

UNIVERSITE DE LILLE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année de soutenance : 2024

THESE POUR LE

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

Présentée et soutenue publiquement le 12 mars 2024

Par Aristide, GUEVENOUX

**Les réparations de crochets coulés et l'adjonction de
dents prothétiques sur prothèse amovible partielle à
infrastructure métallique.**

JURY

Président :	Monsieur le Professeur Philippe BOITELLE
Assesseurs :	Monsieur le Docteur Jérôme VANDOMME
	Monsieur le Docteur Virgile MODAINE
	<u>Monsieur le Docteur Philippe ROCHER</u>

Président de l'Université	:	Pr. J-C. CAMART
Directrice Générale des Services de l'Université	:	M-D. SAVINA
Doyen UFR3S	:	Pr. D. LACROIX
Directrice des Services d'Appui UFR3S	:	G. PIERSON
Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S	:	Pr. C. DELFOSSE
Responsable des Services	:	M. DROPSIT
Responsable de la Sclolarité	:	G. DUPONT

PERSONNEL ENSEIGNANT DE LA FACULTE.

PROFESSEURS DES UNIVERSITES :

P. BEHIN	Prothèses
T. COLARD	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
C. DELFOSSE	Responsable du Département d'Odontologie Pédiatrique Doyen de la faculté d'Odontologie – UFR3S
E. DEVEAUX	Dentisterie Restauratrice Endodontie

MAITRES DE CONFERENCE DES UNIVERSITES :

K. AGOSSA	Parodontologie
T. BECAVIN	Dentisterie Restauratrice Endodontie
A. BLAIZOT	Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
P. BOITELLE	Prothèses
F. BOSCHIN	Responsable du Département de Parodontologie
E. BOCQUET	Responsable du Département d' Orthopédie Dento-Faciale
C. CATTEAU	Responsable du Département de Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.
X. COUTEL	Biologie Orale
A. de BROUCKER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
M. DEHURTEVENT	Prothèses
T. DELCAMBRE	Prothèses
F. DESCAMP	Prothèses
M. DUBAR	Parodontologie
A. GAMBIEZ	Dentisterie Restauratrice
F. GRAUX	Endodontie
	Prothèses
P. HILDELBERT	Responsable du Département de Dentisterie Restauratrice Endodontie
C. LEFEVRE	Prothèses
J.L. LEGER	Orthopédie Dento-Faciale
M. LINEZ	Dentisterie Restauratrice
	Endodontie
T. MARQUILLIER	Odontologie Pédiatrique
G. MAYER	Prothèses
L. NAWROCKI	Responsable du Département de Chirurgie Orale
	Chef du Service d'Odontologie A. Caumartin - CHRU Lille
C. OLEJNIK	Responsable du Département de Biologie Orale
W. PACQUET	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
P. ROCHER	Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
L. ROBBERECHT	Dentisterie Restauratrice Endodontie
M. SAVIGNAT	Responsable du Département des Fonction-Dysfonction, Imagerie, Biomatériaux
T. TRENTESAUX	Odontologie Pédiatrique
J. VANDOMME	Responsable du Département de Prothèses

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.

Remerciements

Monsieur le Professeur Philippe BOITELLE

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Section de Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Habilitation à Diriger des Recherches (Université de Lille)

Docteur de l'Université Paris 13, Sorbonne Paris Cité. Spécialité : Mécanique des matériaux.

Master 2 recherche Biologie et Santé, mention Biologie cellulaire et biologie quantitative – Université Lille2

Maîtrise de Sciences Biologiques et Médicales – Université Lille2

CES d'Odontologie Prothétique option Prothèse fixée – Université Paris Descartes

Prix 2006 Annual Scholarship Award for outstanding academic achievements in dentistry – Pierre Fauchard Academy Foundation – New-York – U.S.A

Responsable du Département de Prothèses

Responsable de l'Unité Fonctionnelle de Prothèse

Responsable du DU Biomimétique, Esthétique et Numérique (Lille)

Chargé de mission à la Formation Continue

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

Monsieur le Docteur Virgile MODAINE

Chef de Clinique des Universités – Assistant Hospitalier des CSERD

Section de Réhabilitation Orale

Département Prothèses

Docteur en Chirurgie Dentaire

Monsieur le Docteur Philippe ROCHER

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier

Section de Réhabilitation Orale

Département Sciences Anatomiques

Docteur en Chirurgie Dentaire

Docteur en Odontologie de l'Université de Lille2

Maîtrise des Sciences Biologiques et Médicales

Diplôme d'Etudes Approfondies de Génie Biologique et Médicale - option
Biomatériaux

Diplôme Universitaire de Génie Biologique et Médicale

Certificat d'Etudes Supérieures de Biomateriaux

Table des matières

1	Introduction :	12
2	Les différentes parties d'une prothèse amovible partielle à infrastructure métallique :	13
2.1	Les différents types de crochets :	14
2.1.1	Présentation des différentes parties du crochet métallique :	15
2.1.2	Crochets à jonction proximale :	18
2.1.3	Les crochets à jonction linguale :	19
2.1.4	Crochets à jonction vestibulaire :	20
2.2	Les matériaux à employer pour la conception des crochets coulés :	20
2.2.1	L'alliage cobalt-chrome :	21
2.2.2	Le titane :	24
2.2.3	L'alliage nickel-chrome :	24
2.3	Les dents artificielles sur PAPIM :	25
2.3.1	Les dents en résine :	25
2.3.2	Les dents en porcelaine :	27
3	Les fractures de crochets coulés sur PAPIM et pertes de dents prothétiques :	29
3.1	Les principales causes de fracture :	30
3.1.1	Les fractures faisant suite à un impact :	30
3.1.2	Les fractures dites de fatigue :	30
3.2	Objectifs de la réparation :	31
3.3	Les techniques de laboratoire de réparation de crochets coulés :	32
3.3.1	La fabrication des pièces métalliques :	32
3.3.2	Sablage :	39
3.3.3	Dégrossissage :	39
3.3.4	Assemblage :	39
3.3.5	Rectification :	46
3.3.6	Surfaçage :	46
3.3.7	Finition :	46
3.3.8	Superfinition par polissage :	46
3.3.9	Lustrage et brillantage :	46
3.4	Les techniques de laboratoire de réparation ou adjonction de dents prothétiques sur PAPIM :	47
3.4.1	La réparation d'une dent prothétique sur PAPIM :	47
3.4.2	Adjonction de dents prothétiques sur PAPIM :	48
4	Guide clinique pour les réparations de crochets métalliques et réparations/adjonctions de dents :	49
4.1	Le premier temps au cabinet dentaire :	49

4.1.1	Définir les causes et la localisation de la fracture :	49
4.1.2	Choix du porte-empreinte :	50
4.1.3	Choix des matériaux pour la réalisation de l'empreinte de situation : ...	51
4.1.4	De la réparation de crochet coulé à la dent artificielle : la surempeinte à l'alginate	54
4.2	Les étapes au laboratoire de prothèse :	57
4.2.1	Exemple d'une réparation de crochet par soudure laser :	57
4.2.2	Exemple de réparation d'un groupe de dents sur PAPIM :	60
4.2.3	Exemple d'adjonction d'une dent sur PAPIM en réalisant les éléments métalliques par CFAO et l'assemblage par soudure laser :	69
4.3	Le deuxième temps au cabinet dentaire :	77
4.3.1	Contrôle de la réparation hors bouche :	77
4.3.2	Essayage de l'armature et de l'adaptation des crochets :	78
4.3.3	Réglage de l'occlusion :	80
5	Conclusion :	82
6	Bibliographie :	83
7	Webographie :	85
8	Table des figures:	86
9	Table des tableaux :	89
10	Annexes :	90

1 Introduction :

La fracture de crochet coulé ou la perte d'une dent ou d'un groupe de dents prothétiques sur une prothèse amovible partielle à infrastructure métallique (PAPIM) fait partie intégrante des motifs de consultation d'urgence au cabinet.

C'est une situation problématique autant pour le patient que pour le praticien, l'un souhaitant retrouver au plus vite sa prothèse fonctionnelle voire esthétique et l'autre devant planifier au mieux les séances pour répondre à la demande urgente du patient.

Ainsi, cette thèse a pour objectif de fournir les outils nécessaires au praticien afin de mieux intégrer les différents aspects de la réparation prothétique que ce soit au cabinet ou au laboratoire de prothèse.

Dans une première partie, seront exposés les grands principes de la prothèse amovible partielle à infrastructure métallique.

Dans une deuxième partie nous verrons les causes des fractures des crochets sur prothèses amovibles à infrastructure métallique et de la perte des dents prothétiques, les objectifs d'une réparation et ce qu'elle implique à la fois pour le praticien mais aussi pour le patient.

Dans une troisième partie, nous présenterons un guide clinique à visée pédagogique reprenant les différentes étapes au cabinet et au laboratoire des réparations de crochets par soudure laser et des réparations et adjonctions de dents prothétiques.

2 Les différentes parties d'une prothèse amovible partielle à infrastructure métallique :

La prothèse amovible partielle à infrastructure métallique (PAPIM) est constituée de plusieurs parties (fig.1) [1] :

- L'infrastructure métallique (armature)
- Crochets coulés
- Selles prothétiques
- Connexion
- Dents artificielles



Figure 1: Composants métalliques d'une PAPIM [1].

Dans le cadre de cette thèse, seuls les crochets et les dents artificielles seront détaillés.

Le défi de la mise en place de prothèses amovibles partielles est de restaurer la fonction, l'esthétique et le confort tout en minimisant les forces potentiellement dommageables pour les dents piliers et les tissus de soutien.

2.1 Les différents types de crochets :

Les forces en prothèse amovible sont régies par « la triade d'Housset » qui décrit trois grands principes [2] :

- Stabilisation : réaction s'opposant aux forces tendant à faire subir à la prothèse des mouvements de translation horizontale ou de rotation sur la prothèse.
- Sustentation : réaction s'opposant aux forces axiales (dans l'axe) tendant à enfoncer la prothèse dans ses tissus d'appui.
- Rétention : réaction s'opposant aux forces axiales qui ont tendance à éloigner la prothèse des tissus qui la soutiennent.

Les crochets métalliques interviennent dans cette « triade d'Housset » (fig.2) [2] respectivement par :

- La loquette d'appui (appelé aussi taquet occlusal) : sustentation.
- Le bras du crochet.

On distingue :

- Le bras de calage : stabilisation.
- Le bras de rétention :
 - Les deux premiers tiers : stabilisation.
 - Le dernier tiers externe : rétention.

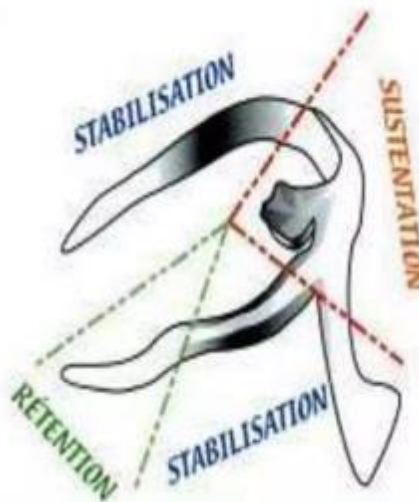


Figure 2: Schéma de la répartition des forces sur un crochet coulé [2].

2.1.1 Présentation des différentes parties du crochet métallique :

- **Le bras de calage :**
 - La dimension est de 2 mm d'épaisseur et se situe dans le premier tiers de la couronne en hauteur.
 - Situation : de part et d'autre de la ligne guide.

Lors de la fracture d'un bras de calage, il faut bien analyser ses dimensions afin de déterminer si le prothésiste a bien respecté une épaisseur suffisante de 2mm lors de la réalisation des préformes.

Ainsi, le bras de calage est une partie du crochet qui doit d'être massive et indéformable.

- **Le bras de rétention** est constitué de deux parties :
 - Une partie rigide sustentatrice et stabilisatrice pour ses deux premiers tiers.
 - Une partie flexible dans sa portion terminale par laquelle il assure la rétention (avec ses quelques millimètres (1/3 terminal) passant sous la ligne guide dans une zone de retrait).
- **La potence** (connexion) permet la jonction entre le crochet et le reste de l'infrastructure métallique. Elle subit des contraintes importantes, sa dimension ne doit donc pas être négligée.
- **Le taquet d'appui** : il s'agit d'un élément rigide situé sur la face occlusale, dans un dégagement appelé « logette d'appui » réalisé sur la dent support. La fonction principale d'un appui occlusal est de servir de support vertical à la PAPIM pour résister au mouvement vers le tissu. Il fournit également le placement positionnel et la reproductibilité pour tous les autres composants de la PAPIM (fig.3) [2].



Figure 3: Schéma des différentes parties d'un crochet [2].

La logette d'appui qui va recevoir le taquet d'appui se doit de respecter plusieurs éléments :

- La logette d'appui doit être aménagée selon la règle des trois tiers, en vue occlusale.
- Pour les prémolaires : au niveau du tiers médian dans le sens vestibulo-lingual et au niveau du tiers mésial ou distal.
Pour les molaires : d'un quart de la longueur mésiodistale des molaires.
Pour les incisives ou canines le diamètre est moindre, le taquet d'appui se loge au niveau de la partie la plus horizontale du cingulum.
- Présenter un angle de 90 degrés entre son plancher et sa paroi proximale afin de mieux diriger les forces verticales dans l'axe longitudinal de la dent.
- Avoir un plancher orienté vers le centre de la dent.
- Présenter une ouverture d'angle en fonction de la position du bras de calage et de rétention.
- Disposer d'une profondeur suffisante, pour permettre au taquet d'appui d'atteindre une épaisseur minimale de 1,5 mm au taquet d'appui, cela assure la rigidité de celui-ci sans toutefois créer d'interférence occlusale.
- Toute préparation doit être exempte d'angles vifs avec une finition lisse.

Les fractures se produisent souvent au niveau des crêtes marginales. Lorsque le dégagement occlusal (logette d'appui) n'est pas suffisant, les taquets réalisés sont trop fins et donc trop fragiles.

En effet, le technicien de laboratoire est contraint de les amincir ou s'il en réalise d'épaisseur satisfaisante, ils sont ensuite amincis par le praticien car ils interfèrent en occlusion.

Par conséquent, il faut réaliser un dégagement occlusal suffisant au niveau des crêtes marginales.

Particularité pour les canines :

Les supports de cingulum peuvent être préparés sur des dents antérieures avec un cingula anatomique distinct, qui sont généralement limités aux canines maxillaires. Un siège de repos cingulum est préparé dans la plus grande étendue incisale du cingulum où il y a une masse d'émail, pas au-dessus du cingulum (fig.4) [1].

Ces supports doivent :

- Avoir une épaisseur adéquate : au moins 1 mm au centre et effilés à mesure qu'ils s'éloignent du centre.
- Toutes les contre-dépouilles créées au-dessus de la préparation du reste doivent être supprimées avec prudence.

Une cause fréquente de défaillance de l'armature est la fracture de repos à la jonction entre la logette d'appui et la surface proximale. Une épaisseur minimale de métal de 1,5 mm est préconisée pour prévenir ce type de complication.

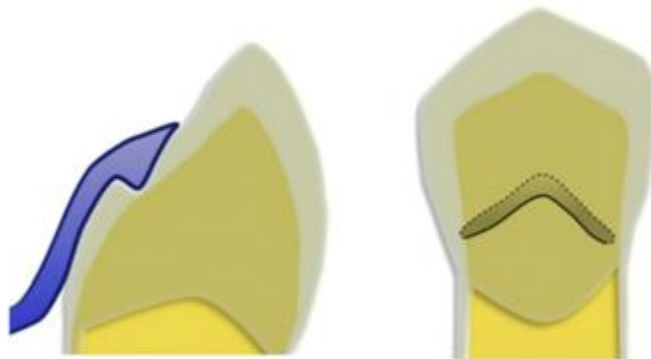


Figure 4: Emplacement idéal et préparation d'un repos cingulaire [1].

Les crochets coulés peuvent être classés en fonction de leur jonction en trois catégories :

- Jonction proximale,
- Jonction linguale,
- Jonction vestibulaire,

2.1.2 Crochets à jonction proximale :

Ils sont reliés à l'armature au niveau des grilles, assurant ainsi le contact proximal entre la prothèse et la dent support.

- Crochet ACKERS :

Il se compose d'un appui occlusal qui se termine par la connexion secondaire sur la face proximale du côté de l'édentement, d'un bras rétentif vestibulaire flexible, et d'un bras de calage palatin ou lingual. Son indication sera pour les édentements encastrés (fig.5) [3].



Figure 5: Crochet Ackers [3].

- Crochet ANNEAU :

Il est en forme d'anneau ouvert dans l'angle mésio-vestibulaire ; il est constitué d'un bras rigide et de deux appuis occlusaux (mésial et distal). Il sera indiqué pour les molaires isolées dans le cas d'édentement encastrés (fig.6) [4].



Figure 6: Crochet Anneau [4].

2.1.3 Les crochets à jonction linguale :

Ces crochets sont reliés à l'armature du côté lingual ou palatin.

- Crochet NALLY-MARTINET :

Ce crochet comprend un seul bras qui part de la potence et ceinture les trois quarts de la dent pour se terminer par une extrémité rétentive dans l'angle mésio-vestibulaire ; son appui occlusal sera toujours en situation mésiale. Il est indiqué sur les canines et prémolaires dans les édentements postérieurs en extension (fig.7) [3].



Figure 7: Crochet Nally-Martinet [3].

- Crochet BONWILL :

Appelé également « Crochet cavalier » car il franchit l'arcade, il correspond à la fusion de deux crochets ACKERS au niveau de leurs appuis occlusaux (fig.8) [4].

Il comprend :

- 2 appuis occlusaux,
- 2 bras de rétention,
- 2 bras de calage,

Il est indiqué dans les classes VI, II et IV de grande étendue de Kennedy-Appelgate.



Figure 8: Crochet Bonwill [4].

2.1.4 Crochets à jonction vestibulaire :

- Le système ROACH (ou BONYHARD) :

Le bras rétentif à point de départ gingival séparé de l'appui occlusal et du bras de calage. On décrit différentes forme (T, Y, I). Ces crochets s'utilisent surtout sur les dents pour lesquelles les bras d'un crochet iraient trop loin sur la partie visible de la dent. On les utilise également sur les dents d'ancrage versées ou égressées afin de pouvoir positionner leurs parties visibles très bas sur la dent (fig.9) [3].



Figure 9: Crochet Roach sur 43 [3].

2.2 Les matériaux à employer pour la conception des crochets coulés :

Les biomatériaux métalliques employés en prothèse dentaire sont tous, à l'exception du titane "commerciallement pur", constitués d'un mélange de plusieurs métaux purs qui forment un alliage. Il est d'usage de distinguer les alliages "nobles", à base d'or ou de palladium, présentant une stabilité thermodynamique élevée, des alliages "non nobles", à base de nickel ou de cobalt, chimiquement plus réactifs [5].

Les matériaux les plus couramment retrouvés sont le :

- Cobalt-chrome,
- Titane,
- Nickel-chrome,

Il est impératif de respecter la norme NF EN ISO 22674 spécifique aux matériaux métalliques, pour les restaurations fixes ou amovibles et les appareillages. Cette norme spécifie les exigences applicables à ces matériaux en termes de composition, de biocompatibilité, de propriétés mécaniques, de marquage et d'instructions.

2.2.1 L'alliage cobalt-chrome :

C'est l'alliage le plus souvent utilisé dans la conception des crochets en PAPIM. En effet il présente plusieurs avantages [5] :

- Résistance à la corrosion,
- Durabilité et dureté,
- Biocompatibilité,
- Légèreté,
- Confort,

La composition des alliages cobalt-chrome :

- 60 à 70% de cobalt,
- 15 à 30% de chrome,
- 5 à 6% de molybdène,

2.2.1.1 Propriétés physiques des alliages cobalt-chrome :

- La densité :

La densité d'un corps est le rapport entre le poids spécifique de la matière qui le constitue et son volume. Le poids spécifique ou densité est mesuré en g/cm³. La densité des alliages cobalt-chrome est d'environ 8g/cm³.

- L'intervalle de fusion :

Il est déterminé par deux températures :

- La plus basse, appelée solidus, où le métal est à l'état solide.
- La plus élevée, appelée liquidus, où le métal est à l'état liquide.

Il existe un état intermédiaire entre les deux températures, l'état pâteux, dans un intervalle de 30°C à 150°C où l'on trouve des particules à l'état liquide et d'autres à l'état solide. L'intervalle de fusion se situe entre 1200°C et 1450°C pour les alliages non précieux. Il peut être modifié par l'adjonction de certains éléments (bore, silice, gallium, béryllium) [6].

- La température de coulée :

C'est la température qui permet d'atteindre l'état liquidus, présentant un état liquide complet.

La température de coulée dépasse de 50°C à 150°C la température de liquidus de l'alliage afin de parfaitement remplir le cylindre de coulée. Elle se situe entre 1300°C et 1600°C.

- Le coefficient de dilatation thermique :

Il répond à la loi de la thermodynamique, lorsque la température d'un matériau augmente, l'espace interatomique augmente également.
Il est compris entre 13,9°C et 14,8°C.

- Le retrait de coulée :

Il est compris entre 2% et 2,3%, on peut aujourd'hui trouver des alliages à 1,5%.

- La conductivité thermique :

Il s'agit de l'aptitude d'un corps à conduire la chaleur. Elle est deux fois moins élevée que pour les alliages précieux.

2.2.1.2 Propriétés mécaniques des alliages cobalt-chrome :

- Limite élastique :

Elle correspond à la force nécessaire pour atteindre la limite entre une simple déformation élastique et une déformation plastique définitive. La déformation élastique permet un retour à la forme originale après suppression des forces exercées [7]. Une déformation plastique est définitive.
Pour l'alliage cobalt-chrome elle se situe entre 495 et 690 Mégapascal (MPa).

Dans le cas d'une infrastructure métallique, on recherchera une limite élastique élevée afin d'éviter toute déformation plastique.

Une déformation plastique suivie d'une fracture peut parfois rendre la réparation impossible car le praticien peut se trouver dans l'incapacité de replacer la prothèse dans sa position d'origine.

- Allongement à la rupture :

Cela correspond à l'élongation maximum d'un matériau précédant sa propre rupture. Par l'augmentation des forces exercées, la fracture correspond à un état d'avancement de la déformation plastique. Aussi appelé flexibilité ductile, il est donné en pourcentage (%).

Pour le cobalt-chrome, l'allongement à la rupture est situé entre 1,5% et 10%.

- Module d'élasticité :

Le module d'élasticité est la mesure de la résistance d'un matériau soumis à une déformation élastique. Plus un matériau est rigide, plus son module d'élasticité est élevé, et donc plus grande est la force nécessaire à sa déformation. Il est donné en Gigapascal (GPa). La valeur du module d'élasticité est déterminée par la force nécessaire à une élongation de 0,2%.

Pour une infrastructure métallique, l'idéal est d'avoir un module d'élasticité élevé pour éviter d'avoir des composantes trop flexibles. Il est situé entre 186 et 228 (GPa).

- Dureté Vickers :

La dureté Vickers correspond à la dureté de surface, à la résistance à l'abrasion, à l'usure ou à la pénétration d'un matériau par un autre. Plus la valeur est élevée, plus la surface est dure et résistante à la pénétration. Le degré de dureté est donné en Hardness Vickers (HV). La dureté est située entre 120 et 420 HV pour les alliages dentaires.

Elle est située entre 300 HV et 380 HV pour les alliages cobalt-chrome.

- Résistance à la traction :

Elle se définit comme la contrainte maximale atteinte durant l'essai de traction. Les matériaux fragiles n'ont pas de domaine de déformation plastique, leurs limites élastiques et leurs résistances à la traction sont alors confondues.

La résistance minimale à la traction des alliages cobalt-chrome est de 800 MPa.

2.2.1.3 Propriétés biologiques et de surface :

- Résistance à la corrosion :

La corrosion désigne l'altération d'un matériau par réaction chimique avec un oxydant. La corrosion des métaux est dans la grande majorité des cas, une réaction électrochimique (une oxydo-réduction). Cette réaction s'établit entre l'alliage et son milieu.

Les alliages cobalt-chrome ont une résistance à la corrosion très importante notamment dans le milieu salivaire. Ils ont un meilleur comportement en bouche que les aciers inoxydables. Certains éléments d'addition tels que le molybdène limitent la corrosion.

- Couche d'oxyde :

Pour les alliages non précieux, cette couche a un intérêt en métallurgie, elle est quasiment systématique sur tous les alliages lors de la coulée.

- Biocompatibilité :

Il affiche une tolérance comparable à celle des alliages les plus nobles. Il n'y a pas d'étude démontrant une possible augmentation des risques de mutagénicité ou de cancérogénicité chez l'homme.

La majorité des cas de manifestations allergiques provoquées par les alliages prothétiques mettent en cause les aciers nickel-chrome et cobalt-chrome, puisque le nickel, le chrome et à un moindre degré, le cobalt, font partie des éléments reconnus comme les plus sensibilisants.

Dans la littérature on ne dénombre que de rare cas d'allergie pour les alliages cobalt-chrome par rapport aux alliages nickel-chrome.

2.2.1.4 Nouvelle réglementation européenne pour le cobalt :

Le règlement européen REACH [8] (Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) pour mieux protéger la santé humaine et l'environnement est entré en vigueur le 1^{er} juin 2007 et a rattaché le Cobalt en 2020 au groupe CMR (Cancérigène, Mutagène, Toxique pour la reproduction). Cette réglementation s'appliquera progressivement de 2017 à 2025 pour le cobalt classé dorénavant C1B, M2, R1B (1A pour danger avérés et 1B pour danger présumé).

Après le 27 mai 2025 le nouveau règlement des dispositifs médicaux s'appliquera et le Cobalt sera interdit car classé CMR 1B.

Ces changements auront un grand impact socio-économique sur la fabrication des dispositifs. En ce qui concerne les PAPIM, aucun matériau pleinement satisfaisant n'existe pour l'instant.

2.2.2 Le titane :

Le titane "commercialement pur", composé de plus de 99,5 % de métal est réservé aux techniques de coulée de précision à cire perdue et aux procédés de conception et fabrication par ordinateur (CFAO) [5].

Les alliages de titane possèdent une résistance à la corrosion exceptionnelle. Leur légèreté (4,3 gramme/centimètre cube (g/cm³) pour le titane, contre 7,9 g/cm³ pour l'acier) et leur grande résistance mécanique sont également des atouts majeurs.

Leur utilisation est de plus en plus fréquente et ce, malgré leur coût élevé.

2.2.3 L'alliage nickel-chrome :

Cet alliage est de moins en moins utilisé en raison d'allergies au nickel. Dans les pays occidentaux, entre 8 et 10 % de la population présentent une allergie au nickel [5].

2.3 Les dents artificielles sur PAPIM :

Les dents artificielles en prothèse amovible conditionnent la réussite finale du traitement et participent à la bonne intégration de celui-ci.

Leur rôle est non seulement de remplacer les dents naturelles absentes sur l'arcade, restituant l'intégrité esthétique du patient, mais encore de participer au rétablissement des fonctions perturbées ou disparues (mastication, phonation, déglutition).

On retrouve deux types de matériaux [9] :

- Origine organique : dérivés de matériaux polymériques telles que les résines acryliques ou composite.
- Origine minérale : telle que la porcelaine.

2.3.1 Les dents en résine :

2.3.1.1 Les résines acryliques :

Elles sont préparées avant cuisson par mélange d'un monomère liquide avec un polymère (fig.10) [10] :

- Monomère liquide : acide acrylique (fig1) ou acide méthacrylique.
- Polymère : polyméthacrylate de méthyle ou PPMA. Le polymère est obtenu à partir du monomère méthacrylate de méthyle par chauffage sous pression.



Figure 1 Acide acrylique.



Figure 2 Acide méthacrylique.

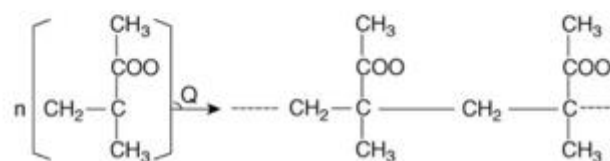


Figure 10: Schéma de la polymérisation par chauffage du méthacrylate de méthyle [10].

L'ajout d'un agent de réticulation va permettre l'obtention d'un réseau organisé tridimensionnel et donc d'augmenter la résistance mécanique des résines. Le plus souvent, c'est un diméthacrylate qui sera employé.

Enfin, l'usage d'oxydes métalliques comme agents de pigmentation permet de caractériser les différentes teintes commerciales (fig.11) [9]. Par exemple :

- Brun : Oxyde de fer,
- Rouge : Oxyde de fer,
- Gris : Graphite,
- Bleu : Oxyde de cobalt,

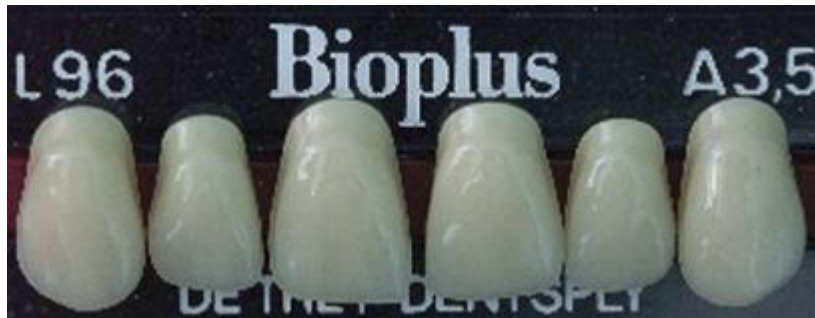


Figure 11: Groupe incisivocanin Bioplus (De Trey Dentsply) en résine Inpen [9].

2.3.1.2 Les résines composites :

Les résines composites (fig.12) sont un mélange :

- De charges, inorganiques.
- D'un agent de couplage, le silane, assurant la liaison chimique des charges à la matrice de polymères.

Les polymères sont ceux des matériaux composites, comme le diméthacrylate d'uréthane ou UDMA, oligomère conventionnel des composites de restauration. Le taux de réticulation des résines composites est très élevé.

Avantages des dents artificielles en résine :

- Facilité d'utilisation,
- Faible coût,
- Liaison chimique avec la base résine,
- Dureté inférieure aux dents antagonistes (donc pas de risques d'abrasion de celles-ci),
- Equilibration et polissage facilité au fauteuil,
- Dent non sonore,

Inconvénients des dents artificielles en résine :

- Résistance à l'usure faible (risque de perte de dimension verticale, d'égression des antagonistes),
- Retouches occlusales peu précises,
- Sensibilité aux fluides dentaires (colorations possibles),
- Dissolution de la résine sur le long terme,
- Efficacité masticatoire,



Figure 12: Groupe cuspidé Orthosit (Ivoclar) en résine Isosit. Iconographie personnelle.

2.3.2 Les dents en porcelaine :

Moins utilisées que les dents en résine, les dents prothétiques en porcelaine présentent des qualités mécaniques largement supérieures qui permettent d'assurer à long terme la pérennité de la construction prothétique (fig.13).

Concernant sa composition on retrouve :

- Le feldspath : représente une proportion massique de 80 à 98 % du composé final.
- Le kaolin : présent de façon inconstante sert essentiellement de liant lors de la préparation des pâtes.
- La silice sous forme cristallisée (quartz) améliore la résistance mécanique du composé final.

La porcelaine utilisée pour la réalisation de dents prothétiques est une porcelaine de type haute fusion, cuite à une température de 1 300°C à 1 350 °C.

Ceci permet de diminuer la solubilité de la céramique et d'augmenter sa résistance.

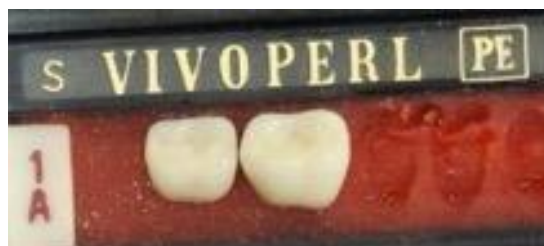


Figure 13: Dents en porcelaine. Iconographie personnelle.

Ensuite, on peut procéder à l'adjonction des colorants souhaités : la teinte de base de la porcelaine est blanche et translucide.

Comme pour la résine, les colorants sont généralement des oxydes métalliques qui peuvent être par exemple :

- Jaune : oxyde de vanadium, ou de titane et de chrome associés,
- Rouge : or colloïdal,
- Noir et brun : oxyde de fer,
- Bleu : oxyde de cobalt,
- Gris : oxyde de nickel,
- Vert : oxyde de chrome,

Les avantages et les inconvénients des dents en porcelaine découlent essentiellement de leurs propriétés mécaniques, de loin supérieures à celles des dents en résine.

- Avantages :
 - Esthétique correcte initialement et dans le temps grâce au bon comportement de la céramique en milieu buccal.
 - Maintien de la dimension verticale d'occlusion.
 - Résistance à l'abrasion autorisant sa mise en place face à tous les matériaux sans risque d'usure.
 - Conservation de l'efficacité masticatoire grâce à leur rigidité et à la conservation de la morphologie initiale dans le temps.
- Inconvénients :
 - Absence de liaison chimique avec la base en résine acrylique favorisant la coloration de l'interface dans le temps ou la perte de la dent artificielle.
 - Les dents du groupe incisivo-canin avec présence de crampons ou celles du groupe molaire ne peuvent être que légèrement corrigées par soustraction dans leur partie cervicale. Ceci peut empêcher le montage d'une dent en porcelaine en cas d'espace prothétique exploitable restreint (espace intercrête faible, articulé bas, selle de l'infrastructure métallique, attachement extracronaire ou intracronaire, dent sous-prothétique...).
 - Équilibration des prothèses terminées délicate
 - Difficultés à polir les dents ainsi modifiées.
 - Risque d'usure accélérée des dents antagonistes, naturelles ou même métalliques si l'état de surface final est insuffisant, la dureté de la porcelaine haute fusion étant de 30 % supérieure à celle de l'émail.
 - Dents « sonores » pouvant gêner certains patients.

3 Les fractures de crochets coulés sur PAPIM et pertes de dents prothétiques

Selon la définition du dictionnaire Larousse [11] : la fracture est une rupture avec effort entraînant une solution de continuité dans un corps.

On parle de fractures complexes sur prothèse amovible à infrastructure métallique car elles nécessitent obligatoirement l'intervention d'un prothésiste.

Dans cette catégorie on retiendra :

- Les fractures de crochets coulés nécessitant une soudure, une brasure ou un collage.
- Les fractures d'une dent prothétique ou d'un groupe de dents prothétiques.

Une étude réalisée par Behr M. and al. en 2012 menée sur 25 ans (de 1984 à 2009) a mis en évidence que le taux de survie à 10 ans des prothèses adjointes partielles (infrastructure métallique en cobalt-chrome pour la majorité) est de 89,8% [12].

Dans les échecs, on trouve des échecs biologiques (lésions parodontales et lésions carieuses) et des échecs mécaniques (fractures de crochets, fractures de connexions principales et secondaires, pertes de dents prothétiques, fracture de la résine acrylique) résumés sur le diagramme ci-dessous (fig.14) :

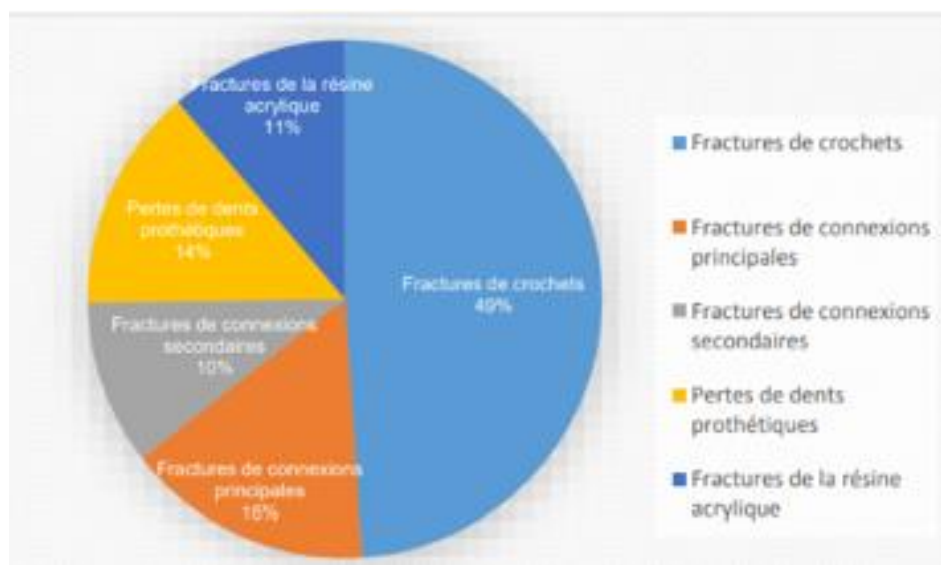


Figure 14: Répartition des échecs mécaniques des prothèses partielles en cobalt-chrome à 10 ans [12].

On observe d'après cette étude que l'échec mécanique le plus souvent rencontré est la fracture de crochets.

3.1 Les principales causes de fracture :

On distingue bien souvent deux types de fractures : celles faisant suite à un impact et celles dites de fatigue.

3.1.1 Les fractures faisant suite à un impact :

Elles surviennent après une chute de la prothèse amovible ou d'un choc important. Cette dernière est généralement attribuée à une négligence ou maladresse de la part du patient.

3.1.2 Les fractures dites de fatigue :

Elles font suite à un stress mécanique ou une erreur de fabrication lors de la réalisation de l'infrastructure métallique et peuvent être aggravées par un défaut de structure interne tel que la porosité, ou par une mauvaise conception (épaisseur, largeur, longueur, forme ou tracé incorrect de l'infrastructure métallique).

Ainsi, on distingue 3 acteurs principaux dans l'apparition de ces fractures :

➤ Le praticien :

- Mauvaise analyse/conception du plan de traitement.
- Mauvaise réalisation de l'empreinte avec présence de déformations des éléments anatomiques tissulaires et dentaires.
- Mauvaise préparation des surfaces dentaires (logettes d'appuis, surface de guidage).
- Manque de transmission d'informations au laboratoire pour guider la réalisation des éléments prothétiques.
- Manque de communication avec le patient concernant l'entretien de sa prothèse amovible, de son utilisation (insertion, désinsertion).

➤ Le laboratoire de prothèse qui doit respecter :

- Les bonnes instructions données par le praticien.
- Utilisation adéquate des matériaux.
- Utilisation d'un paralléliseur.
- Examen des surfaces dentaires afin de prévenir le praticien si elles sont insuffisantes.
- Examen minutieux des éléments prothétiques afin qu'ils ne présentent pas de défauts de structure, que l'épaisseur de métal soit suffisante (supérieure à 1.5mm).

➤ Le patient :

- Mauvaise utilisation de la prothèse amovible (insertion/désinsertion traumatique, déformation des crochets volontaire ou non).
- Chute de la prothèse entraînant une fracture d'impact.

Les causes les plus récurrentes de fracture de crochets sont :

- La flexion répétée au niveau d'une contre dépouille trop marquée (parfois c'est la dent qui est expulsée avant la fracture du crochet).
- Une défaillance de la structure interne du crochet (problème de coulée, épaisseur...).
- Une mauvaise manipulation du patient : chute accidentelle ou autre.

Les causes les plus récurrentes de pertes de dents artificielles sont :

- La chute de l'appareil provoquant la fracture voire l'expulsion de la dent de l'appareil.
- Mauvaise conception ou fabrication.
- Mauvaise adaptation de l'occlusion provoquant un déséquilibre et des pressions excessives sur certaines dents entraînant leur perte.

3.2 Objectifs de la réparation :

L'objectif de la réparation d'une prothèse adjointe est de rétablir au plus vite et de façon économique la fonction et l'esthétique.

Pour le patient, cette situation d'urgence aura un impact :

- Psychologique et socioculturel,
- Fonctionnel,
- Esthétique,

Pour le praticien, il faut analyser la situation et le type de fracture pour identifier immédiatement le type de plateau technique à employer, la planification des séances et le coût financier engagé.

En ce qui concerne la réparation d'une fracture d'un crochet coulé : une réparation d'urgence n'est généralement pas envisagée car le crochet fracturé doit être à nouveau fixé sur la PAPIM. Une étape de laboratoire s'impose.

Il en est de même pour la fracture d'une dent ou d'un groupe de dent. Le praticien peut les incruster à nouveau dans la résine via l'adjonction de résines photopolymérisables ou thermopolymérisables de façon transitoire mais cette solution n'est pas pérenne et nécessite un passage de la prothèse adjointe au laboratoire.

3.3 Les techniques de laboratoire de réparation de crochets coulés :

Nous distinguons différents procédés de mise en forme d'un matériau [13] :

- La fonderie : mise en forme à partir de l'état liquide.
- Le frittage : mise en forme à partir de l'état pulvérulent.
- L'électrodéposition : mise en forme à partir de sels d'alliages.
- Le façonnage : mise en forme à partir de l'état solide.

Le façonnage se divise en trois groupes :

- Assemblage : soudage, brasage.
- Formage : mise en forme sans enlèvement de matière.
- Usinage : mise en forme avec enlèvement de matière (fraisage, électro soustraction ...).

La réalisation d'une pièce prothétique métallique nécessite l'utilisation de plusieurs des procédés cités. Toutes les étapes exercent une influence sur la conception de la pièce prothétique et garantiront la longévité de la réparation du crochet métallique.

Une erreur dans la conception, la fabrication ou dans l'assemblage viendra compromettre la résistance de la réparation ou la solidité de la pièce prothétique métallique.

Ainsi, la succession de tous ces procédés constitue la « gamme de fabrication » de la pièce prothétique et se présentent de la façon suivante :

3.3.1 La fabrication des pièces métalliques :

3.3.1.1 Par méthode de la cire perdue :

Pour obtenir la pièce métallique voulue le prothésiste va convertir le modèle en cire du futur crochet coulé en une structure métallique en utilisant l'alliage approprié (généralement le cobalt-chrome).

3.3.1.1.1 Réalisation des crochets en cire :

Le prothésiste va modeler de la cire calcinable en respectant les tracés sur le modèle en plâtre.

D'abord, le profil en cire va être mis avec la pointe du crochet dans la zone de rétention et ensuite placé suivant le marquage (fig.15) [14].



Figure 15: Mise en place de la cire pour la conception du crochet en respectant les règles de marquage de la ligne guide [14].

Le prothésiste va employer des cires anatomiques préformées pour concevoir plus facilement les crochets (fig.16) [14]. Il est possible d'utiliser des cires non anatomiques.

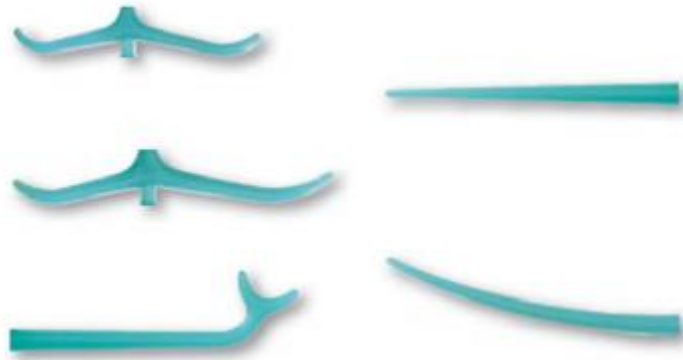


Figure 16: Cires profilées anatomiques [14].

3.3.1.1.2 Mise en revêtement (appelée aussi « mise en moufle ») :

Pour la coulée, des canaux de coulée d'un diamètre de 3,5 à 4 mm vont être utilisés (fig.17) [14]. La forme de canaux de coulée doit présenter un tracé harmonieux sans angles et la surface de la cire doit être très lisse. Ainsi le métal peut couler sans obstacles et des erreurs de coulée sont évitées.



Figure 17: Préformation des canaux de coulée [14].

A la fin du canal de coulée un entonnoir de coulée confectionné va être placé et avec les canaux de coulée être proprement recouvert de cire (fig.18) [14].



Figure 18: A gauche, mise en place des canaux de coulée et de l'entonnoir de coulée pour une PAPIM [14].; A droite, mise en place des canaux de coulée et de l'entonnoir de coulée pour un crochet Roach. Iconographie personnelle.

Puis, préparation du revêtement selon les données du fabricant et coulée du revêtement (fig.19) : c'est la mise en cylindre (à noter que bien souvent les laboratoires sont équipés de malaxeur automatisé sous vide).

La coulée du mélange doit être lente tout en utilisant un vibreur dont le niveau de vibration est défini par le fabricant.

Une vibration trop longue ou trop forte peut conduire à une précipitation du mélange de revêtement.



Figure 19: Coulée du revêtement pour la mise en cylindre. Iconographie personnelle.

3.3.1.1.3 Fonte et coulée de l'alliage :

Lorsque la prise totale du revêtement est terminée, on procède à la déshydratation du moule par une chauffe progressive à 300°C, puis en augmentant jusqu'à 700°C afin d'éliminer totalement la cire.

Le moufle doit avoir l'ouverture de l'entonnoir de coulée placée vers le bas (figure 20).

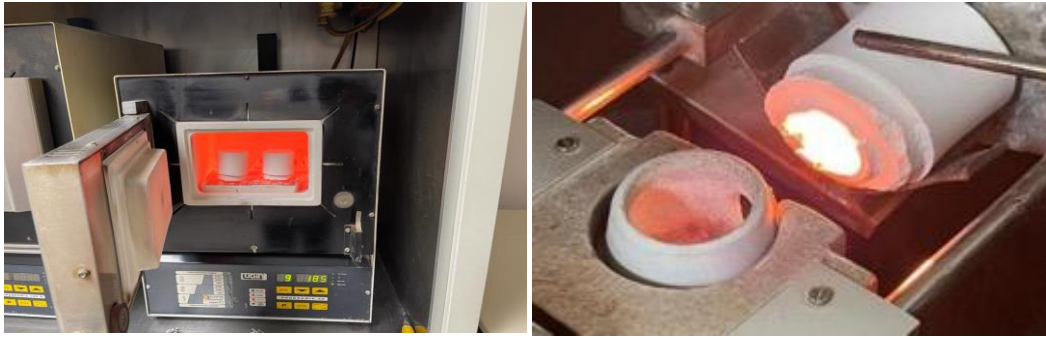


Figure 20 : Mise en place des moufles dans le four pour la cuisson. Iconographie personnelle.

Le chauffage des quatre côtés du four de chauffe garantit un chauffage régulier et rapide de tous les moufles. La température va être ensuite augmentée à une température de 900°C pour la coulée de l'alliage [15].

Le prothésiste retire le cylindre du four et va le placer dans une centrifugeuse. Parallèlement l'alliage est placé dans un creuset (fig.21) qui fait face au cône de coulée du cylindre et va être mis en fusion et injecté dans le moufle grâce à la force centrifuge de la centrifugeuse [16].

Le cobalt-chrome ayant une masse volumique faible, il faudra prévoir une quantité plus importante que nécessaire d'alliage pour obtenir lors de la centrifugation une pression d'injection suffisante et une bonne répartition des particules.

Deux principes peuvent être utilisés pour la fusion du cobalt-chrome :

- La fusion par combustion :
 - Torches gaz-air ou gaz-oxygène mais l'utilisation est délicate.
 - Chalumeaux (acétylène-air ou oxyacétylène) qui sont plus rapides.
- La fusion électrique :
 - Par résistance.
 - Par fronde à induction (la plus utilisée).
 - Par arc électrique.



Figure 21 : Mise en place de l'alliage dans le creuset. Iconographie personnelle.

Cette étape de coulée de l'alliage et de centrifugation sont des étapes clés dans la conception et la résistance des pièces métalliques. De nombreux défauts peuvent survenir tels que les porosités, retassures (défaut de fonderie), manque de matériau, déformations, etc.

De plus, il ne faut pas refroidir les moufles chaudes avec de l'eau froide, car ceci pourrait conduire à des tensions à l'intérieur de l'objet coulé et nuire à la précision dimensionnelle de la coulée.

3.3.1.1.4 Démoulage de la pièce coulée :

Il se fait généralement dans un box de grattage ou dans une sableuse adaptée afin d'éviter au prothésiste d'inspirer des poussières nuisibles à la santé (fig.22) [14].

C'est une première étape de démoulage « grossière » qui sera affinée par la suite manuellement avec des fraises de grattage et dans un appareil de sablage rotatif (utilisation d'une granulométrie de 250 micromètres).



Figure 22: Démoulage et grattage dans un box de grattage [14].

3.3.1.1.5 Dégrossissage et séparation de la tige de coulée du crochet :

A l'aide d'un « disque à tronçonner » renforcé de fibres de verre, le prothésiste vient séparer les tiges de coulée du futur crochet en découpant le métal à environ 1mm du crochet prothétique (fig.23).



Figure 23: Disque à tronçonner (à gauche) ; crochet métallique relié à la pièce de coulée avant découpe (à droite). Iconographie personnelle.

Ensuite, les reste des canaux de coulée peuvent être enlevés, lissés rapidement et efficacement à l'aide d'un disque abrasif.

Pour finir, à l'aide d'une fraise portant un corps abrasif fin les bords des crochets vont être ébarbés avec précaution.

Le traitement de zones difficiles à atteindre peut être réalisé via une fraise métallique à pointue dure.

Il est important de noter qu'à ce stade un examen minutieux du crochet doit être réalisé et il ne doit y avoir aucunes traces de porosités ou de manque de coulée. Dans le cas contraire, une nouvelle pièce doit être réalisée.

3.3.1.1.6 Finition et polissage :

Le polissage est réalisé avec des disques de polissage montés sur pièce à main (fig.24).



Figure 24: Disque de polissage monté sur pièce à main. Iconographie personnelle.

Un brillantage du crochet (fig.25) peut être réalisé par sablage à l'oxyde d'alumine (125 micromètres, pression de 3 à 4 bars) et en l'immergeant dans une solution d'électrolytes.

Pour éviter d'endommager le crochet on peut mettre en place sur l'extrémité de ses bras une laque de protection.



Figure 25: Crochet roach polit et brillanté. Iconographie personnelle.

3.3.1.2 Conception du crochet assistée par ordinateur :

De nombreux techniciens de laboratoire dentaire utilisent des scanners de laboratoire pour imager le modèle dentaire principal, puis utilisent un logiciel de conception pour concevoir numériquement le crochet (fig.26).

En effet, la CFAO (conception et fabrication assistée par ordinateur) est une technologie de plus en plus utilisée en dentisterie. Elle permet de réaliser des pièces prothétiques de façon plus précises et plus rapide que les méthodes traditionnelles ainsi que des formes plus complexes et plus fines. La conception de crochets par CFAO va donc s'imposer comme un outil nécessaire et incontournable dans la réparation de crochet pour PAPIM.

Les logiciels sont nombreux mais on retiendra notamment les suivants :

- 3Shape Dental System,
- Exocad,
- Dental Wings,
- NobelProcera,

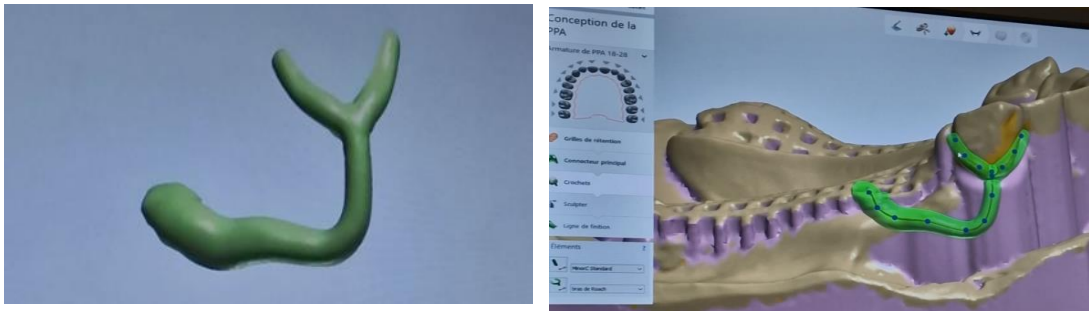


Figure 26: Conception numérique d'un crochet ROACH sur 43 après la fracture et perte du crochet de la PAPIM. Iconographie personnelle.

Ces modèles conçus numériquement s'avèrent avoir une précision et un ajustement similaires, sinon meilleurs, par rapport à ceux fabriqués par des méthodes traditionnelles.

De plus, cela apporterait une meilleure compréhension pour les étudiants en chirurgie dentaire de la conception des armatures et des crochets.

Après conception du crochet numériquement ce dernier va être usiné (fig.27 et 28).



Figure 27 : Crochet roach usiné. Iconographie personnelle.



Figure 28: Réalisation d'un « cran » qui forme une zone de rétention qui va faciliter le positionnement du crochet au niveau de la grille métallique. Iconographie personnelle.

3.3.2 Sablage :

Après la coulée, la pièce métallique est sablée afin d'éliminer toutes les impuretés et créer une texture appropriée pour l'adhésion des matériaux ultérieurs (lors du brasage ou de la soudure). C'est une étape cruciale pour l'assemblage des crochets.

3.3.3 Dégrossissage :

Appelée aussi « grattage », cette étape consiste à apporter des ajustements structurels pour s'assurer d'une bonne adaptation des crochets aux dents naturelles ou prothétiques.

3.3.4 Assemblage :

C'est l'étape clé d'intégration du crochet à l'infrastructure métallique. Elle doit être bien respectée car elle garantit la fiabilité et la durabilité de la réparation.

On retrouve trois grandes techniques d'assemblage : la soudure (laser), le brasage et le collage.

3.3.4.1 La soudure laser :

Le processus de soudure laser est une méthode de plus en plus répandue de réparation de crochet coulé sur PAPIM [13].

La soudeuse au laser (fig.29) est composée de plusieurs parties :

- D'un dispositif laser (light amplification by stimulated emission of radiation, amplification de la lumière par émission stimulée de radiations).
- De composants optiques guidant le faisceau.
- D'une zone de travail permettant la manipulation et le positionnement de la pièce à souder.



Figure 29: Soudeuse laser. Iconographie personnelle.

Le laser produit une onde lumineuse d'intensité qui sera focalisée en des points précis. En paramétrant la durée d'émission et l'intensité adéquates, la fusion de métaux peut être obtenue sur des zones extrêmement petites, sans risquer la propagation de modifications microstructurales alentour.

En utilisant cette technique, le prothésiste focalise le rayon au niveau de la jonction des deux pièces, de façon à faire fondre simultanément les deux surfaces opposées.

Il existe plusieurs critères de réussite pour obtenir une soudure solide et de qualité :

- Adaptation personnalisée de la soudeuse laser aux paramètres de l'alliage.
- Le faisceau laser doit pénétrer les trois quarts de la zone à souder.
- Une soudure trop solide constitue un noyau affaibli et une soudure insuffisamment forte soude seulement partiellement la zone, constituant un raccord faible. La qualité de la soudure est également affectée.

Le critère de réussite d'une « bonne soudure » est de comprendre comment l'armature se « gauchira » en fonction de l'emplacement et de la façon dont le faisceau laser sera appliqué. La chronologie de soudage est à respecter de façon à prévenir le gauchissement. Il faut diviser la zone à souder en quatre secteurs et souder dans un ordre précis :

1. Soudure d'un premier quart.
2. Soudure du quart opposé sur la diagonale, avec le même nombre de points de soudure pour chaque secteur.
3. Enfin, il faut sceller les intervalles entre les points de soudure. Pour s'assurer qu'aucune distorsion ne s'est produite, l'ajustage peut être vérifié sur le modèle.

Les étapes seront :

1. Préparation de la prothèse :

Celle-ci doit être nettoyée et préparée pour la réparation. Donc il ne doit rester aucunes saleté, résidus ou débris dans la zone de soudure. Cela assurera la qualité de la soudure.

2. Positionnement :

La partie à souder doit être soigneusement alignée avec la PAPIM.

3. Réglages Laser :

Le laser doit être parfaitement réglé en fonction des besoins spécifiques du matériau de la prothèse dentaire. Ainsi seront ajustés la puissance, la durée de l'impulsion, et la fréquence. Ces paramètres varient en fonction du métal utilisé.

4. Soudure :

Le laser chauffe rapidement la zone ciblée en faisant fondre le métal de la prothèse et créant ainsi une liaison solide entre les parties à souder.

5. Refroidissement :

Après la soudure la zone est refroidie lentement pour permettre au métal de se solidifier et de former une connexion solide. Cette étape est importante pour éviter toute déformation ou fissure potentielle.

6. Finition :

Cette étape supplémentaire est nécessaire pour polir et égaliser la surface de la prothèse dentaire et du crochet nouvellement soudé. Nous obtiendrons donc une finition lisse et esthétique cohérente avec le reste de la prothèse et améliorant sa pérennité.

Les avantages de cette technique sont :

- La précision,
- Minimisation des dommages thermiques,
- Liaisons solides,
- Rapidité,
- Esthétisme,

Les inconvénients :

- Coût de l'équipement : l'investissement dans ces machines est important mais permet de gagner du temps de laboratoire.
- Compatibilité des matériaux : dans certains cas les matériaux à souder ne sont pas compatibles et ne permettent pas d'employer cette technique.

En conclusion :

La soudure laser confère une résistance mécanique élevée ainsi qu'une précision de réparation accrue tout en minimisant au maximum les dommages des éléments adjacents.

En revanche, ce processus peut s'avérer plus coûteux.

3.3.4.2 Brasage :

En métallurgie, le brasage est le processus thermique qui permet de joindre deux pièces métalliques par un apport de métal, la brasure.

En dentisterie, on utilise un matériau d'apport compatible avec le métal de la prothèse amovible métallique. Il est bien souvent sous forme de fil, de pâte ou de poudre.

La liaison par brasage est réalisée par la création localisée d'un nouvel alliage : il y a diffusion entre le métal liquide et le métal solide de base. Dans un premier temps, le mouillage permet un rapprochement étroit entre les atomes qui échangent des électrons périphériques [13]. L'élévation de température favorise le mouvement des atomes qui vont ainsi former un nouveau composé de liaison par dissolution : c'est le phénomène de diffusion. Cela aboutit à la formation de zones caractéristiques : la zone médiane et la zone interfaciale.

L'importance relative de ces couches varie en fonction :

- De l'épaisseur du joint,
- De la température de brasage,
- Du temps de maintien à cette température,

L'intervalle de fusion de la brasure doit être inférieur à celui des parties à braser, en général de 100°C. Il est réglé par la composition de la brasure elle-même.

➤ Porosités (ou piqûres) :

La fusion de la brasure ne doit pas causer de porosité au niveau du joint (bien qu'il s'agisse d'un défaut fréquemment observé dans ces techniques d'assemblage).

Les porosités sont dues généralement à une technique incorrecte ou à une brasure contenant trop de métaux vils qui, surchauffés, se volatilisent, leurs vapeurs créant des piqûres. Les porosités sont également bien souvent liées à la distance ou à l'espace vide séparant les deux pièces à braser (fig.30) [13].

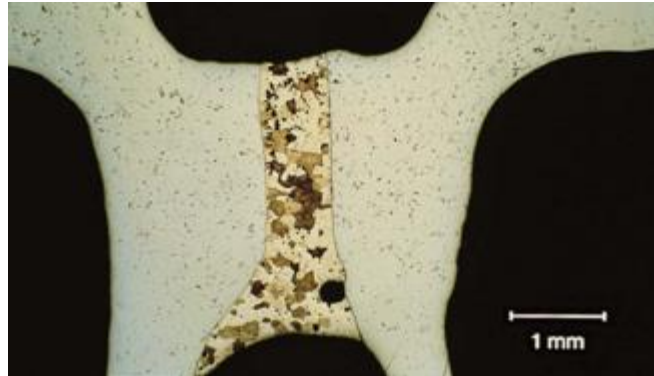


Figure 30: Formation de porosités de rétraction dans le métal d'apport en raison d'un interstice de brasage trop important [13].

➤ Composition des brasures :

Deux cas de figure se présentent : le brasage homogène ou le brasage hétérogène.

- Le brasage est homogène lorsque l'alliage de base et la brasure sont à base du même métal. C'est le cas des alliages précieux : les brasures d'alliages précieux sont à base d'or.
- Le brasage est hétérogène lorsque l'alliage de base et la brasure sont de nature différente. Cette solution est souvent proposée pour les alliages non précieux.

Malgré les progrès importants pour l'élaboration de brasures à base de nickel et d'or, le brasage des alliages non précieux provoque une oxydation et, par conséquence, une corrosion qui rend le résultat aléatoire.

Ainsi, pour l'assemblage des alliages non précieux, la méthode de soudage serait préférable. Afin de faciliter le choix de la brasure, les fabricants d'alliages établissent des tableaux de correspondance entre l'alliage de base et l'alliage d'apport. Ces tableaux tiennent compte de l'écart entre la température de brasage et la température de solidus de l'alliage.

Une appréciation correcte de la distance qui doit séparer les éléments à braser est importante pour empêcher les éventuelles déformations.

Cette distance est liée à trois facteurs :

- La dilatation thermique du revêtement pendant le chauffage.
- La dilatation thermique des pièces d'alliage.
- Le retrait de la brasure pendant sa solidification.

Un espace de l'ordre 0,05 mm à 0,20 mm paraît idéal pour favoriser l'aspiration par capillarité de la brasure dans la séparation (fig.31) [13].

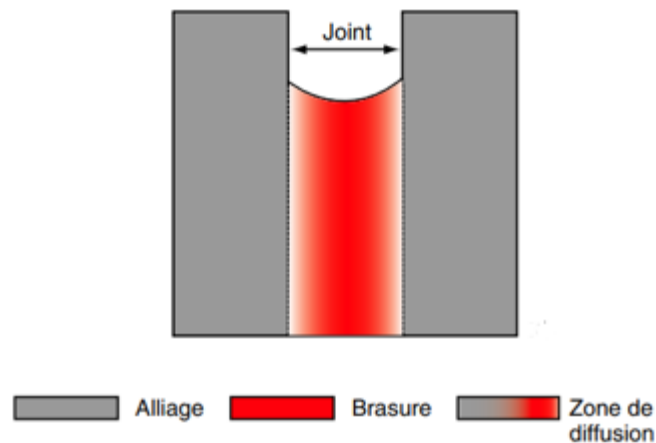


Figure 31: Schéma représentant l'espace à respecter pour favoriser l'aspiration par capillarité de la brasure [13].

1. Préparation de la prothèse :

Celle-ci doit être nettoyée et préparée pour la réparation. La prothèse doit être exempte de saletés, résidus ou débris dans la zone de brasure. Ainsi, la qualité de la brasure sera assurée.

2. Positionnement :

- La partie à braser doit être soigneusement alignée avec la PAPIM.
- La pièce à braser, tenue par les précelles ou non, est chauffée sans interruption (flamme courte).

3. Chauffage :

La zone à braser est chauffée à une température élevée (différente en fonction du matériau). On utilisera pour cela plusieurs dispositifs (chalumeau air-gaz, le bec Bunsen, des petites torches à recharges).

Il est important de chauffer uniquement le matériau d'apport sans endommager la PAPIM en elle-même.

4. Application du matériau d'apport :

Le matériau est fondu et appliqué sur la zone à braser à l'aide d'une tige, d'une buse ou d'autres outils. Il va alors se mélanger et se lier au métal de la prothèse dentaire, formant une liaison solide.

5. Refroidissement :

Après la brasure la zone est refroidie lentement pour permettre au métal de se solidifier et de former une connexion solide. Cette étape est importante pour éviter toute déformation ou fissure potentielle.

6. Finition :

Cette étape supplémentaire est nécessaire pour polir et égaliser la surface de la prothèse dentaire et du crochet nouvellement brasée. Nous obtiendrons donc une finition lisse et esthétique cohérente avec le reste de la prothèse et améliorant sa pérennité.

Les causes d'insuccès sont :

- Un mauvais réglage de la flamme : chauffe insuffisante (flamme oxydante).
- Un nettoyage insuffisant des pièces : la brasure se met en boule (oxydation).
- Un fondant inefficace.
- Une interface incorrecte : moins la distance entre les pièces est grande, plus la brasure y est attirée (action capillaire). Cependant, une interface trop étroite peut également contribuer à augmenter la porosité de la jonction.

Les avantages sont :

- Résistance mécanique élevée,
- Adaptabilité aux différents matériaux,
- Esthétisme,
- Polyvalence dans la réparation des différents types de crochet,
- Réparation précise de la zone à braser,

Les inconvénients sont :

- Sensibilité à la chaleur : l'utilisation nécessaire de températures élevées peut affecter les propriétés physiques de la prothèse amovible dentaire et ses éléments adjacents,
- Coût,
- Temps de réparation élevé,

En conclusion :

Le brasage est une technique polyvalente qui permet une réparation précise et procure une résistance mécanique élevée. Cette technique peut être employée avec plusieurs métaux et donner des résultats esthétiques satisfaisants.

En revanche, le brasage entraîne le risque d'exposer la PAPIM à des températures très élevées et donc de l'altérer.

3.3.4.3 Le collage

Cette technique qui est de moins en moins commune emploie des adhésifs dentaires appropriés pour les métaux choisis.

1. Après avoir poli les deux éléments à coller, il est impératif de réaliser une préparation de surface appelée « etching » avant la mise en place de l'adhésif [17].
2. Puis, l'adhésif sera appliqué sur la surface à la zone de jonction entre les deux éléments (PAPIM et crochet à coller).
3. Vient ensuite une pression effectuée entre les deux éléments jusqu'au durcissement.

En fonction des adhésifs certains peuvent nécessiter l'utilisation de lampe à photopolymériser.

Les avantages sont :

- Conservation de la structure de la prothèse,
- Facilité de mise en œuvre,
- Esthétisme,
- Réparation réversible,

Les inconvénients :

- Faible résistance mécanique,
- Adhésif dépendant,
- Sensibilité à l'humidité de certains adhésifs,
- Limitation de l'usage en fonction des métaux employés,

3.3.5 Rectification :

Elle est utilisée pour obtenir des surfaces lisses et régulières à la fois au niveau des crochets mais aussi sur l'ensemble de la prothèse.

3.3.6 Surfaçage :

Le surfaçage permet d'affiner l'ajustement afin de garantir au patient le plus de confort possible lors de l'utilisation de sa prothèse.

3.3.7 Finition :

Lors de cette étape on réalise les ajustements finaux des crochets métalliques pour optimiser leur forme, ajustement et fonction.

3.3.8 Superfinition par polissage :

L'objectif est d'obtenir la surface la plus lisse possible ce qui facilitera l'utilisation et le nettoyage de la prothèse par le patient tout en réduisant le risque d'irritation des tissus mous.

3.3.9 Lustrage et brillantage :

C'est une étape plus « esthétique » qui permet d'intégrer au mieux la prothèse dans le sourire du patient.

3.4 Les techniques de laboratoire de réparation ou adjonction de dents prothétiques sur PAPIM :

3.4.1 La réparation d'une dent prothétique sur PAPIM :

La réparation se fait par liaison de la dent prothétique avec la base résine de la prothèse via l'ajout de résine polymérisable (fig.32) [18].

Il existe plusieurs types de résines polymérisables :

- PMMA (Polyméthyl méthacrylate) :

C'est la résine la plus communément utilisée en prothèse amovible. Elle est issue de la polymérisation de méthacrylate de méthyle (Acron®...).

Puis on peut retrouver des résines moins courantes :

- Résines acryliques telles que les polymères de méthacrylate de méthyle ou autres polyvinyliques. On retrouve par exemple dans le commerce Acry Tone®, Acry Flex®.
- Les Polyamides tels que : Valplast®, Lucitone FRS®, Bioplast®.
- Les Polyesters : le plus fréquemment utilisé sera Estheshot® qui est une condensation d'éthylène glycol et d'acide téréphtalique.
- Polycarbonates : réaction entre bisphénol A et du phosgène.
- Polyoxyméthylène ou résines acétal.

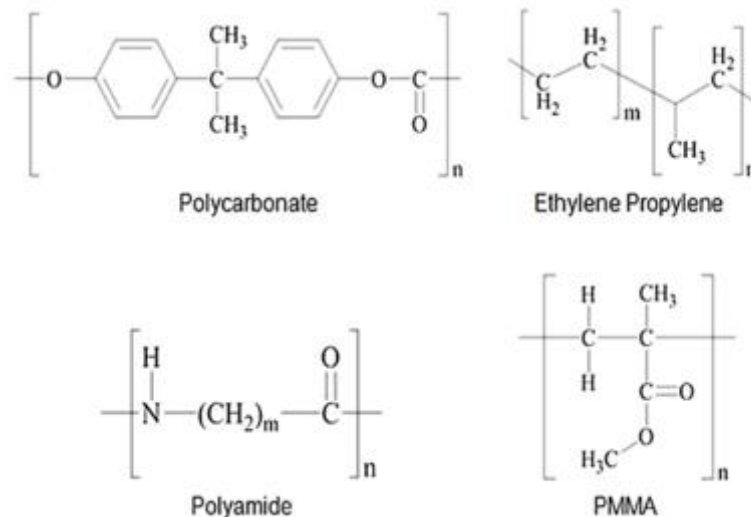


Figure 32: Schéma représentant les différentes structures chimiques des résines polymérisables [18].

Il existe plusieurs types de polymérisation :

- Auto-polymérisable,
- Photo-polymérisable,
- Chémo-polymérisable,
- Thermo-polymérisable,
- Polymérisation par micro-ondes,

La polymérisation est un processus de réaction en chaîne :

Un radical libre va agir comme initiateur sur une molécule (grâce à un apport extérieur d'énergie) et réalise son activation qui va permettre sa réaction chimique avec d'autres molécules du même type, entraînant une activation en chaîne. Cette réaction en chaîne va se terminer (via une réaction de coupure) par l'intervention d'un nouveau radical libre qui entraîne une libération de chaleur et la fin de la polymérisation de l'ensemble.

Ainsi, on observe que pour obtenir cette réaction il faut un apport d'énergie initial :

- Résines thermo-polymérisables : utilisent l'énergie calorifique.
- Résines auto-polymérisables : c'est la réaction d'un initiateur avec un activateur qui va provoquer une réaction chimique et donc l'énergie nécessaire.

Les mesures de l'adhésion par un test de résistance à la traction montrent qu'une dent en résine présente une liaison plus faible avec une base chémo-polymérisée ou auto-polymérisée qu'avec une base thermo-polymérisée et que l'adhésion augmente avec la température de polymérisation [19].

3.4.2 Adjonction de dents prothétiques sur PAPIM :

La perte d'une dent naturelle peut entraîner la réalisation d'une adjonction d'une dent ou d'un groupe de dents artificielles sur la PAPIM.

Pour cela, le laboratoire va réaliser une base métallique support de la future dent prothétique par technique de cire perdue ou CFAO qui sera ensuite assemblée à l'infrastructure métallique de la prothèse.

Puis, l'ajout de la dent prothétique en elle-même se fera comme vu précédemment pour la réparation d'une dent artificielle sur PAPIM par incrustation de la dent dans une base résine polymérisable.

4 Guide clinique pour les réparations de crochets métalliques et réparations/adjonctions de dents :

4.1 Le premier temps au cabinet dentaire :

Lorsque le patient se présente au cabinet dans le cadre de la fracture d'un crochet sur sa PAPIM ou de la perte d'une dent artificielle, il faut avant tout définir certains prérequis :

4.1.1 Définir les causes et la localisation de la fracture :

4.1.1.1 Les causes principales peuvent être :

- Pour la fracture d'un crochet :
 - Patient : chute de l'appareil amovible ou mauvaise utilisation de la part du patient notamment lors des mouvements d'insertion/ désinsertion.
 - Alliage : mauvaise liaison des alliages lors de la coulée ce qui créer de microporosités ou défauts qui fragilisent le crochet.
 - Fatigue du crochet : peut être due à un problème de parallélisation entraînant une fatigue journalière du crochet lors des mouvements d'insertion et désinsertion.
- Pour la perte d'une dent prothétique :
 - Patient : chute de l'appareil ou impact provoquant une expulsion de la dent prothétique ou un éclat de résine ou de porcelaine entraînant un préjudice esthétique et/ou fonctionnel.
 - Liaison entre dent prothétique et la résine trop faible causant la perte des dents artificielles.

4.1.1.2 Localisation et évaluation de l'étendue des dommages :

Avant de commencer toute réparation il faut examiner attentivement plusieurs éléments du crochet coulé ou de l'infrastructure métallique pour identifier les zones fragilisées ou cassées.

- Le crochet métallique cassé :

On va venir observer plusieurs zones :

- Le support occlusal.
- Le bras de calage.
- Le bras de rétention.

➤ L'infrastructure métallique dans son intégralité :

Afin de s'assurer que d'autres dommages ne compromettent pas l'intégralité structurelle globale de la prothèse.

De même s'il y a eu la perte d'une dent artificielle on regardera si la résine n'est pas fracturée à d'autres endroits pouvant provoquer d'autres points de fragilité et donc favoriser la perte d'autres dents prothétiques.

Après le renseignement de ces informations il faudra :

- Réaliser un devis de réparation avec tact et mesure et informer de façon intelligible, claire et précise le patient relativement au travail qui sera effectué.
- Valider auprès du patient les délais de réparation en fonction de ses disponibilités et de ses impératifs.

4.1.2 Choix du porte-empreinte :

L'utilisation de porte-empreintes en plastique non rigides peut entraîner une flexion des parois latérales du porte-empreinte pendant la procédure d'empreinte.

Le mouvement de retrait de la bouche du porte-empreinte peut produire un moulage imprécis et, finalement, un mauvais ajustement de la restauration.

En revanche, l'utilisation de porte-empreinte rigide (en métal) perforé (fig.33) nécessite des précautions supplémentaires pour bloquer toutes les contre-dépouilles existantes sur les dents adjacentes ou les zones où le matériau pourrait couler et causer des problèmes lors du retrait.

Si les praticiens ne prennent pas de telles précautions, la rigidité des matériaux d'empreinte contemporains peut créer une situation clinique désagréable dans laquelle le porte-empreinte métallique est bloqué dans la bouche.

Son retrait nécessitera beaucoup de temps et d'efforts, ce qui provoque également une gêne importante pour le patient.



Figure 33: Portes empreinte métalliques perforés. Iconographie personnelle.

4.1.3 Choix des matériaux pour la réalisation de l’empreinte de situation :

Devant la multiplicité des matériaux de plus en plus « performants » actuellement sur le marché, le praticien doit réagir avec prudence et rigueur évitant ainsi le piège fatal de la simplicité.

L’empreinte de situation (appelée aussi « suremprise ») en prothèse amovible vise les objectifs suivants :

- Reproduire des éléments anatomiques très différents dans leur structure et leur rôle.
- Tenir compte de la différence de dépressibilité tissulaire pour que la prothèse soit plaquée sur ses structures avec une légère pression au niveau muqueux.
- Enregistrer le jeu des organes périphériques pour exploiter au mieux les zones qui permettent de stabiliser la prothèse.
- Enregistrer les éléments prothétiques amovibles en lien étroit avec les tissus dentaires et périphériques.

En prothèse amovible, les matériaux à empreinte doivent répondre aux exigences des enregistrements pour prothèse fixée et prothèse amovible.

Ainsi les qualités requises de ces matériaux sont les suivantes [20] :

- Compatibilité avec les tissus et les matériaux de réplique,
- Fidélité,
- Précision,
- Viscosités rapprochées,
- Temps de travail et de prise suffisants,
- Plasticité avant la prise et élasticité après la prise,
- Prix de revient en accord avec les résultats souhaité,

Pour les identifier, les matériaux à empreinte ont été séparés en deux familles différentes résumées dans l'organigramme ci-dessous (fig.34) [20] :

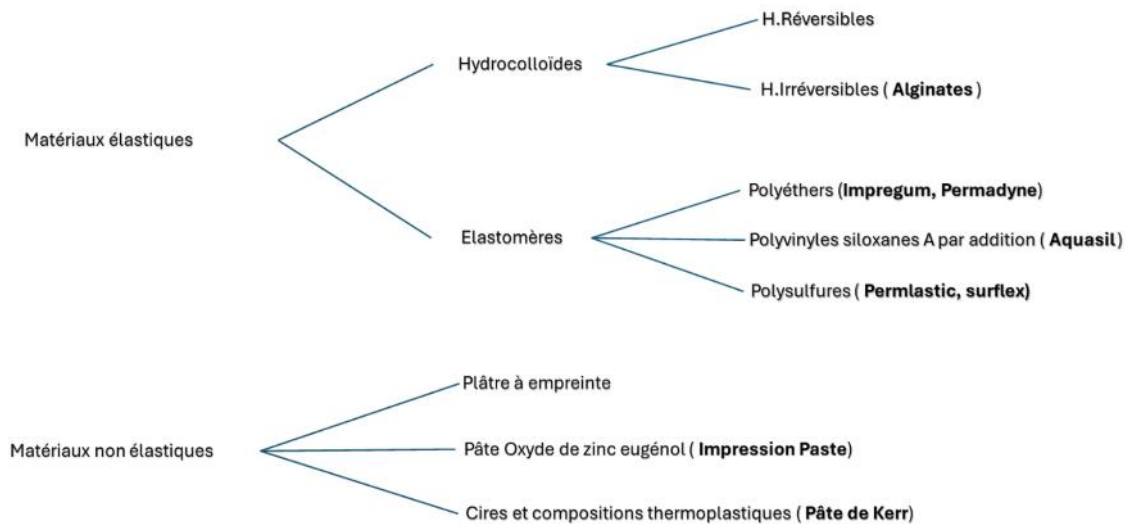


Figure 34: Organigramme des différentes familles de matériaux à empreintes [20].

De plus, les matériaux d'empreinte peuvent être classés en fonction de leurs différentes propriétés :

- Hydrophilie,
- Temps de prise,
- Fidélité de reproduction des détails,
- Élasticité,
- Stabilité dimensionnelle
- Temps entre la réalisation de l'empreinte et la coulée.

Toutes ces propriétés sont résumées dans le tableau ci-dessous (tableau 1) [20] :

Tableau 1: Tableau comparatif des principales propriétés des matériaux à empreinte [20].

	Temps de prise	Hydrophilie	Fidélité	Élasticité	Stabilité dimensionnelle	Coulée
Alginate	3 à 4 mn	++	++	+	+	15 mn
Pâte Zno	6 à 7 mn	+++	++	-	+++	24 h
Polysulfures	8 à 12 mn	-	++	++	++	1 h
Silicones par condensation	4 à 5 mn	-	+	++	++	15 mn
Silicones par addition	3 à 4 mn	++	+++	++	+++	12 h
Polyéthers	4 à 5 mn	+++	+++	+++	+++	24 h

Les matériaux d'empreinte peuvent être classés en fonction de leur composition, de leur réaction de prise et de leurs propriétés de prise, mais un système couramment utilisé est basé sur les propriétés après la prise du matériau.

À l'heure actuelle, les types de matériaux d'empreinte les plus populaires pour les prothèses amovibles sont les hydrocolloïdes irréversibles, les polyéthers et les polyvinyles siloxane [21].

➤ Hydrocolloïdes irréversibles (Alginate) :

Les matériaux d'empreinte à l'alginate sont utilisés pour les empreintes d'arcade complète en raison de leur faible coût et de leurs bonnes propriétés de mouillage, ce qui en fait un choix populaire pour fabriquer des moulages de diagnostic.

Ils peuvent aussi être utilisés pour :

- L'impression d'armatures de prothèses dentaires amovibles partielles.
- La fabrication d'armatures complètes ou partielles.

La nature hydrophile du matériau lui permet d'être utilisé en présence de salive et de sang avec une capacité modérée à reproduire les détails. Sa mauvaise stabilité dimensionnelle causée par la perte d'eau crée une déformation et un retrait s'il n'est pas coulé dans les 15 minutes, et il ne peut être versé qu'une seule fois en raison de la distorsion et de la faible résistance à la déchirure.

Ce matériau est flexible et facile à retirer de la bouche par rapport à d'autres matériaux s'ils coulent dans des contre-dépouilles. Ils sont faciles à utiliser et faciles à mélanger avec un temps de prise suffisant pour être manipulés et placés dans la cavité buccale.

En résumé :

L'enregistrement des détails fait appel à des matériaux de haute précision comme les silicones et les polyéthers. Ces derniers, du fait de leur viscosité assez faible à l'insertion, puis très haute après la prise répondent mieux à ces exigences.

Les études montrent que les polyéthers sont plus adaptés à la réalisation d'empreintes monophasées avec un matériau en une seule viscosité, alors que les polyvinylsiloxanes semblent mieux convenir pour les empreintes en double mélange [12].

Le traitement de l'empreinte, quand il ne peut pas s'effectuer immédiatement en raison de l'éloignement du laboratoire de prothèse par exemple, le choix s'oriente vers les polyéthers, les polyvinylsiloxanes ou la pâte à l'oxyde de zinc.

Enfin, l'alginate qui est coulé dans les 30 minutes suivant l'empreinte, semblerait être un choix cliniquement acceptable de matériau d'empreinte finale pour la fabrication de PAPIM et de crochets coulés en cobalt-chrome [22].

4.1.4 De la réparation de crochet coulé à la dent artificielle : la suremprise à l'alginate

4.1.4.1 La réparation du crochet coulé :

Il est impératif de réaliser une suremprise avec la prothèse en bouche (sauf si la mise en place de la PAPIM blesse le patient).

4.1.4.2 La réparation des dents artificielles :

En ce qui concerne la réparation des dents artificielles il y a plusieurs situations :

- La perte d'une dent artificielle : l'empreinte de situation n'est pas obligatoire mais une empreinte des deux arcades à l'alginate est préférable (d'autant plus si la résine est ajustée en vestibulaire).
- Perte d'un groupe de dents artificielle : l'empreinte de situation est nécessaire.
- Adjonction d'une dent ou d'un groupe de dent : l'empreinte de situation est nécessaire.

4.1.4.3 Présentation du plateau technique de base pour la suremprise :

- Plateau de base : Sonde, miroir, précelles, champ opératoire.
- Pour le nettoyage : Bac à ultrasons, inserts et pièce à main à ultrasons, brosse à poils durs.
- Pour le travail à l'alginate : bol à alginate, spatule à alginate, adhésif si besoin, doseur eau/poudre, porte empreinte du commerce, eau, alginate, sachet hermétique.
- Pour la décontamination : Spray d'hypochlorite de sodium à 0,5% ou spray de glutaraldéhyde à 2%.

4.1.4.4 Les étapes cliniques de la suremprise à l'alginate :

4.1.4.4.1 Nettoyage de la prothèse :

Il peut être réalisé par un brossage voire combiné si besoin aux ultrasons.

4.1.4.4.2 Choix du porte-empreinte, adaptation et essai à vide :

- Modèle en plâtre existant : On fait l'essayage du PE directement sur le modèle en plâtre.
- Modèle en plâtre inexistant : essayage à vide directement en bouche.

On utilisera idéalement un porte empreinte rigide (métallique) perforé afin de limiter les risques de déformation de l'empreinte.

4.1.4.4.3 Réalisation d'une sur-empreinte :

- Vérification de l'état de la prothèse hors bouche (fig.35) puis vérification de son positionnement en bouche (fig.36) et de l'absence de bascule. En cas d'instabilité la prothèse peut être solidarisée en bouche afin d'éviter tout mouvement de la prothèse lors de la sur-empreinte.
- Appliquer l'adhésif si besoin sur le porte-empreinte et laisser sécher. Attention, il ne faut surtout pas retirer la prothèse de l'empreinte à la fin de la prise du matériau.



Figure 35: PAPIM hors bouche présentant une fracture du crochet roach sur la 13. Iconographie personnelle.



Figure 36 : Mise en bouche avant sur-empreinte d'une PAPIM présentant une fracture du crochet métallique (roach) sur 13. Iconographie personnelle.

De plus, il faut réaliser un contrôle en fin d'empreinte (fig.37) :

- Empreinte centrée par rapport au raphé médian.
- Absence de tirage, bulle, déchirement du matériau.
- L'enregistrement correct de la dent support de crochet ou de la dent/groupe de dents à réparer.



Figure 37: Réalisation de la sur-empreinte à l'alginate. Iconographie personnelle.

Commentaire de la figure 37 :

Dans ce cas clinique la patiente âgée de 55 ans s'est présentée en urgence au cabinet pour une fracture du crochet coulé sur la canine maxillaire droite (dent numéro 13). Dans le cadre de l'urgence, j'ai réalisé une surempreinte à l'alginate avec la prothèse en bouche.

La patiente avait conservé son appareil provisoire en résine ce qui lui a permis de compenser son édentement le temps de la réparation de sa PAPIM.

La prothèse amovible et son crochet seront envoyés au laboratoire et réparés par soudure laser.

4.1.4.4.4 Décontamination

L'empreinte dentaire va être exposée au sang, à la salive voire les deux en même temps. Il est donc impératif de suivre un protocole de décontamination pour éliminer les risques de contamination croisée.

L'empreinte une fois retirée de la bouche du patient est passée sous l'eau courante pendant une minute, cela assure le retrait de la quasi-totalité des germes contenus dans la salive.

Ensuite, désinfection par pulvérisation d'une solution d'hypochlorite de sodium à 0,5% ou spray de glutaraldéhyde à 2% suivi d'un rinçage.

Des études indiquent que les procédures de désinfection n'ont pas d'effet cliniquement significatifs sur la qualité ou la précision de l'empreinte [23],[24].

4.1.4.4.5 Réalisation de la fiche de liaison laboratoire :

Il faut mentionner :

- Nom du praticien.
- Nom du patient et préciser si c'est un homme ou une femme.
- Désinfection de l'empreinte réalisée ou non.
- Traitement par le laboratoire des empreintes du haut du bas ou des deux
- La date d'exécution de l'empreinte.
- Les travaux réalisés sur la prothèse et en bouche lors de la séance au cabinet.
- Le protocole de mise en œuvre et les éventuelles modifications à apporter (traitement de l'empreinte, description du travail demandé et les spécificités).
- La date de livraison du travail demandé.
- Réaliser un schéma explicatif si besoin pour apporter encore plus de précision et compréhension au prothésiste.

4.2 Les étapes au laboratoire de prothèse :

4.2.1 Exemple d'une réparation de crochet par soudure laser :

La réparation du crochet se fera soit à partir d'un crochet existant soit par conception d'un nouveau crochet (via la technique de cire perdue ou CFAO).

4.2.1.1 Coulée de l'empreinte au plâtre de Paris :

L'empreinte va être coulée et démoulée. La prothèse amovible va être désinsérée du modèle en plâtre (fig.38). Il faut faire attention à désinsérer de manière délicate pour ne pas casser les dents en plâtre. Les dents en plâtre cassées seront recollées à l'aide de colle cyanoacrylate uniquement si la dent support de crochet n'est pas concernée. Autrement, il faut recommencer la coulée (si le matériau d'empreinte le permet) ou l'empreinte.



Figure 38: Désinsertion de la PAPIM après coulée de l'empreinte (à gauche) ; Incisive latérale droite en plâtre cassée qui sera recollé par le prothésiste (à droite). Iconographies personnelles.

4.2.1.2 Mise à nu de l'infrastructure métallique de la prothèse amovible :

En effet, avant de commencer le travail de réparation le prothésiste va venir « gratter » la PAPIM à l'aide d'une fraise résine montée sur pièce à main.

L'objectif est de mettre à nu l'infrastructure métallique pour pouvoir ensuite y souder le crochet métallique soit existant soit conçu et fabriqué par ordinateur ou par la méthode de cire perdue.

En fonction de la situation clinique et de la complexité de la réparation c'est une partie voire la totalité de la prothèse qui sera grattée (fig.39), le but étant de ne pas endommager les éléments adjacents à la réparation (dents prothétiques, résine) lors des différentes étapes de réparation (soudure, grattage, meulage, utilisation de chalumeau).



Figure 39 : Retrait de la résine en regard du crochet fracturé sur 13 à l'aide d'une fraise résine montée sur pièce à main (photographie de gauche) ; Prothèse amovible après le retrait de la résine et mise à nue de la base du crochet coulé avant réparation (photographie de droite). Iconographies personnelles.

4.2.1.3 Exemple d'assemblage par soudure laser du crochet :

On place la partie du crochet cassé en contact avec la partie intacte du crochet lié à l'infrastructure métallique (voire sur la grille dans le cas où la mise à nue de l'infrastructure métallique est plus importante) puis on réalise la soudure laser (fig.40).



Figure 40: Vérification du positionnement du crochet avant soudure. Iconographie personnelle.

Le prothésiste vise via une lunette la zone de jonction entre les deux parties du crochet (ou entre le crochet et la grille) et déclenche la soudure laser manuellement via une pression continue sur une pédale.

Le prothésiste va suivre point par point la ligne de jonction entre les deux pièces recto et verso.

Il est possible qu'il y ait une zone de non-jonction entre les deux parties du crochet (ou entre le crochet et la grille du châssis). Il faudra dans ce cas ajouter de la matière au niveau de cette zone vide.

On utilisera un fil à soudure laser de cobalt-chrome et on réalisera la soudure des deux éléments (fig.41).

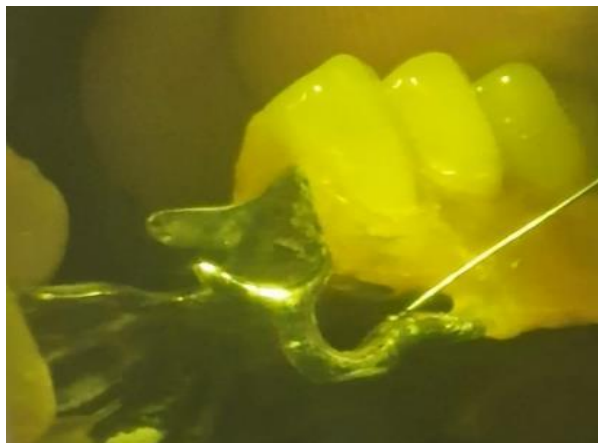


Figure 41: Soudure laser par ajout de matériau (fil cobalt-chrome). Iconographie personnelle.

Une fois la soudure réalisée le prothésiste vérifie son adaptation sur le modèle en plâtre (fig.42). Si tous les paramètres d'adaptation sont validés on passe à l'étape suivante du sablage, sinon on réalise à nouveau une soudure.



Figure 42: Vérification de l'adaptation du crochet après soudure. Iconographie personnelle.

4.2.1.4 Le sablage :

Il est réalisé comme présenté sur la photo ci-dessous à l'oxide d'alumine 10 micromètres. Cela permettra d'éliminer les impuretés et résidus de production sur la surface du métal et améliorer la qualité de l'interface entre la résine et le métal (fig.43).



Figure 43: Sablage de la pièce prothétique. Iconographies personnelles.

4.2.1.5 Grattage/Dégrossissement :

Cette étape permet de donner un aspect plus fin au crochet. Pour cela on utilisera une fraise résine ou métal montée sur pièce à main.

4.2.1.6 Caoutage :

Cette étape consiste à enlever les traces de fraisage lors de l'étape de grattage et de dégrossissement. On utilise des cupules en silicones montée sur pièce à main.

4.2.1.7 Polissage/Brillantage :

On utilise pour cela des pâtes différentes DIALUX® (fig.44) en fonction du matériau. La plupart du temps les crochets ou armatures sont réalisés entièrement en cobalt-chrome, on utilisera donc une pâte DIALUX® Bleu.



Figure 44: Pâte de brillantage DIALUX®. Iconographie personnelle.

4.2.2 Exemple de réparation d'un groupe de dents sur PAPIM :

4.2.2.1 Coulée de l'empreinte au plâtre de Paris.

Retirer la PAPIM du modèle en plâtre si possible sans casser les dents du modèle en plâtre (sinon les recoller).

Sur la figure 45 ci-dessous on peut observer la PAPIM repositionnée sur le modèle en plâtre. Les incisives centrale et latérale gauche ont été perdues et sont à réparer.



Figure 45: PAPIM repositionnée sur le modèle en plâtre. Iconographie personnelle.

4.2.2.2 Vérifier la teinte de la dent à remplacer en la comparant aux autres dents prothétiques :

- Le prothésiste utilise un teintier pour prendre la teinte des dents adjacentes et pouvoir choisir la dent prothétique adéquate (fig.46).

On retrouvera principalement les teintiers de la marque :

- VITA®,
- IVOCCLAR®,
- Le matériau de la dent artificielle choisi sera en fonction des autres dents prothétiques adjacentes. Le critère de choix se fera en fonction de la forme, de l'esthétique et de la durabilité.

On retrouve principalement les dents artificielles de la marque :

- SR VIVODENT®,
- IVOCCLAR®,
- VITA®,
- DENTSPLY SIRONA®,



Figure 46: Sélection par le prothésiste de la dent artificielle à remplacer via une sélection de dents de la marque Ivoclar®. Iconographie personnelle.

4.2.2.3 Isoler le modèle en plâtre avec un vernis afin que la résine ne colle pas au plâtre :

En effet le vernis va permettre de créer une couche isolante et protectrice au niveau du plâtre ce qui permettra au prothésiste de pouvoir concevoir la réparation de la prothèse amovible en limitant le risque d'adhésion de la résine au plâtre (fig.47).



Figure 47: Application d'un vernis isolant sur le modèle en plâtre à l'aide d'un pinceau. Iconographie personnelle.

4.2.2.4 Mise en place de la dent prothétique sur la prothèse :

4.2.2.4.1 Meuler avec une fraise résine la résine de la PAPIM

En effet, pour pouvoir mettre en place la future dent prothétique il est nécessaire de meuler la résine de la zone d'intérêt afin d'avoir la place nécessaire pour mettre en place les dents artificielles et calculer leur dimension, leur angulation.

Pour se faire, le prothésiste à l'aide d'une fraise résine montée sur pièce à main va meuler la résine tout en faisant attention de ne toucher ni les dents artificielles adjacentes ni les dents en plâtre (fig.48).



Figure 48: PAPIM sur modèle en plâtre après meulage de la zone d'intérêt à la fraise résine. Iconographie personnelle.

4.2.2.4.2 Vérification des dimensions des dents artificielles :

Le prothésiste va placer les dents artificielles sur la PAPIM afin de contrôler les dimensions mésio-distales et vestibulo-buccales ainsi que l'angulation de ces dernières.

En effet, il arrive souvent que les dents artificielles ne soient pas adaptées parfaitement et nécessitent des ajustements au niveau de leurs dimensions mésio-distales ou buccales pour pouvoir s'intégrer parfaitement à la prothèse.

Le prothésiste va alors meuler si besoin la dent pour l'ajuster à l'aide d'une fraise résine montée sur pièce à main.

4.2.2.4.3 Vérification de l'occlusion :

De même le prothésiste va contrôler l'occlusion afin de déterminer si l'angulation des dents et les contacts interdentaires sont appropriés ou non (fig.49).

Si ce n'est pas le cas il viendra à nouveau meuler les dents artificielles à l'aide d'une fraise résine montée sur pièce à main.



Figure 49: Contrôle par le prothésiste de l'ajustement des dents artificielles avant incrustations dans la résine. Iconographie personnelle.

4.2.2.4.4 Réalisation d'encoches au niveau de la partie cervico-buccale :

Des encoches vont être réalisées au niveau cervico-buccale fin de faciliter l'incrustation de la dent dans la résine et augmenter l'adhésion résine/dent artificielle (fig.50).

Le prothésiste utilisera un disque monté sur pièce à main pour les réaliser.



Figure 50: Réalisation d'entailles cervico-palatines sur la dent numéro 22 afin de faciliter l'incrustation dans la résine de la dent. Iconographie personnelle.

4.2.2.5 Réalisation de la résine auto-polymérisable :

4.2.2.5.1 Mélange de monomères poudres/ liquides

Un mélange poudre/liquide va être réalisé par le prothésiste afin d'obtenir une résine auto-polymérisable. Il est d'usage d'utiliser des résines à prise rapide pour réduire le temps de travail au laboratoire.

Le mélange poudre/ liquide est réalisé dans un godet en silicone et une spatule et plastique.

La consistance de la résine préparée ne doit pas être trop liquide car cela rendrait sa manipulation délicate et trop imprécise (fig.51).

On retrouve plusieurs marques telles que :

- Méliodent®,
- DuraFlex®,
- Vertex™TermoSens,



Figure 51: Réalisation d'un mélange poudre/liquide de la marque Méliodent® afin d'obtenir une résine auto-polymérisable. Iconographie personnelle.

4.2.2.5.2 Mise en place de la résine auto-polymérisable sur la PAPIM :

- Le prothésiste va mettre en place la résine auto polymérisable à l'état semi-liquide sur la partie en résine de la prothèse amovible afin de recréer la fausse gencive et pouvoir y incruster la dent (fig.52).
- Il faut appliquer la résine de façon la plus précise possible et sans trop débord afin de limiter par la suite un trop gros travail de retouche.



Figure 52: Mise en place de la résine auto-polymérisable sur la PAPIM. Iconographie personnelle.

4.2.2.5.3 Réglage de l'occlusion dans les 3 sens de l'espace (Frontal, sagittal, horizontal)

La résine étant encore malléable, les dents artificielles préalablement réglées vont être incrustées dans la résine et orientées dans les 3 sens de l'espace afin d'être le plus possible en accord avec une occlusion équilibrée et suivre les différentes courbes d'occlusion (Spee, Wilson).

4.2.2.5.4 Marquer le sulcus de chaque dent ajoutée :

Le prothésiste va ensuite à l'aide d'une zhale ou d'un couteau à cire redessiner la zone du sulcus autour de chaque dent artificielle ajoutée (fig.53).



Figure 53: Tracé du sulcus de la dent 22 à l'aide d'un couteau à cire. Iconographies personnelles.

4.2.2.5.5 Polymérisation complète de la résine :

Pour obtenir une polymérisation complète et optimale, le prothésiste va placer la prothèse amovible sur son modèle en plâtre dans une cocotte automatique pendant 6 minutes à 45°C (fig.54).



Figure 54: Polymérisation d'une PAPIM dans une cocotte automatique à 45°C pendant 6 minutes. Iconographie personnelle.

4.2.2.6 Grattage du modèle :

- A l'aide d'une fraise résine montée sur pièce à main, le prothésiste retire les défauts créés lors du modelage et de la polymérisation de la résine.
- Puis, un polissage est réalisé avec une fraise en silicone afin de lisser les zones d'anfractuosités (fig.55).



Figure 55: Polissage de la PAPIM à l'aide d'une fraise en silicone montée sur pièce à main. Iconographie personnelle.

4.2.2.7 On resculpte la forme des collets :

A l'aide d'une petite fraise boule tungstène sur une pièce à main à faible vitesse le prothésiste retrace le dessin des collets pour affiner l'aspect esthétique de la prothèse afin qu'elle s'intègre au mieux dans le sourire (fig.56).



Figure 56: Redéfinition des collets à l'aide d'une fraise boule tungstène montée sur pièce à main. Iconographie personnelle.

4.2.2.8 Polissage du modèle en 2 étapes via un polissoir :

4.2.2.8.1 Première étape de polissage :

- A l'aide d'une pâte à base d'argile le prothésiste vient polir autant la résine que l'infrastructure métallique (fig.57),
- Rinçage,
- Séchage,



Figure 57: Polissage de l'infrastructure métallique et de la résine avec une pâte à base d'argile. Iconographie personnelle.

4.2.2.8.2 Deuxième étape de polissage :

- Polissage avec l'application d'une pâte à brillantage DIALUX® sur un disque de polissage (fig.58),
- Rinçage,
- Séchage,



Figure 58: Application de la pâte à brillantage DIALUX® sur le disque à polir. Iconographie personnelle.

4.2.2.9 Nettoyage de la PAPIM :

Une étape de nettoyage de la PAPIM vient s'ajouter. A l'aide de vapeur d'eau sous haute pression le prothésiste vient retirer les résidus de plâtre, colle, monomères, pâte de brillantage, qui ont pu rester incrustés jusque-là (fig.59).



Figure 59: Nettoyage de la PAPIM à la vapeur d'eau sous haute pression. Iconographie personnelle.

4.2.2.10 Vérification du modèle et remplissage du bon de commande de retour :

Le prothésiste s'assure que le travail est conforme à la demande du praticien (fig.60). Il vérifie l'intégrité de la PAPIM autant d'un point de vue mécanique qu'esthétique puis remplit le bon de commande et programme la livraison au cabinet dentaire.



Figure 60: PAPIM réparée et prête à être réexpédiée au cabinet dentaire. Iconographie personnelle.

4.2.3 Exemple d'adjonction d'une dent sur PAPIM en réalisant les éléments métalliques par CFAO et l'assemblage par soudure laser :

L'adjonction d'une dent sur une PAPIM se fait en plusieurs étapes.

4.2.3.1 Coulée de la suremprise physique :

Le prothésiste dès réception de l'empreinte va couler le modèle au plâtre. Le type de plâtre est défini par le prothésiste en fonction du cas clinique.

Dans le cadre de réparations sur châssis métallique, le plâtre le plus utilisé est généralement le plâtre de Paris.

4.2.3.2 Scan numérique de l'empreinte :

L'empreinte est coulée puis scannée avec la PAPIM en place au laboratoire pour pouvoir par la suite y concevoir les ajouts de plaque métallique nécessaires à l'adjonction de la dent artificielle (fig.61).



Figure 61: Modèle scanné avec la PAPIM à réparer en place puis représenté en 3D via le logiciel CFAO. Iconographie personnelle.

Description du cas clinique :

Ici, le prothésiste procède à l'adjonction de la dent 11. Pour cela il crée via CFAO une grille de rétention qui est par la suite soudée par laser à l'infrastructure métallique. Ensuite il ajoute la dent artificielle qu'il incruste dans la résine.

Le prothésiste va d'abord scanner dans un premier temps le modèle en plâtre avec la prothèse amovible à réparer en place sur le modèle (fig.62) puis il réalisera un grattage de la PAPIM afin d'obtenir l'infrastructure métallique à nu pour pouvoir effectuer les adjonctions.



Figure 62: Représentation de la séquence de conception numérique de plaque métallique sur le logiciel de CFAO. Iconographie personnelle.

On peut observer que la fabrication de la plaque métallique se fait en plusieurs étapes :

- Réalisation de la grille de rétention,
- Connecteur principal,
- Crochets (pas concerné dans ce cas clinique),
- Sculpture,
- Ligne de finition,

L'épaisseur de la résine ensuite va être prédéterminée par la réalisation d'une jauge tissulaire que l'on présentera dans le point suivant.

4.2.3.3 Mise à nu de l'infrastructure métallique :

Avant la soudure de la grille de rétention, le prothésiste va mettre à nu de l'infrastructure métallique (fig.63) en grattant la résine à l'aide d'une fraise résine montée sur pièce à main. Les dents prothétiques seront conservées à part puis remontées à la fin de la réparation.



Figure 63: Mise à nu de l'infrastructure métallique de la PAPIM par grattage à la fraise résine montée sur pièce à main avant soudure laser de la grille de rétention. Iconographie personnelle.

Ainsi, cela permet :

- Qu'aucuns des éléments adjacents à la réparation ne soient endommagés par les processus de soudure laser et de fraisage.
- Faciliter la manipulation des pièces prothétiques lors des étapes de la réparation.

4.2.3.4 Conception de la plaque métallique à l'aide d'un logiciel de CFAO :

4.2.3.4.1 La grille de rétention :

1. Réalisation d'une grille de rétention qui va être englobée par la résine par la suite (fig.64).



Figure 64: Réalisation de la grille de rétention via CAO. Iconographie personnelle.

2. Ajout d'un morceau de plaque métallique pour relier le châssis métallique de l'ancienne PAPIM à la nouvelle grille de rétention (fig.65 et fig.66).

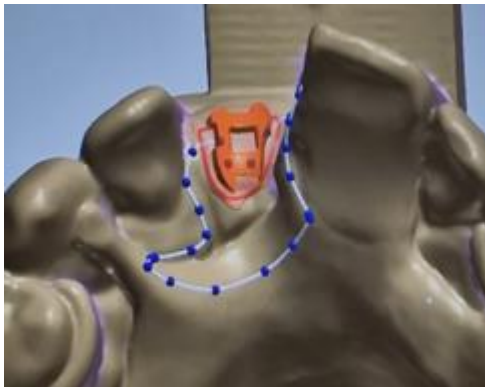


Figure 66: Ajout de la plaque métallique autour de la grille de rétention. Iconographie personnelle.



Figure 65: Représentation numérique de la fusion de la grille de rétention avec l'ajout de la plaque métallique. Iconographie personnelle.

3. Une étape de « lissage » peut être intégrée avec ajout ou retrait de matière au niveau de l'ensemble grille de rétention/ plaque métallique.

4.2.3.4.2 Mise en place de l'arrêt de résine :

L'arrêt de résine permet de définir exactement où va venir se placer la limite de la résine au niveau de la grille de rétention (fig.67).

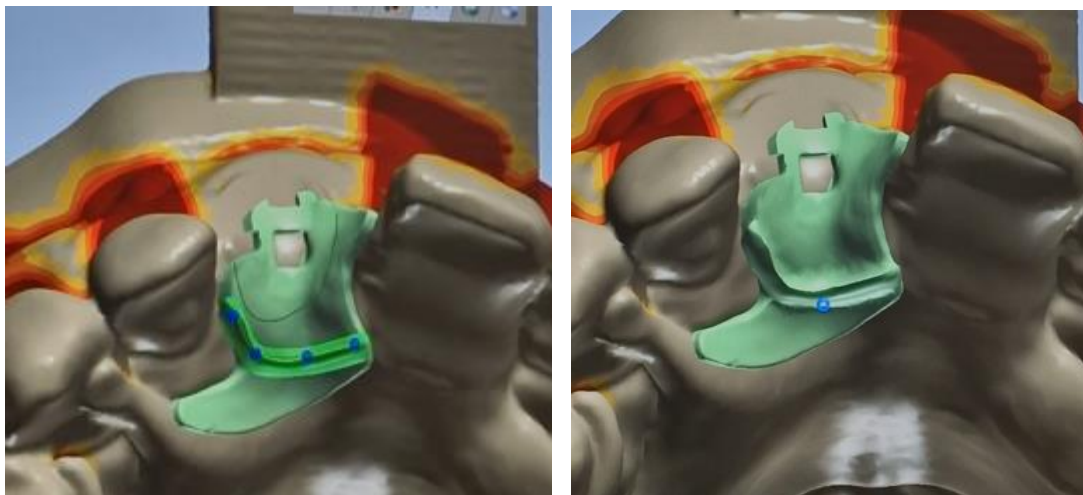


Figure 67: Mise en place de « l'arrêt de résine ». Iconographie personnelle.

4.2.3.4.3 Le « Picot » :

C'est une partie métallique en relief qui va rentrer dans la dent et venir solidifier l'ensemble dent/grille de rétention (fig.68).

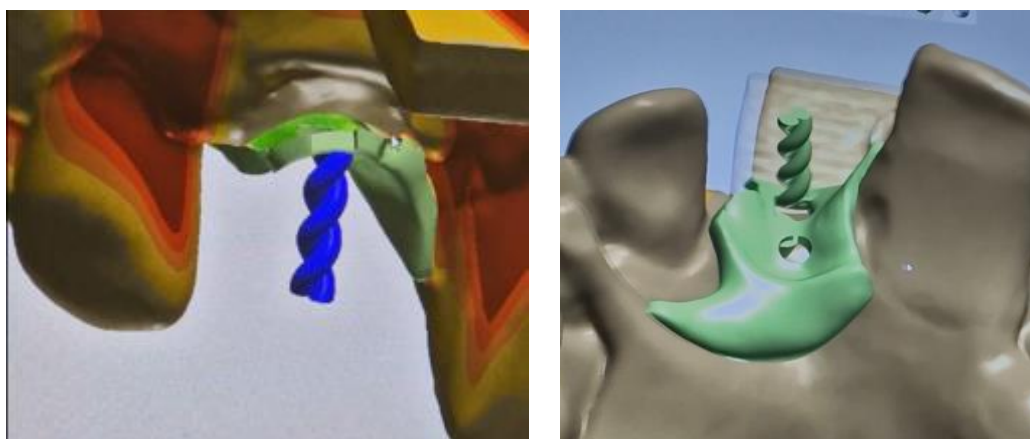


Figure 68: Réalisation du picot sur la grille de rétention. Iconographie personnelle.

On peut réaliser un plot métallique : cela va permettre de créer un espace négatif dans la grille de rétention afin que la résine puisse fuser de part et d'autre du métal. Ce plot apparaît donc sur l'écran du prothésiste mais en réalité il n'est pas présent sur la grille de rétention (fig.69).

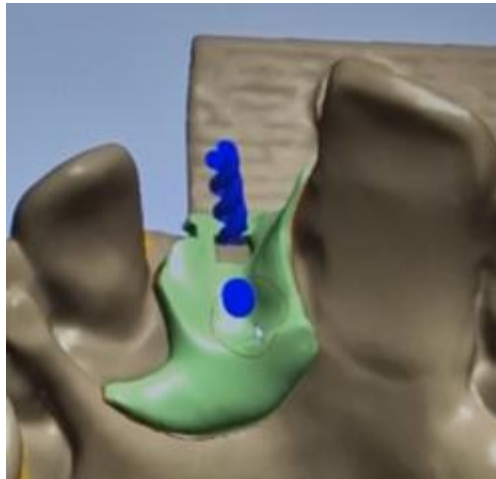


Figure 69: Réalisation du « plot » dans la grille de rétention (ici en bleu pointé sur l'écran par la souris de l'ordinateur). Iconographie personnelle.

A noter dans ce cas clinique : ayant ajouté un morceau de plaque métallique il n'y a pas de place pour que la résine puisse englober la grille de rétention et c'est pour cela que l'on fait un rajout volontaire d'un plot.

Dans le cas où il n'y a pas de rajout de plaque métallique, il existe déjà des trous qui permettent la fusée de la résine.

4.2.3.4.4 La butée tissulaire :

Une petite butée tissulaire va être positionnée entre la muqueuse et la partie en métal. Cela va permettre au prothésiste de savoir où se trouve la limite en épaisseur de la résine (fig.70).

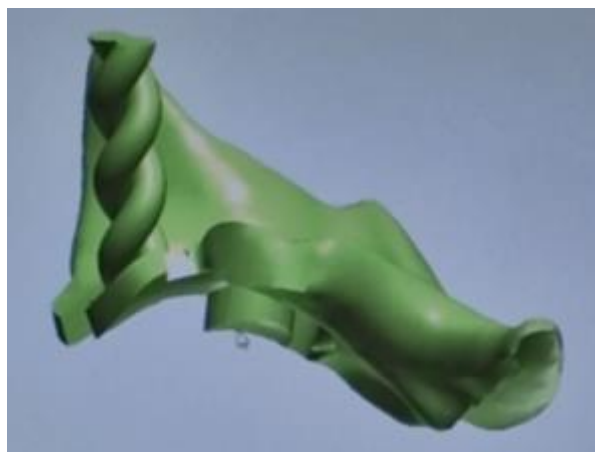


Figure 70: Butée tissulaire se trouvant sous la grille de rétention (ici pointée par la souris de l'ordinateur). Iconographie personnelle.

4.2.3.5 Usinage de la grille de rétention et vérification du positionnement sur le modèle :

La pièce métallique conçue par ordinateur va être usinée. Le prothésiste vérifiera alors son intégrité, l'absence de défauts structuraux et son adaptation à l'infrastructure métallique avant soudure (fig.71).



Figure 71: Vérification de l'adaptation de la grille de rétention sur le modèle. Iconographie personnelle.

4.2.3.6 Soudure laser de la grille de rétention à l'infrastructure métallique :

La grille de rétention va être placée et soudée par laser à l'infrastructure métallique. Le prothésiste s'assure que l'entièreté de la grille soit soudée et qu'il n'y ait pas de manque dans quel cas la soudure sera à nouveau réalisée (fig.72).



Figure 72: Grille de rétention après soudure laser sur l'infrastructure métallique. Iconographie personnelle.

4.2.3.7 Grattage et polissage du métal avec une fraise métallique montée

La grille de rétention va être dans un premier temps « grattée » à l'aide d'une fraise métallique montée sur pièce à main afin d'éliminer les irrégularités potentiellement causées à la suite de la soudure laser voire à l'apport de métal (fig.73).

Dans un deuxième temps, la grille de rétention sera polie via un disque à polir monté sur pièce à main.



Figure 73: Grattage de la grille de rétention (à gauche) ; polissage de la grille de rétention (à droite). Iconographies personnelles.

4.2.3.8 Validation par le prothésiste

Le prothésiste vérifie si les étapes d'ajout de la grille de rétention soudée et polie sont correctes (fig.74) et donne son accord pour passer à l'étape suivante d'adjonction de la dent artificielle.



Figure 74: Grille de rétention soudée et polie validée par le prothésiste. Iconographie personnelle.

4.2.3.9 Adjonction de la dent artificielle :

Comme vu précédemment la dent artificielle va être sélectionnée et incrustée dans la résine. Puis les étapes de contrôle d'occlusion et d'intégration dans les trois sens de l'espace sont effectuées.

Le prothésiste va ensuite préparer le bon de commande et envoyer via un coursier le travail au cabinet dentaire.

4.2.3.9.1 Remontage des autres dents artificielles :

En effet, le châssis ayant été mis à nu il faut à nouveau remonter les autres dents présentes sur la PAPIM en respectant les règles d'occlusion et les demandes du praticien.

4.3 Le deuxième temps au cabinet dentaire :

4.3.1 Contrôle de la réparation hors bouche :

Lors de la réception du travail de prothèse (fig.75) il faut :

- Contrôler la fiche de liaison :
 - Nom du praticien : des erreurs de livraison peuvent survenir.
 - Nom du patient : avec la masse de travail du praticien plusieurs travaux peuvent être en cours. Cette étape de vérification peut sembler évidente mais nécessaire.
 - Commentaires du prothésiste :
 - Certains problèmes ont pu être rencontrés par le laboratoire lors de la réparation et vont être indiqués par le prothésiste.
 - De plus, certains commentaires pour d'éventuelles retouches ou axes d'insertions peuvent être indiqués
 - On peut aussi demander au praticien de refaire une empreinte ou des prises d'occlusions.
- Contrôler les modèles en plâtre et le travail prothétique réalisé :
 - Que tous les modèles soient présents dans la boîte de réception du travail.
 - Intégrité des modèles en plâtre et du travail de prothèse
- La prothèse amovible partielle à infrastructure métallique :
 - Examen des porosités, aspérités (extrados et intrados).
 - Examen du crochet réparé et des dents prothétiques.



Figure 75: Contrôle de la livraison de la PAPIM sur le modèle en plâtre après réparation du crochet roach sur 13. Iconographie personnelle.

Il faut noter que la relation entre le dentiste et le prothésiste est une relation de confiance et de coopération. Il ne faut surtout pas hésiter à appeler le prothésiste en cas de doute ou d'incompréhension.

4.3.2 Essayage de l'armature et de l'adaptation des crochets :

A la livraison, il faut vérifier l'adaptation de la prothèse et du crochet en bouche (fig.76). Ils peuvent être ajustés avec précaution à l'aide d'une pince ronde ou demi-ronde.

Attention, si le crochet est trop actif il est préférable de renvoyer le travail au laboratoire en demandant des retouches plutôt que de risquer de fragiliser voire provoquer une nouvelle fracture du crochet en voulant le désactiver soi-même.



Figure 76: Contrôle de l'ajustement de la PAPIM en bouche après réparation du crochet coulé sur 13. Iconographie personnelle.

Concernant le réglage du crochet et des taquets d'appuis, on pourra utiliser la technique du film de marquage occlusal pour évaluer de façon précise des interférences entre l'armature de la prothèse amovible à infrastructure métallique et les dents naturelles.

Cette technique est bien décrite dans « the journal of prosthetic dentistry » publié en 2021 de la façon suivante [25] :

1. Désinfecter, rincer et sécher l'armature après examen de la PAPIM sur le modèle en plâtre.
2. Mise en place de l'armature en bouche par le praticien. Il ne faut pas forcer l'insertion. Si une résistance se fait sentir il faut alors désinsérer l'armature pour identifier les zones de frottements trop importantes.
3. Rincer et sécher à nouveau les dents et l'armature puis on intercale un film d'occlusion double face de 0,21mm d'épaisseur entre la zone d'interférence et l'armature puis on effectue une légère pression sur les appuis jusqu'à sentir une résistance (fig.77).



Figure 77: A gauche on observe l'insertion de l'armature le long du chemin d'insertion jusqu'à ce que la résistance soit ressentie, et à droite, l'armature assise avec un film de marquage occlusal interposé entre le côté tissulaire et la zone d'interférence [25].

4. Retirer la prothèse et on observe les zones marquées par le film.
5. Vérifier avant d'effectuer des retouches que l'épaisseur minimale du métal soit de 1,5mm. Pour cela on peut utiliser des étriers (fig.78) [25].



Figure 78: (A gauche) Mesure de l'épaisseur du métal du cadre dans la zone d'interférence avec les étriers ; (A droite) On vérifie qu'il y ait plus d'1,5mm d'épaisseur de métal [25].

6. Effectuer la retouche à l'aide de fraises diamantées cylindriques ou sphériques montée sur une turbine ou un contre angle bague orange ou rouge. Il est important de fraiser à grande vitesse et avec une grande quantité d'eau pour éviter tout réchauffement du métal et donc des déformations (fig.79) [25].



Figure 79: Ajustement des zones de reliure avec une fraise diamantée cylindrique montée sur turbine sous refroidissement par air [25].

7. Répéter les étapes 3 à 6 jusqu'à ce que l'armature repose complètement, tout en respectant une épaisseur de métal d'au moins 1,5mm.

4.3.3 Réglage de l'occlusion :

Le praticien vient ensuite vérifier l'occlusion de façon bilatérale à l'aide de papier articulé monté sur des pinces de Miller. Les retouches occlusales peuvent concerner :

- Les dents artificielles,
- L'infrastructure métallique ou la résine,
- Le taquet occlusal du crochet,

Les retouches se feront avec :

- Une fraise flamme et des pointes à polir pour les dents artificielles,
- Une fraise résine montée sur pièce à main la résine de l'intrados ou l'extrados,
- Pour les parties métalliques le praticien utilisera une fraise métallique,

Dans le cadre de réparation de dents artificielles ou d'adjonction de dents artificielles il est important d'obtenir des contacts harmonieux intermaxillaires.

Le praticien va donc réaliser l'équilibration occlusale statique et dynamique (protection de groupe ou canine).

Si les modifications à réaliser sont trop conséquentes il est préférable de réaliser un articulé de Tench et de renvoyer au prothésiste pour qu'il puisse remonter les dents.

Pour rappel :

L'articulé de Tench est réalisé en doublant une bande d'Aluwax® qui sera réchauffée et placée au niveau des secteurs prémolaire/molaire puis indentée.

L'indentation doit être :

- Précise,
- Peu profonde (environ 0,5mm à 1mm),
- Symétrique,
- Sans perforation (sinon cela peut entraîner une instabilité prothétique),

Une séance dite de « doléance » est réalisée idéalement dans les 48 heures après la livraison de la prothèse afin de s'assurer de la bonne adaptation de la prothèse dans la bouche du patient.

Dans certains cas, des retouches peuvent à nouveau être réalisées par le praticien.

Il faut indiquer de manière préventive au patient que certaines douleurs peuvent apparaître :

- Blessures ou irritations persistantes,
- Altération tissulaire due au port de la prothèse amovible,
- Inconfort douleurs qui peuvent être liés à un mauvais réglage occlusal,

Dans ce cas, le patient devra reprendre rendez-vous pour que le praticien puisse continuer le suivi d'adaptation de la prothèse amovible et effectuer les retouches nécessaires.

5 Conclusion :

Toute réalisation prothétique nécessite un plan de traitement global où la chronologie et le rôle des différents intervenants (praticiens d'autres spécialités éventuellement mais aussi et surtout les prothésistes de laboratoire) doivent être définis précisément, faute de quoi le risque d'erreurs peut devenir difficilement prévisible.

La compréhension des différentes étapes cliniques et au laboratoire de prothèse permet au praticien d'entreprendre au mieux le protocole de réparation et d'anticiper voire repérer les erreurs possibles lors des différentes étapes de la réparation d'un crochet coulé ou d'une dent sur PAPIM. Les différents protocoles sont résumés dans les 12 tableaux en annexe.

Ainsi, le praticien devra définir au mieux les causes de la fracture d'une dent ou d'un crochet sur PAPIM et enregistrer puis transmettre de façon fidèle et précise au prothésiste l'ensemble des informations nécessaires à la réparation.

Le prothésiste de son côté devra réaliser la réparation en respectant un protocole strict et précis afin de garantir la pérennité de la réparation.

Enfin, le patient devra rester vigilant envers son dispositif médical et effectuer des rendez-vous de contrôle annuels voire biannuels pour garantir la pérennité des soins.

La garanti d'une réparation fidèle et durable découle de ces deux dualités praticien-patient et praticien-prothésiste.

6 Bibliographie :

1. Kim JJ. Revisiting the Removable Partial Denture. Dental Clinics of North America. 2019.
2. Schittly J, Schittly E, Duminil G, Millet P, Svoboda JM. Prothèse amovible partielle: clinique et laboratoire. 3e éd. Puteaux: Éditions CdP; 2020. (JPIO).
3. Graber G. Removable partial dentures. 1. ed. Stuttgart New York: Thieme; 1988. 216 p. (Color atlas of dental medicine / ed.: K. H. Rateitschak).
4. Begin M, Fouilloux I. La prothèse partielle amovible: conception et tracés des châssis. Paris Berlin Chicago [etc.]: Quintessence international; 2004. (Réussir).
5. Cheylan JM, Archien C. Biocompatibilité des métaux, alliages et céramiques dentaire. 2005;16.
6. Meyer JM, Degrange M, Degrange M. Alliages nickel-chrome et cobalt-chrome pour la prothèse dentaire, Ency. Med. Chir. Stomatologie-odontologie. Paris; 1992.
7. Zheng J, Aarts JM, Ma S, Waddell JN, Choi JJE. Different Undercut Depths Influence on Fatigue Behavior and Retentive Force of Removable Partial Denture Clasp Materials: A Systematic Review. J Prosthodont. 2023;32(2):108-15.
9. Morin A, Lopez I, Coeuriot JL, Millet P. Dents artificielles et prothèse amovible. EMC - Odontologie. mars 2005;1(1):1-12.
10. Helfer M. Étude des matériaux de reconstruction prothétique odontologique en salive artificielle [phdthesis]. Université de Lorraine; 2012.
12. Behr M, Zeman F, Passauer T, Koller M, Hahnel S, Buegers R, Lang R, Handel G, Kolbeck C. Clinical performance of cast clasp-retained removable partial dentures: a retrospective study. Int J Prosthodont. 2012;25(2):138-44.
13. Rocher P, Guyonnet J, Gregoire G. Travail des alliages dentaires. EMC - Dentisterie. 2004;1(3):284-311.
15. Vaillant-Corroy AS. Influence des coulées successives sur des alliages Ni-Cr et Co-Cr employés en odontologie prothétique. Lorraine; 2019.
16. Laviole O, Emmanuel D, J. B, V. I, I. Q, D. B, L. A. De l’empreinte à l’essai du châssis métallique: étapes de laboratoire et implications cliniques. Stratégie prothétique. 2005;5:261-72.
17. Saraç YŞ, Başoğlu T, Ceylan GK, Saraç D, Yapici O. Effect of denture base surface pretreatment on microleakage of a silicone-based resilient liner. The Journal of Prosthetic Dentistry. 2004;92(3):283-7.
18. Nasution H, Kamonkhantikul K, Arksornnukit M, Takahashi H. Pressure transmission area and maximum pressure transmission of different thermoplastic resin denture base materials under impact load. Journal of Prosthodontic Research. 2018;62(1):44-9.

19. Kurt M, Saraç YŞ, Ural Ç, Saraç D. Effect of pre-processing methods on bond strength between acrylic resin teeth and acrylic denture base resin. *Gerodontology*. 2012;29(2).
20. Merzouk N, Berrada S, Benfdil F, Abdedine A. Critères de choix des matériaux et techniques d'empreinte en Prothèse Amovible Partielle. *Actual Odonto-Stomatol*. 2008;(243):265-77.
21. Punj A, Bompolaki D, Garaicoa J. Dental Impression Materials and Techniques. *Dental Clinics of North America*. 2017;61(4):779-96.
22. Baig MR, Omar R. Association of fit of partial denture metal framework with various framework design features using alginate as a final impression material: A prospective clinical study. *Journal of Dentistry*. 2021;107:103608.
23. Milward PJ, Waters MG. The effect of disinfection and a wetting agent on the wettability of addition-polymerized silicone impression materials. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2001;86(2):165-7.
24. Bock JJ, Fuhrmann RA, Setz J. The influence of different disinfectants on primary impression materials. *Quintessence Int*. 2008; 39(3):e93-8.
25. Neppelenbroek KH, Campos Sugio CY, Gomes ACG, Cano IP, Urban VM, Porto VC. Occlusal marking film for accurate interference assessments of removable partial denture frameworks: A dental technique. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. 2022;128(5):864-6.

7 Webographie :

8. ANSM. Évolution réglementaire impactant les dispositifs médicaux qui contiennent du cobalt [Internet]. ANSM. [consulté le 11 déc 2023]. Disponible sur: <https://ansm.sante.fr/actualites/evolution-reglementaire-impactant-les-dispositifs-medicaux-qui-contiennent-du-cobalt>.
11. Larousse É. Définitions : fracture - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [consulté le 23 janv 2024]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/fracture/34943>.
14. Renfert L équipe de la technique dentaire. Technique de coulée de modèle Analyse, planification et confectionnement [Internet]. 2008 [cité 24 nov 2023]. Disponible sur: <https://docplayer.fr/84301223-De-modele-technique-de-coulee-de-modele-analyse-planification-et-confectionnement-renfert-l-equipe-de-la-technique-dentaire.html>.

8 Table des figures:

Figure 1: Composants métalliques d'une PAPIM [1].	13
Figure 2: Schéma de la répartition des forces sur un crochet coulé [2].	14
Figure 3: Schéma des différentes parties d'un crochet [2].	15
Figure 4: Emplacement idéal et préparation d'un repos cingulaire [1].	17
Figure 5: Crochet Ackers [3].	18
Figure 6: Crochet Anneau [4].	18
Figure 7: Crochet Nally-Martinet [3].	19
Figure 8: Crochet Bonwill [4].	19
Figure 9: Crochet Roach sur 43 [3].	20
Figure 10: Schéma de la polymérisation par chauffage du méthacrylate de méthyle [10].	25
Figure 11: Groupe incisivocanin Bioplus (De Trey Dentsply) en résine Inpen [9].	26
Figure 12: Groupe cuspidé Orthosit (Ivoclar) en résine Isosit. Iconographie personnelle.	27
Figure 13: Dents en porcelaine. Iconographie personnelle.	27
Figure 14: Répartition des échecs mécaniques des prothèses partielles en cobalt-chrome à 10 ans [12].	29
Figure 15: Mise en place de la cire pour la conception du crochet en respectant les règles de marquage de la ligne guide [14].	32
Figure 16: Cires profilées anatomiques [14].	33
Figure 17: Préformation des canaux de coulée [14].	33
Figure 18: A gauche, mise en place des canaux de coulée et de l'entonnoir de coulée pour une PAPIM [14].; A droite, mise en place des canaux de coulée et de l'entonnoir de coulée pour un crochet Roach. Iconographie personnelle.	34
Figure 19: Coulée du revêtement pour la mise en cylindre. Iconographie personnelle.	34
Figure 20 : Mise en place des moufles dans le four pour la cuisson. Iconographie personnelle.	35
Figure 21 : Mise en place de l'alliage dans le creuset. Iconographie personnelle.	35
Figure 22: Démoulage et grattage dans un box de grattage [14].	36
Figure 23: Disque à tronçonner (à gauche) ; crochet métallique relié à la pièce de coulée avant découpe (à droite). Iconographie personnelle.	36
Figure 24: Disque de polissage monté sur pièce à main. Iconographie personnelle.	37
Figure 25: Crochet roach poli et brillanté. Iconographie personnelle.	37
Figure 26: Conception numérique d'un crochet ROACH sur 43 après la fracture et perte du crochet de la PAPIM. Iconographie personnelle.	38
Figure 27 : Crochet roach usiné. Iconographie personnelle.	38
Figure 28: Réalisation d'un « cran » qui forme une zone de rétention qui va faciliter le positionnement du crochet au niveau de la grille métallique. Iconographie personnelle.	39
Figure 29: Soudeuse laser. Iconographie personnelle.	40
Figure 30: Formation de porosités de rétraction dans le métal d'apport en raison d'un interstice de brasage trop important [13].	43
Figure 31: Schéma représentant l'espace à respecter pour favoriser l'aspiration par capillarité de la brasure [13].	44
Figure 32: Schéma représentant les différentes structures chimiques des résines polymérisables [18].	47

Figure 33: Portes empreinte métalliques perforés. Iconographie personnelle. .50	50
Figure 34: Organigramme des différentes familles de matériaux à empreintes [20].52	52
Figure 35: PAPIM hors bouche présentant une fracture du crochet roach sur la 13. Iconographie personnelle.55	55
Figure 36 : Mise en bouche avant sur-empreinte d'une PAPIM présentant une fracture du crochet métallique (roach) sur 13. Iconographie personnelle.55	55
Figure 37: Réalisation de la sur-empreinte à l'alginate. Iconographie personnelle.55	55
Figure 38: Désinsertion de la PAPIM après coulée de l'empreinte (à gauche) ; Incisive latérale droite en plâtre cassée qui sera recollé par le prothésiste (à droite). Iconographies personnelles.57	57
Figure 39 : Retrait de la résine en regard du crochet fracturé sur 13 à l'aide d'une fraise résine montée sur pièce à main (photographie de gauche) ; Prothèse amovible après le retrait de la résine et mise à nue de la base du crochet coulé avant réparation (photographie de droite). Iconographies personnelles.58	58
Figure 40: Vérification du positionnement du crochet avant soudure. Iconographie personnelle.58	58
Figure 41: Soudure laser par ajout de matériau (fil cobalt-chrome). Iconographie personnelle.59	59
Figure 42: Vérification de l'adaptation du crochet après soudure. Iconographie personnelle.59	59
Figure 43: Sablage de la pièce prothétique. Iconographies personnelles.59	59
Figure 44: Pâte de brillantage DIALUX®. Iconographie personnelle.60	60
Figure 45: PAPIM repositionnée sur le modèle en plâtre. Iconographie personnelle.60	60
Figure 46: Sélection par le prothésiste de la dent artificielle à remplacer via une sélection de dents de la marque Ivoclar®. Iconographie personnelle.61	61
Figure 47: Application d'un vernis isolant sur le modèle en plâtre à l'aide d'un pinceau. Iconographie personnelle.62	62
Figure 48: PAPIM sur modèle en plâtre après meulage de la zone d'intérêt à la fraise résine. Iconographie personnelle.62	62
Figure 49: Contrôle par le prothésiste de l'ajustement des dents artificielles avant incrustations dans la résine. Iconographie personnelle.63	63
Figure 50: Réalisation d'entailles cervico-palatines sur la dent numéro 22 afin de faciliter l'incrustation dans la résine de la dent. Iconographie personnelle.64	64
Figure 51: Réalisation d'un mélange poudre/liquide de la marque Méliodent® afin d'obtenir une résine auto-polymérisable. Iconographie personnelle.64	64
Figure 52: Mise en place de la résine auto-polymérisable sur la PAPIM. Iconographie personnelle.65	65
Figure 53: Tracé du sulcus de la dent 22 à l'aide d'un couteau à cire. Iconographies personnelles.65	65
Figure 54: Polymérisation d'une PAPIM dans une cocotte automatique à 45°C pendant 6 minutes. Iconographie personnelle.66	66
Figure 55: Polissage de la PAPIM à l'aide d'une fraise en silicone montée sur pièce à main. Iconographie personnelle.66	66
Figure 56: Redéfinition des collets à l'aide d'une fraise boule tungstène montée sur pièce à main. Iconographie personnelle.67	67
Figure 57: Polissage de l'infrastructure métallique et de la résine avec une pâte à base d'argile. Iconographie personnelle.67	67
Figure 58: Application de la pâte à brillantage DIALUX® sur le disque à polir. Iconographie personnelle.68	68

Figure 59: Nettoyage de la PAPIM à la vapeur d'eau sous haute pression. Iconographie personnelle.....	68
Figure 60: PAPIM réparée et prête à être réexpédiée au cabinet dentaire. Iconographie personnelle.....	69
Figure 61: Modèle scanné avec la PAPIM à réparer en place puis représenté en 3D via le logiciel CFAO. Iconographie personnelle.	70
Figure 62: Représentation de la séquence de conception numérique de plaque métallique sur le logiciel de CFAO. Iconographie personnelle.....	71
Figure 63: Mise à nu de l'infrastructure métallique de la PAPIM par grattage à la fraise résine montée sur pièce à main avant soudure laser de la grille de rétention. Iconographie personnelle.	71
Figure 64: Réalisation de la grille de rétention via CAO. Iconographie personnelle.	72
Figure 66: Représentation numérique de la fusion de la grille de rétention avec l'ajout de la plaque métallique. Iconographie personnelle.	72
Figure 65: Ajout de la plaque métallique autour de la grille de rétention. Iconographie personnelle.....	72
Figure 67: Mise en place de « l'arrêt de résine ». Iconographie personnelle. ...	73
Figure 68: Réalisation du picot sur la grille de rétention. Iconographie personnelle.	73
Figure 69: Réalisation du « plot » dans la grille de rétention (ici en bleu pointé sur l'écran par la souris de l'ordinateur). Iconographie personnelle.....	74
Figure 70: Butée tissulaire se trouvant sous la grille de rétention (ici pointée par la souris de l'ordinateur). Iconographie personnelle.	74
Figure 71: Vérification de l'adaptation de la grille de rétention sur le modèle. Iconographie personnelle.....	75
Figure 72: Grille de rétention après soudure laser sur l'infrastructure métallique. Iconographie personnelle.....	75
Figure 73: Grattage de la grille de rétention (à gauche) ; polissage de la grille de rétention (à droite). Iconographies personnelles.	76
Figure 74: Grille de rétention soudée et polie validée par le prothésiste. Iconographie personnelle.....	76
Figure 75: Contrôle de la livraison de la PAPIM sur le modèle en plâtre après réparation du crochet roach sur 13. Iconographie personnelle.....	78
Figure 76: Contrôle de l'ajustement de la PAPIM en bouche après réparation du crochet coulé sur 13. Iconographie personnelle.	78
Figure 77: A gauche on observe l'insertion de l'armature le long du chemin d'insertion jusqu'à ce que la résistance soit ressentie, et à droite, l'armature assise avec un film de marquage occlusal interposé entre le côté tissulaire et la zone d'interférence [25].	79
Figure 78: (A gauche) Mesure de l'épaisseur du métal du cadre dans la zone d'interférence avec les étiéris ; (A droite) On vérifie qu'il y ait plus d'1,5mm d'épaisseur de métal [25].	79
Figure 79: Ajustement des zones de reliure avec une fraise diamantée cylindrique montée sur turbine sous refroidissement par air [25].....	80

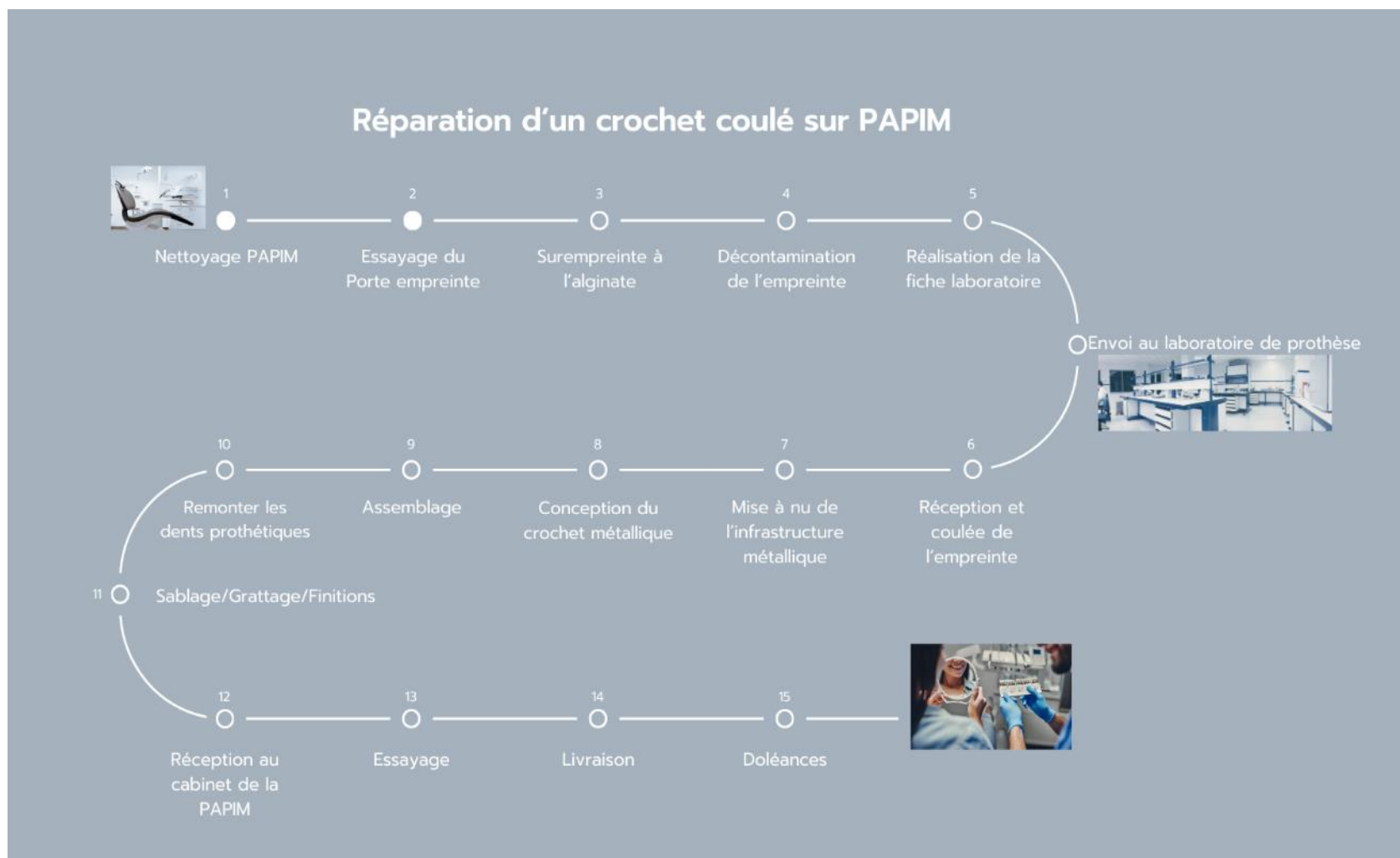
9 Table des tableaux :

Tableau 1: Tableau comparatif des principales propriétés des matériaux à empreinte [20].....	52
--	----

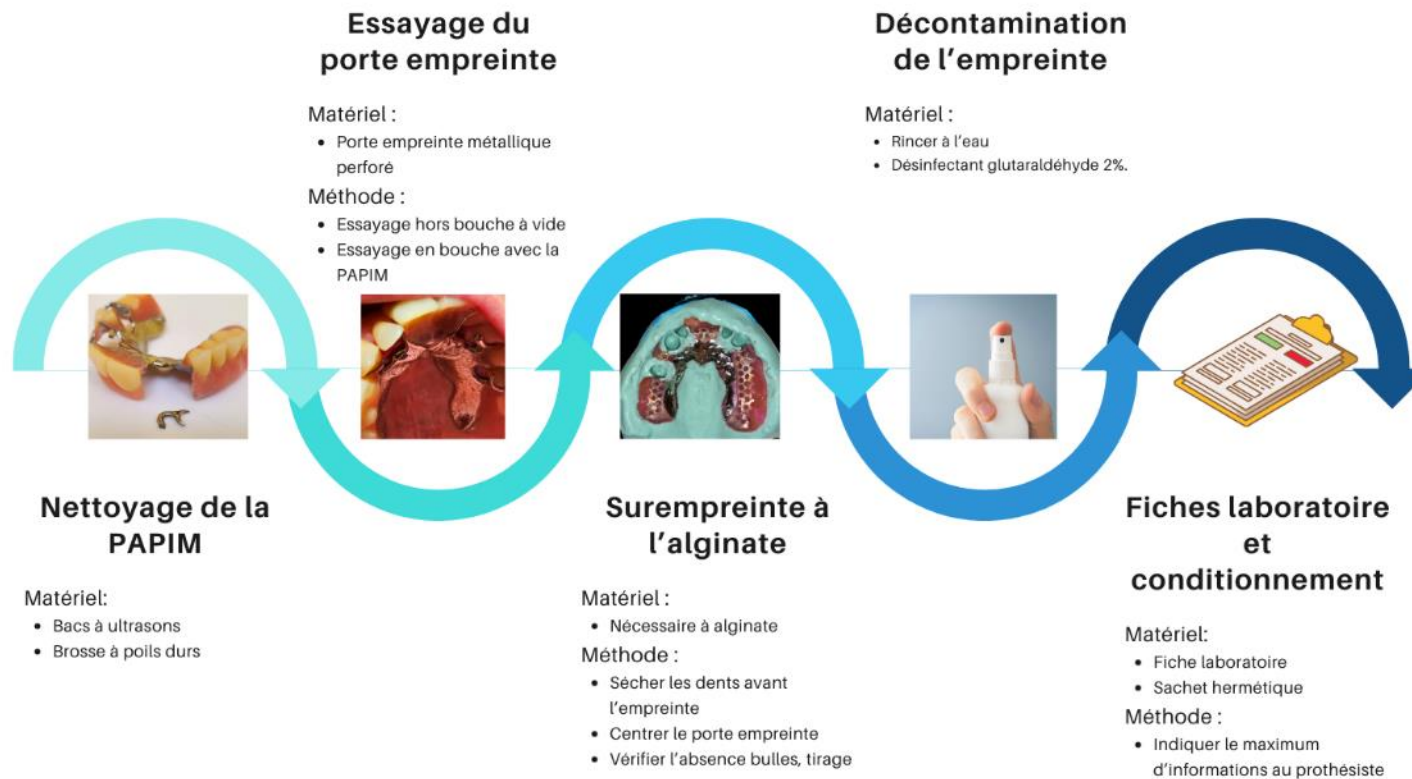
10 Annexes :

Annexe 1: Résumé des étapes de réparation d'un crochet coulé sur PAPIM du cabinet au laboratoire de prothèse.	91
Annexe 2: Résumé des étapes de réparation d'un crochet coulé sur PAPIM au cabinet dentaire.	92
Annexe 3: Résumé des étapes de réparation d'un crochet coulé sur PAPIM au laboratoire de prothèse.	93
Annexe 4: Résumé des étapes de réparation d'un crochet coulé sur PAPIM au cabinet dentaire.	94
Annexe 5: Résumé des étapes de réparation d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM du cabinet au laboratoire de prothèse.	95
Annexe 6: Résumé des étapes de réparation d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM du cabinet dentaire.	96
Annexe 7: Résumé des étapes de réparation d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM au laboratoire de prothèse.	97
Annexe 8: Résumé des étapes de réparation d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM au cabinet dentaire.	98
Annexe 9: Résumé des étapes d'adjonction d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM du cabinet au laboratoire de prothèse.	99
Annexe 10: Résumé des étapes d'adjonction d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM au cabinet dentaire.	100
Annexe 11: Résumé des étapes d'adjonction d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM au laboratoire de prothèse.	101
Annexe 12: Résumé des étapes d'adjonction d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM au cabinet dentaire.	102

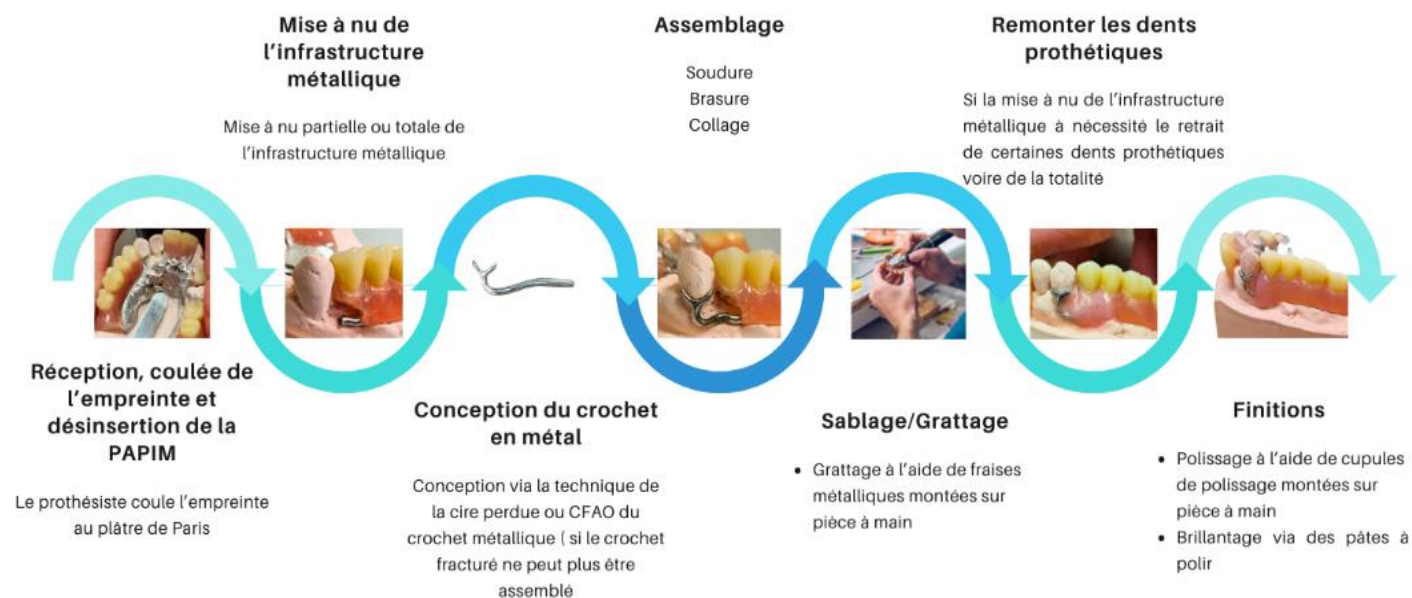
Annexe 1: Résumé des étapes de réparation d'un crochet coulé sur PAPIM du cabinet au laboratoire de prothèse.

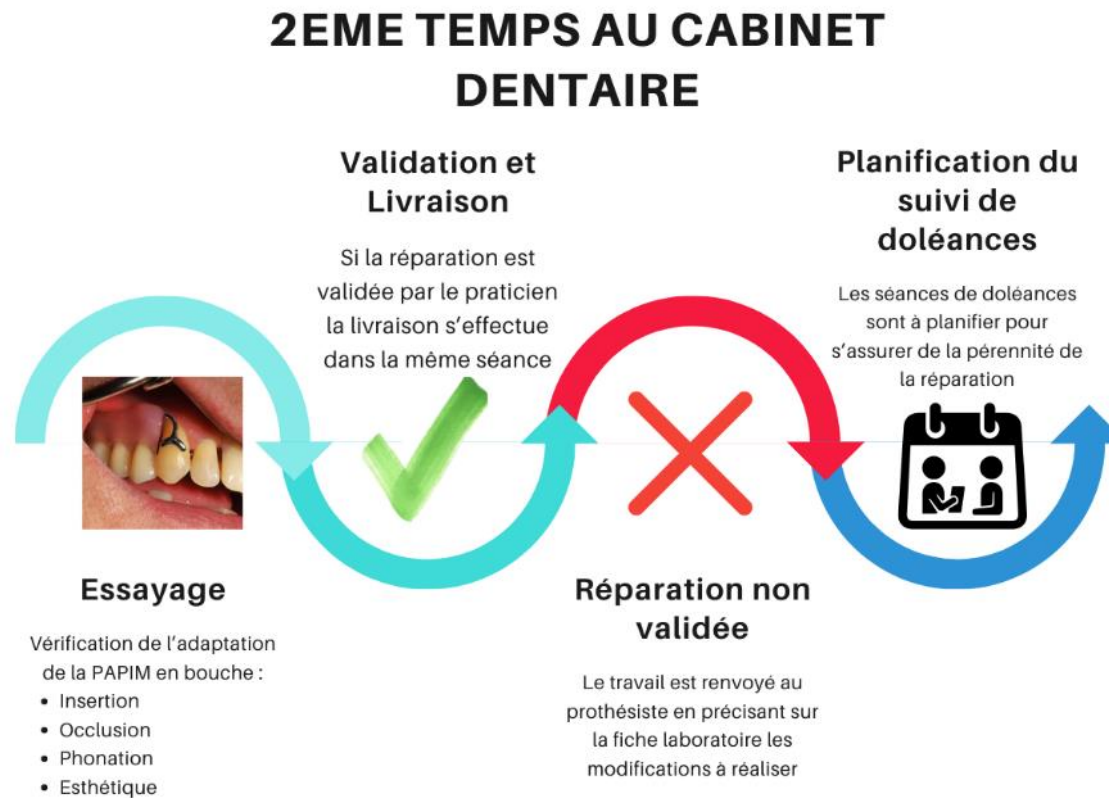


1ER TEMPS AU CABINET DENTAIRE

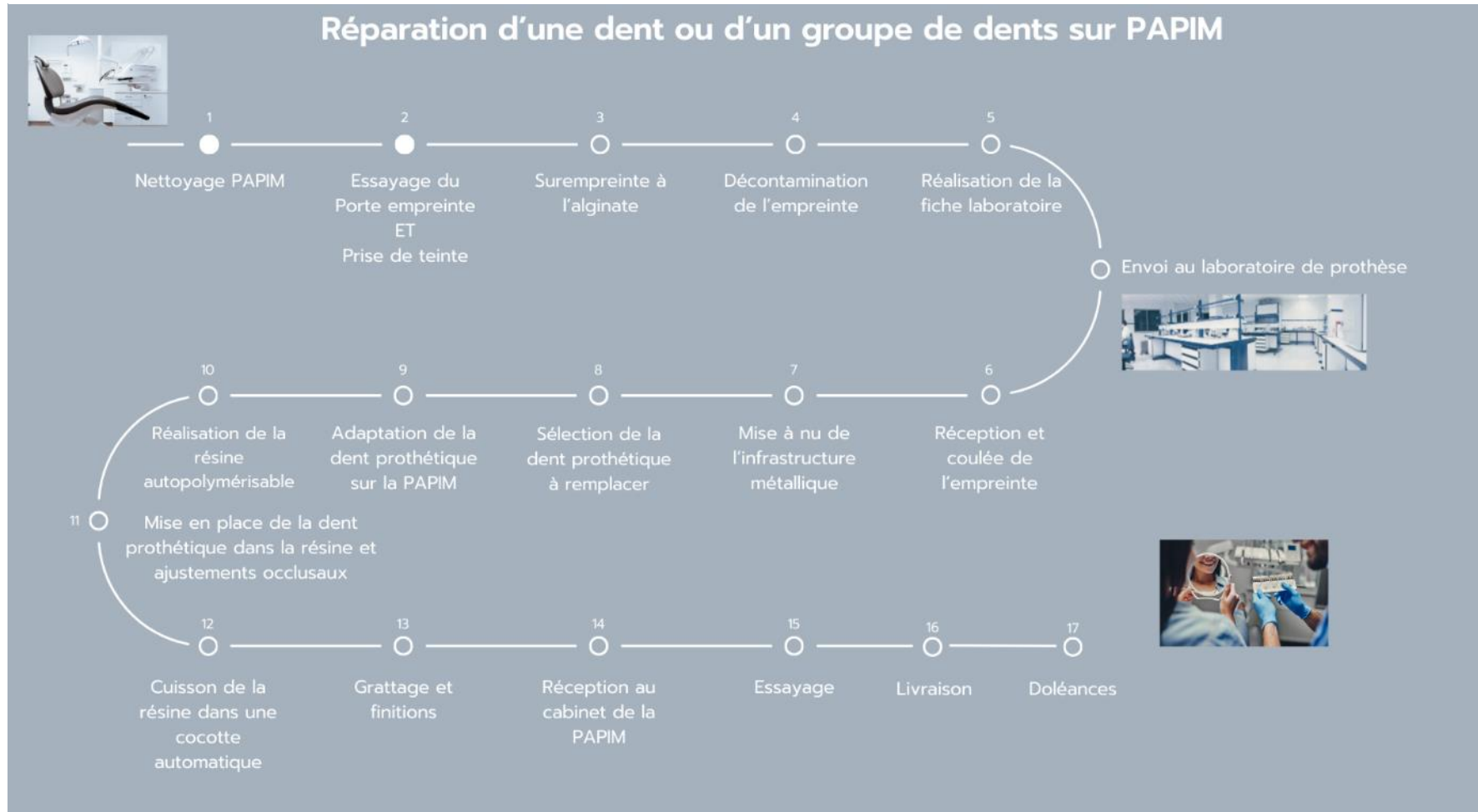


1ER TEMPS AU LABORATOIRE DE PROTHÈSE

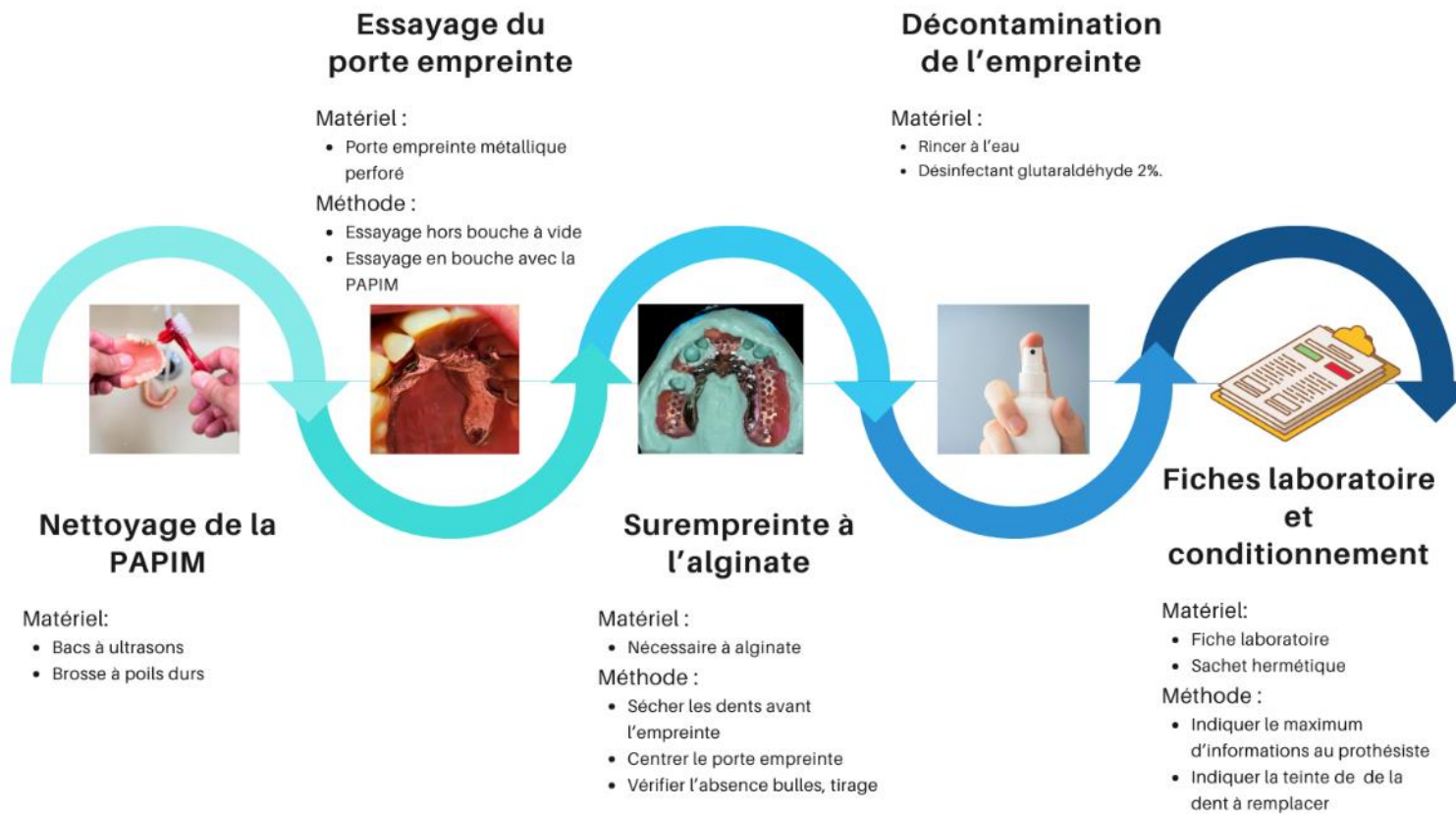




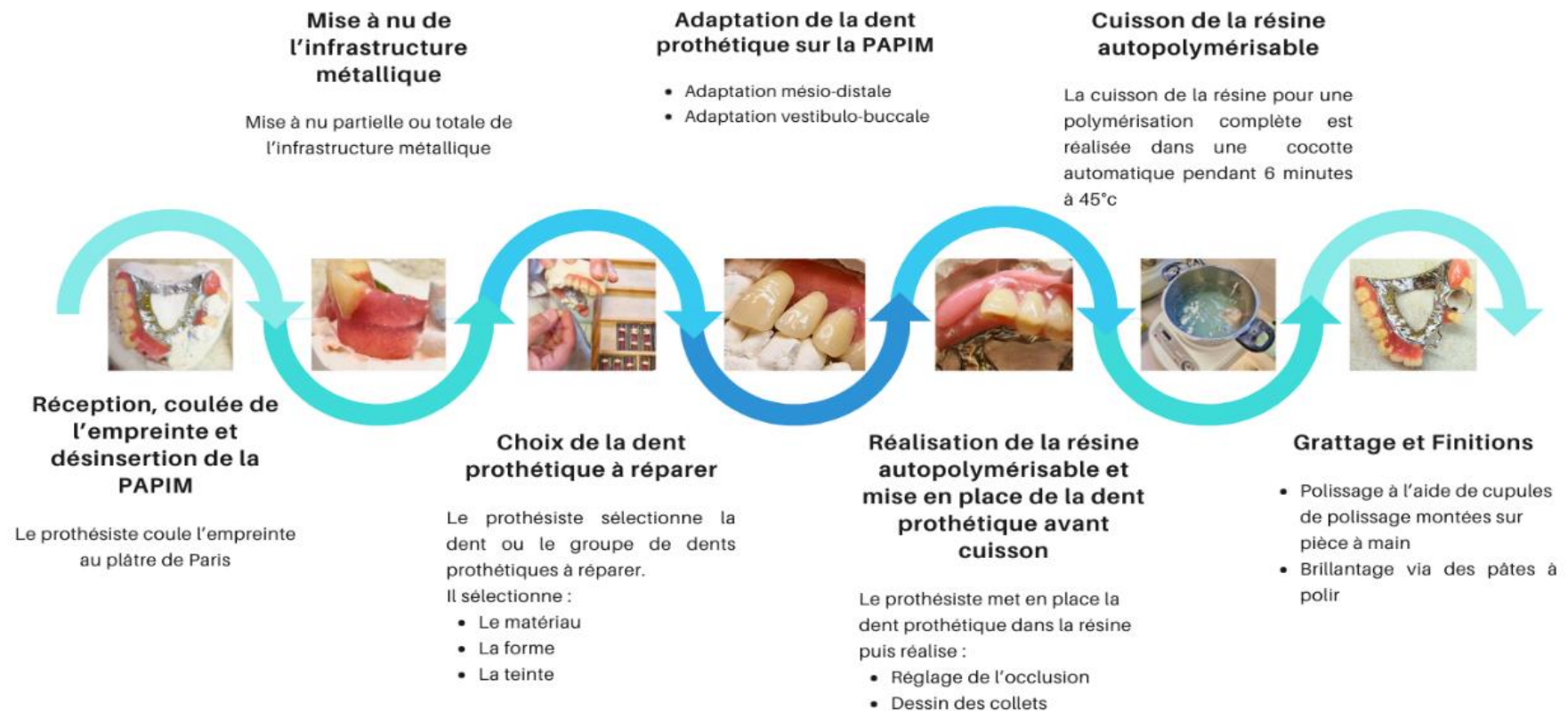
Annexe 5: Résumé des étapes de réparation d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM du cabinet au laboratoire de prothèse.



1ER TEMPS AU CABINET DENTAIRE

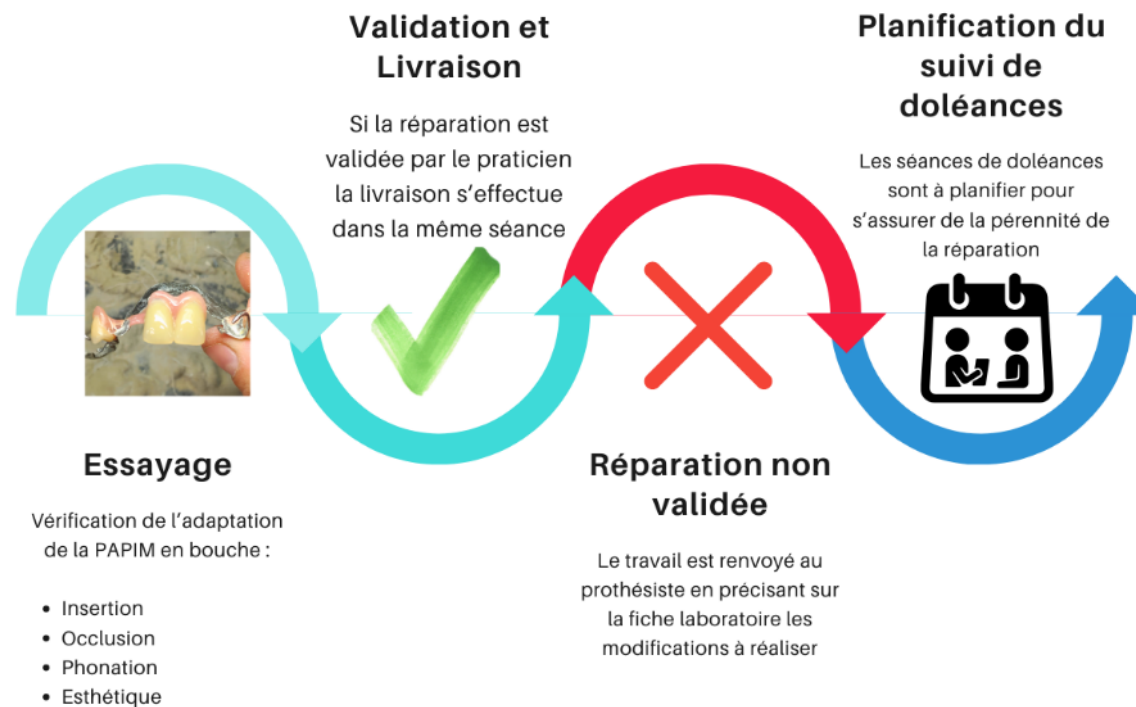


1ER TEMPS AU LABORATOIRE DE PROTHÈSE

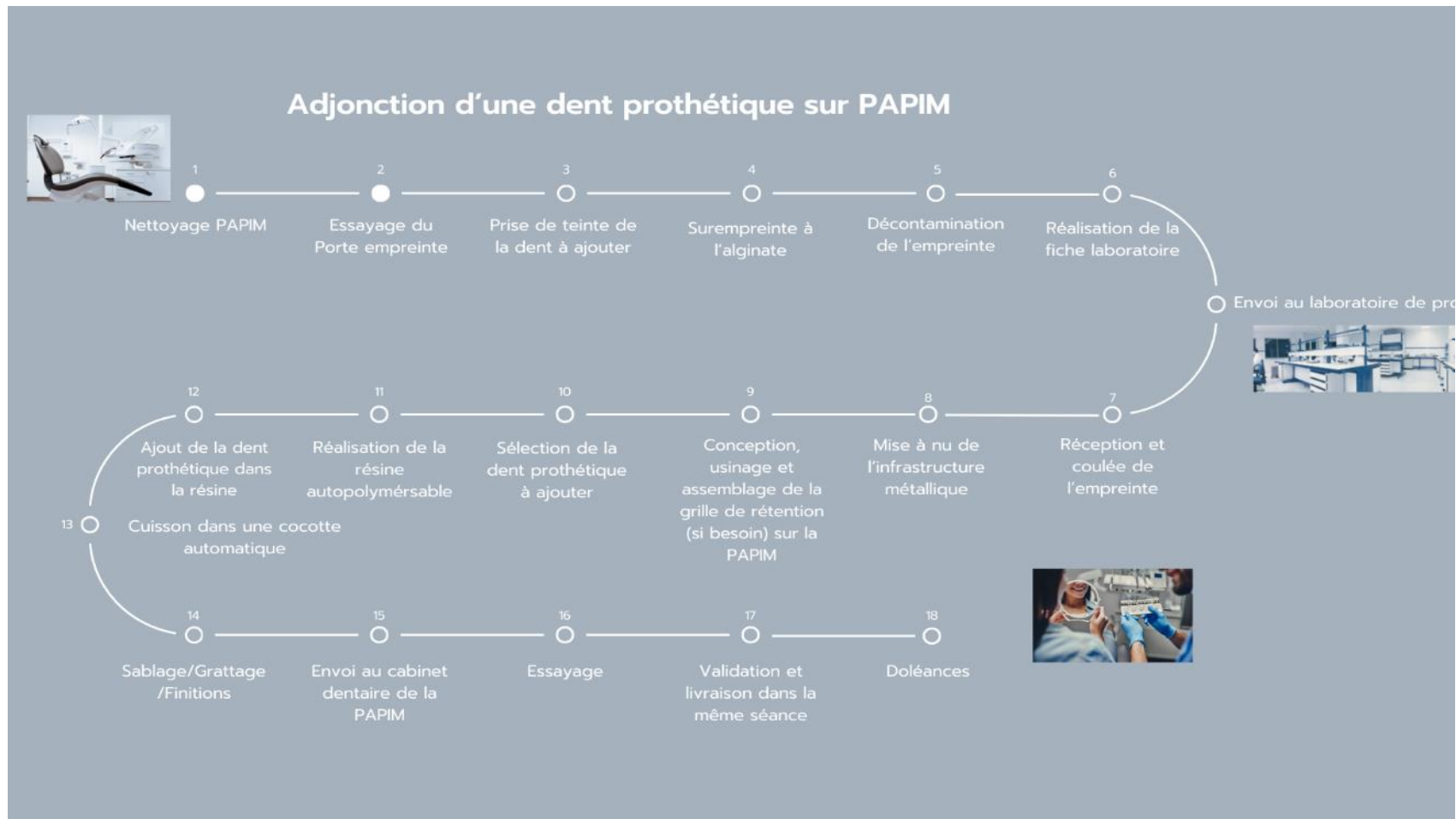


Annexe 8: Résumé des étapes de réparation d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM au cabinet dentaire.

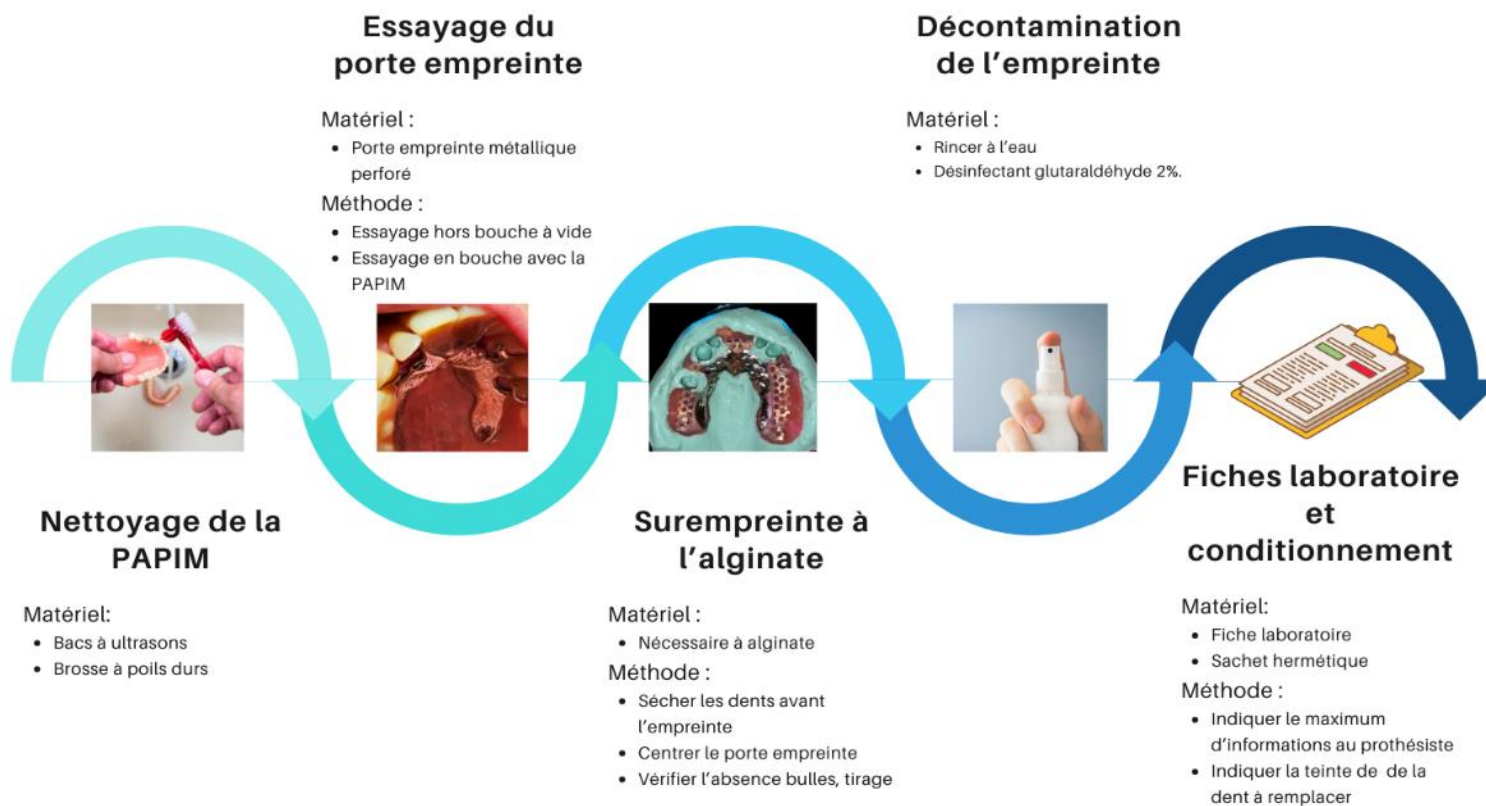
2EME TEMPS AU CABINET DENTAIRE



Annexe 9: Résumé des étapes d'adjonction d'une ou plusieurs dents prothétiques sur PAPIM du cabinet au laboratoire de prothèse.



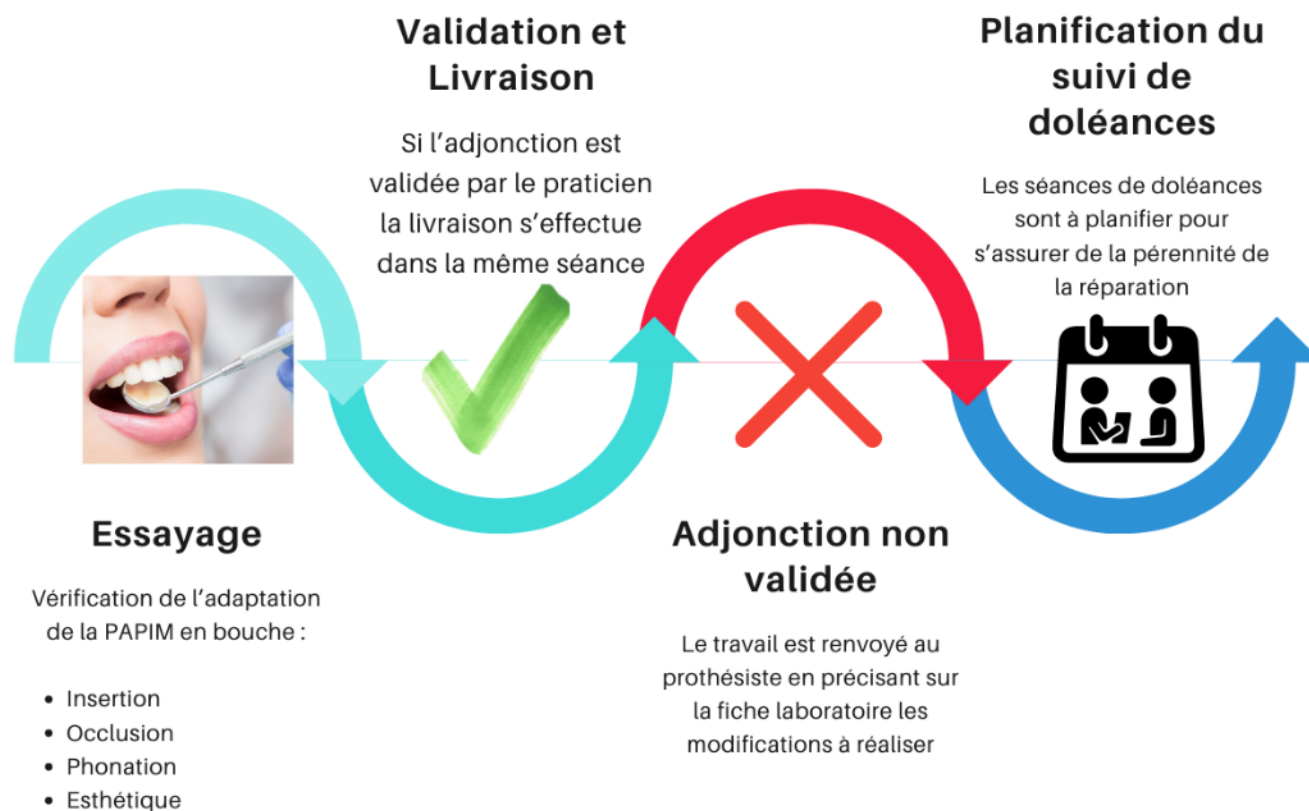
1ER TEMPS AU CABINET DENTAIRE



1ER TEMPS AU LABORATOIRE DE PROTHÈSE



2EME TEMPS AU CABINET DENTAIRE



Les réparations de crochets coulés et l'adjonction de dents prothétiques sur prothèse amovible partielle à infrastructure métallique.

GUEVENOUX Aristide - p. (104) : ill. (92) ; réf. (25).

Domaines : Prothèse amovible

Mots clés Libres : Prothèse amovible partielle à infrastructure métallique ; Réparation crochet coulé ; réparation dent prothétique; soudure laser ; surempreinte ; adjonction dent prothétique.

Résumé de la thèse :

La fracture de crochet coulé ou la perte d'une dent ou d'un groupe de dents prothétiques sur une prothèse amovible partielle à infrastructure métallique (PAPIM) fait partie intégrante des motifs de consultation d'urgence au cabinet.

Les différentes étapes de réparation que ce soit au cabinet dentaire ou au laboratoire de prothèse doivent être parfaitement prises en compte par le praticien afin de limiter et anticiper les erreurs possibles.

Le praticien doit donc communiquer de façon précise et intelligible avec le prothésiste et le patient afin d'assurer une réparation adéquate et pérenne.

JURY :

Président : Monsieur le Professeur Philippe Boitelle

Asseseurs : Monsieur le Docteur Jérôme Vandomme
Monsieur le Docteur Virgile Modaine
Monsieur le Docteur Philippe Rocher

