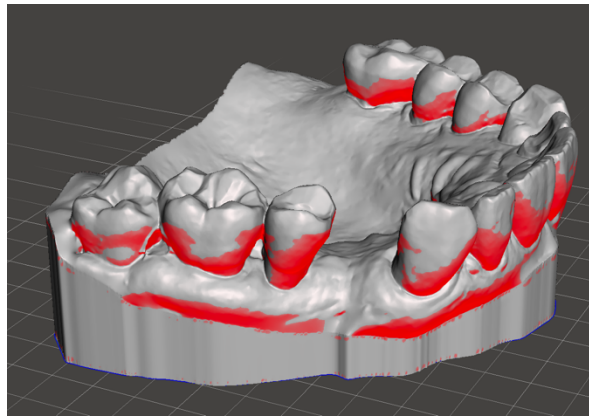


Fig. 32 : modèle virtuel 7 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).

Classez cet édentement selon la classification de Kennedy-Applegate :

L'édentement est terminal unilatéral et contient un édentement encastré, donc **classe 2 modification 1** de Kennedy-Applegate.

Analyser le modèle et relever les contre-dépouilles dentaires et ostéo-muqueuses :

pas besoin de faire dent par dent, plutôt par zones et citer précisément les faces dentaires les plus touchées.

Sur les dents : les zones de contre-dépouille sont globalement bien réparties sur les surfaces dentaires, exception faite de la 25. La **face mésiale de 25** est entièrement colorée jusqu'à la face occlusale : cela signifie une contre-dépouille totale de la face mésiale.

Au niveau des zones ostéo-muqueuses, on note également des contre-dépouilles ostéo-muqueuses en vestibulaire :

- Au niveau de l'édentement unitaire de 25.
- Au niveau de 17 : il n'existe pas de contre-dépouille ostéo-muqueuse,
- ces zones ne compromettent donc pas la conception de la prothèse.

En résumé, ici seule la contre-dépouille en mésial de la 25 sera à prendre en compte.

NB : On observe la présence d'un **bracket orthodontique en palatin de 25**, pouvant être retiré si le traitement orthodontique est terminé.

Selon vous, pour quelle raison la dent 25 a une si forte contre-dépouille mésiale?

Elle est causée par une **version** mésiale de la dent, phénomène observé en présence d'un édentement adjacent, et sous l'effet des contraintes occlusales.

Réfléchir au placement des dents prothétiques, des crochets, de la résine / de l'armature métallique : comment gérer la zone de retrait dans ce cas ?

Il faut bien analyser comment la dent prothétique se mettra en place dans l'espace. Ici, le diamètre mésio-distal de l'édentement est suffisant pour la placer.

Cependant, tout ce qui se placera sous cette contre-dépouille, dent ou résine, gênera à la bonne insertion/désinsertion de la prothèse.

Que peut-on faire pour résoudre ce problème? présentez 3 solutions possibles et leurs avantages et inconvénients.

1) soit on aplanit la surface dans le plan vertical : **coronoplastie** de la face mésiale 25

- avantage : simple de réalisation, création d'un plan guide, peut être réalisé avant l'empreinte secondaire, facilite la tâche au prothésiste
- inconvénient : mutilant l'émail sur une dent saine

2) soit on conçoit la prothèse pour que la **résine ne comble pas la contre-dépouille** :

- avantage : conservateur, peut être adapté à l'essayage/livraison par fraisage de la base résine, ou simplement en le précisant au prothésiste.
- inconvénient : pas d'aménagement du plan guide qui se limite toujours au point de contact très haut, laisse un espace entre la prothèse et la dent pouvant créer de l'encombrement alimentaire.

3) soit on comble la contre-dépouille : ajout d'une **restauration adhésive** comme le composite sur la face mésiale

- avantage : création d'un plan guide, conservateur, protège la dent du frottement de la prothèse à l'insertion, maintient le diamètre mésio-distal

- inconvénient : plus difficile à réaliser que la coronoplastie (protocole de collage), crée un bombé mésial important pouvant être rétenteur de plaque et causer des problèmes parodontaux.

Toutes les solutions sont envisageables, mais l'ajout d'une restauration peut comporter plus de risques (parodontaux) à long terme. On préférera les 2 premières solutions.

Bibliographie

1. Schittly, Jean. Prothèse amovible partielle : clinique et laboratoire. 3e édition. Éditions CdP; 2020. (Collection JPIO).
2. Engelmeier RL. The history and development of the dental surveyor: part i. *Journal of Prosthodontics*. 2002;11(1):11-8.
3. Davenport JC, Basker RM, Heath JR, Ralph JP, Glantz PO. Surveying. *Br Dent J*. 2000;189(10):532-42.
4. Schmidt AH. Planning and designing removable partial dentures. *Dent Dig*. 1948;54(10):444-50.
5. Nokubi T, Ono T, Morimitsu T, Ikebe K, Yasui S, Kita S, et al. Clinical application of a newly developed surveying system for designing and fabricating removable partial dentures. *J Osaka Univ Dent Sch*. 1992;32:104-17.
6. Mahrous A, Botsko DL, El-Gendy T, Elgreatly A. Enhancing digital workflows for removable partial dentures: a novel diagnostic surveyor and designer. *Journal of Prosthodontics*. 2026;35(1):102-107
7. Wang X, Ma D, Zhong S, Ye Q, Zhao Y, Ren N, et al. A digital workflow for designing and manufacturing metal frameworks and removable partial dentures: a novel dental technique. *Journal of Prosthodontics*. 2025;34(9):873-878
8. Chantanahom P, Rungsiyakull C, Sukapatttee M, Chaijareenont P, Rungsiyakull P. Effects of computer-assisted learning for removable partial denture design on learning outcomes and satisfaction. *BMC Medical Education*. 2025;25(1):104.
9. Liu K, Xu Y, Ma C, Yu N, Tan F, Li Y, et al. Efficacy of a virtual 3d simulation-based digital training module for building dental technology students' long-term competency in removable partial denture design: prospective cohort study. *JMIR Serious Games*. 2024;12:e46789.
10. Luo ZJ, Lin YH, Yin Y, Zhou T, Li XX. Evaluation on a teaching software for removable partial denture framework design. *Technol Health Care*. 2023;31(5):1787-98.
11. Li Y, Ye H, Wu W, Li J, Zhao X, Liu Y, et al. Effectiveness and methodologies of virtual reality dental simulators for veneer tooth preparation training: randomized controlled trial. *J Med Internet Res*. 2025;27:e63961.
12. Koolivand H, Shooreshi MM, Safari-Faramani R, Borji M, Mansoor MS, Moradpoor H, et al. Comparison of the effectiveness of virtual reality-based education and conventional teaching methods in dental education: a systematic review. *BMC Medical Education*. 2024;24(1):8.
13. Layton D. The glossary of prosthodontic terms 2023. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2023;130(4):e1-3.
14. Haeberle CB, Abreu A, Metzler K. A technique to facilitate tooth modification for removable partial denture prosthesis guide planes. *Journal of Prosthodontics*. 2016;25(5):414-7.

15. Bezzon OL, Mattos MG, Ribeiro RF. Surveying removable partial dentures: the importance of guiding planes and path of insertion for stability. *J Prosthet Dent.* 1997;78(4):412-8.
16. Richardson J. A practical treatise on mechanical dentistry - digital collections - national library of medicine. 1860.
17. Ye H, Ning J, Li M, Niu L, Yang J, Sun Y, et al. Preliminary clinical application of removable partial denture frameworks fabricated using computer-aided design and rapid prototyping techniques. *Int J Prosthodont.* 2017;30(4):348-53.
18. Williams RJ, Bibb R, Eggbeer D, Collis J. Use of cad/cam technology to fabricate a removable partial denture framework. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2006;96(2):96-9.
19. da Costa FKA, Ferreira GF, Blumer R, Alves MC, Freire AR, Rodrigues Garcia RCM. Comparative analysis of retentive areas of removable partial denture abutment teeth obtained by digital and conventional survey techniques. *J Prosthet Dent.* 2025;S0022-3913(25)00284-7.
20. Clark WA, Brazile B, Matthews D, Solares J, De Kok IJ. A comparison of conventionally versus digitally fabricated denture outcomes in a university dental clinic. *Journal of Prosthodontics.* 2021;30(1):47-50.
21. Campbell SD, Cooper L, Craddock H, Hyde TP, Nattress B, Pavitt SH, et al. Removable partial dentures: the clinical need for innovation. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 2017;118(3):273-80.
22. Krikos AA. Preparing guide planes for removable partial dentures. *J Prosthet Dent.* 1975;34(2):152-5.
23. Alfonso C, Toothaker RW, Wright RF, White GS. A technique to create appropriate abutment tooth contours for removable partial dentures. *J Prosthodont.* 1999;8(4):273-5.
24. Rudd RW, Bange AA, Rudd KD, Montalvo R. Preparing teeth to receive a removable partial denture. *The Journal of Prosthetic Dentistry.* 1999;82(5):536-49.
25. McCracken WL. Preparation of abutment teeth. In: McCracken's removable partial prosthodontics. 11th edition. 2005. p. 206-18.
26. Sasaki J, Suzuki K, Kashiwara S, Saito T. Three-dimensional evaluation of a giant torus in the maxilla and mandible that affected pronunciation: a case report. *Annals of Medicine and Surgery.* 2024;86(10):6221.
27. Dragan IF, Hamza T, McAndrew M. Integrating digital scholarship in dental education: why, what, and how? *Journal of Dental Education.* 2022;86(5):543-5.
28. Dehurtevent M, Duyck J, Depaepe F, Vanneste S, Vandamme K, Raes A. Effectiveness of a 3d simulation tool to teach the designing of metal removable partial dentures: a mixed-method study. *European Journal of Dental Education.* 2023;27(4):1117-26.
29. Veerasamy A, Ghuloum F, Lo Y, van Vuuren WJ. Digital removable denture workflows in dental education: a systematic review and curriculum development exploration. *European Journal of Dental Education.* [cité 15 août 2025];n/a(n/a).

30. Porcherot A, Maniani I, Berteretche MV, Citterio H, Fromentin O, Rignon-Bret C, et al. Use of digital tools for preclinical training in complete denture: a pilot study. *European Journal of Dental Education*. 2024;28(1):292-301.
31. Goodacre CJ, Goodacre BJ, Baba NZ. Should digital complete dentures be part of a contemporary prosthodontic education? *Journal of Prosthodontics*. 2021;30(S2):163-9.
32. Ishida Y, Kuwajima Y, Kobayashi T, Yonezawa Y, Asack D, Nagai M, et al. Current implementation of digital dentistry for removable prosthodontics in us dental schools. *Int J Dent*. 2022;2022:7331185.
33. Kattadiyil MT, Jekki R, Goodacre CJ, Baba NZ. Comparison of treatment outcomes in digital and conventional complete removable dental prosthesis fabrications in a predoctoral setting. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2015;114(6):818-25.
34. Houssaye Jean. *Le triangle pédagogique: les différentes facettes de la pédagogie*. 2e édition. Issy-les-Moulineaux: ESF éditeur; 2014. 155 p. (Pédagogies Références).

Webographie

1. Prof Innovant. Qu'est-ce que le triangle pédagogique de Jean Houssaye ? Prof Innovant. 31/01/2020 [consulté le 13 oct 2025]. Disponible sur : [https://www.profinnovant.com/quest-ce-que-le-triangle-pedagogique-de-jean-houssaye/Prof Innovant](https://www.profinnovant.com/quest-ce-que-le-triangle-pedagogique-de-jean-houssaye/Prof%20Innovant)
2. Dental France. Paralléliseur simple branche. Dental France. [consulté le 13 oct 2025]. Disponible sur : <https://www.dental-france.fr/produit/paralleliseur-simple-branche/>

Table des illustrations

<i>Fig. 1 : schéma illustrant la ligne guide, la zone de dépouille, la zone de contre-dépouille, le plan guide, le chemin d'insertion (iconographie personnelle).</i>	11
<i>Fig. 2: paralléliseur conventionnel TechDent</i>	12
<i>Fig. 3: technique de Randall [2]</i>	14
<i>Fig. 4: photographies de deux arcades totalement édentées présentant des exostoses osseuses (courtoisie du Dr Vandomme).</i>	15
<i>Fig. 5 : modèle numérique d'une arcade mandibulaire partiellement édentée présentant des tori linguaux (courtoisie du Dr Vandomme).</i>	15
<i>Fig. 6: modèle numérique d'une arcade partiellement édentée présentant des exostoses osseuses vestibulaires (courtoisie du Dr Vandomme).</i>	15

<i>Fig. 7: détermination des lignes de plus grand contour et zones de retrait avec le logiciel AiDENTAL Surveyor [6].....</i>	<i>16</i>
<i>Fig. 8: détermination de l'axe du modèle virtuel avec le logiciel AiDENTAL Surveyor [6].</i>	<i>16</i>
<i>Fig. 9 : modèle importé sur Meshmixer® présentant des contre-dépouilles antérieures (haut), diminuées au changement de l'axe d'insertion (bas) (iconographie personnelle).</i>	<i>18</i>
<i>Fig. 10 : représentation d'une coronoplastie soustractive (iconographie personnelle).....</i>	<i>19</i>
<i>Fig. 11 : représentation d'une coronoplastie additive (iconographie personnelle).</i>	<i>19</i>
<i>Fig. 12 : photographie endobuccale de l'arcade maxillaire (haut) et photographie endobuccale des deux arcades (bas) présentant de larges exostoses osseuses palatines et vestibulaires [26].....</i>	<i>21</i>
<i>Fig. 13 : photographies endobuccales de la chirurgie d'exérèse des exostoses osseuses à l'arcade maxillaire, et photographie des pièces osseuses retirées [26].</i>	<i>22</i>
<i>Fig. 14 : photographie endobuccale de l'arcade maxillaire (haut) et photographie endobuccale des 2 arcades (bas), après la chirurgie [26].</i>	<i>22</i>
<i>Fig. 15 : le triangle de la pédagogie selon J.Houssaye.</i>	<i>24</i>
<i>Fig. 16 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - interface d'accueil.</i>	<i>26</i>
<i>Fig. 17 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - sélection du fichier à importer.</i>	<i>26</i>
<i>Fig. 18 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - application du filtre.</i>	<i>27</i>
<i>Fig. 19 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - sélection de la fonction « Overhangs ».</i>	<i>27</i>
<i>Fig. 20 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - mise en évidence.</i>	<i>28</i>
<i>Fig. 21 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - sélection de la fonction « Transform ».</i>	<i>28</i>
<i>Fig. 22 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - rotation du modèle.</i>	<i>29</i>
<i>Fig. 23 : capture d'écran de la vidéo « Mise en évidence des contre-dépouilles dentaires – Meshmixer® » - observation des valeurs de rotation.</i>	<i>29</i>
<i>Fig. 24 : QR code du tutoriel Meshmixer sur YouTube.</i>	<i>30</i>
<i>Fig. 25 : QR code du Google Drive contenant les fichiers STL.</i>	<i>30</i>

<i>Fig. 26 : modèle virtuel 1 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).</i>	32
<i>Fig. 27 : modèle virtuel 2 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).</i>	33
<i>Fig. 28 : modèle virtuel 3 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).</i>	35
<i>Fig. 29 : modèle virtuel 4 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).</i>	37
<i>Fig. 30 : modèle virtuel 5 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).</i>	38
<i>Fig. 31 : modèle virtuel 6 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).</i>	39
<i>Fig. 32 : modèle virtuel 7 avec contre-dépouilles en évidence (iconographie personnelle).</i>	42

Table des tableaux

Tableau 1 : résumé des différences entre techniques conventionnelle et numérique.....	15
---	----

Thèse d'exercice : Chir. Dent. : Lille : Année 2026 –

Tutoriel d'analyse numérique des zones de retrait à l'aide de Meshmixer® pour l'aide à la décision thérapeutique en Prothèse Amovible Partielle (PAP) à destination des DFGSO2 / **Lila HUYSMAN**. - p. (54) : ill. (32) ; réf. (34).

Domaines : Prothèse adjointe partielle, enseignement.

Mots

clés Libres : Prothèse amovible partielle ; pédagogie ; paralléliseur ; contre-dépouille ; zone de retrait ; simulation numérique ; Meshmixer® ; aide à la décision thérapeutique ; DFGSO2

Résumé de la thèse en français :

La conception et la pérennité d'une PAP repose en partie sur la détermination précise de l'axe d'insertion, dont dépendent la ligne guide ainsi que des zones de dépouille et de contre-dépouille. Traditionnellement, cette analyse est réalisée au moyen d'un paralléliseur mécanique, outil de référence en laboratoire. Avec le développement de la CFAO et des technologies numériques, il devient possible de simuler ce dispositif dans un environnement virtuel, offrant une visualisation 3D plus dynamique, reproductible et pédagogique. Cette thèse propose alors une simulation numérique du paralléliseur conventionnel appliquée à la prothèse amovible partielle, à l'aide du logiciel Meshmixer®. Elle vise à faciliter l'analyse des contre-dépouilles et la détermination de l'axe d'insertion par les étudiants en DFGSO2. À travers des tutoriels vidéo et des cas cliniques guidés, ce travail souligne l'intérêt pédagogique d'une simulation 3D gratuite, reproductible et accessible.

JURY

Président : Pr Marion Dehurtevent

Assesseurs : Dr Grégoire Mayer

Dr Jérôme Vandomme

Dr Denis Corentin