

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG  
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2023

N° 78

**THÈSE**

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire  
le 07 décembre 2023

par

PHONCHAREUN Estelle  
née le 27/03/1996 à THIAIS

**ÉTAT DES LIEUX SUR LA CONTENTION  
ORTHODONTIQUE : REVUE DE LA LITTÉRATURE**

Président : Professeur MINOUX Maryline  
Assesseurs : Docteur BOLENDER Yves  
Docteur WAGNER Delphine  
Docteur KOL Elia  
Membre invité : Docteur KAMM Quentin





**FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE ROBERT FRANK  
DE L'UNIVERSITE DE STRASBOURG**

**Doyen :** **Professeur Florent MEYER**

**Doyens honoraires :** Professeurs Maurice LEIZE, Youssef HAIKEL, Corinne TADDEI-GROSS

**Professeur émérite :** Professeur Anne-Marie MUSSET

**Responsable administrative :** Madame Marie-Renée MASSON

---

**Professeurs des Universités :**

Vincent BALL	Ingénierie Chimique, Energétique - Génie des Procédés
Agnès BLOCH-ZUPAN	Sciences Biologiques
François CLAUSS	Odontologie pédiatrique
Jean-Luc DAVIDEAU	Parodontologie
Youssef HAIKEL	Odontologie conservatrice – Endodontie
Olivier HUCK	Parodontologie
Sophie JUNG	Sciences Biologiques
Florent MEYER	Sciences Biologiques
Davide MANCINO	Odontologie conservatrice – Endodontie
Maryline MINOUX	Odontologie conservatrice – Endodontie
Damien OFFNER	Santé publique
Corinne TADDEI-GROSS	Prothèses
Matthieu SCHMITTBUHL	Sciences anatomiques et Physiologie – Imagerie ( <i>détachement -&gt; 01/07/2024</i> )



### Maitres de Conférences :

Youri ARNTZ	Biophysique moléculaire
Sophie BAHI-GROSS	Chirurgie orale
Yves BOLENDER	Orthopédie Dento-Faciale
Fabien BORNERT	Chirurgie orale ( <i>disponibilité -&gt; 01/11/2023</i> )
Claire EHLINGER	Odontologie conservatrice – Endodontie ( <i>disponibilité -&gt; 31/08/2024</i> )
Olivier ETIENNE	Prothèses
Gabriel FERNANDEZ DE GRADO	Santé publique
Florence FIORETTI	Odontologie conservatrice – Endodontie
Catherine-Isabelle GROS	Sciences anatomiques et Physiologie – Imagerie
Nadia LADHARI	Sciences anatomiques et Physiologie – Imagerie ( <i>disponibilité -&gt; 03/12/2023</i> )
Catherine PETIT	Parodontologie ( <i>délégation -&gt; 01/01/2024</i> )
François REITZER	Odontologie conservatrice – Endodontie
Martine SOELL	Parodontologie
Marion STRUB	Odontologie pédiatrique
Xavier VAN BELLINGHEN	Sciences anatomiques et Physiologie – Imagerie
Delphine WAGNER	Orthopédie Dento-Faciale
Etienne WALTMANN	Prothèses
Claire WILLMANN	Prothèses

**À Madame le Professeur Maryline MINOUX**

Présidente du jury,

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier

Sous-section d'Odontologie Conservatrice et Endodontique ; UFR d'Odontologie de  
Strasbourg

*Merci de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury de thèse.*

*Veillez trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance et de ma sincère  
estime.*

**À Monsieur le Docteur Yves BOLENDER**

Directeur de thèse,

Maître de Conférences des Universités

Praticien Hospitalier

Sous-section d'Orthopédie Dento-Faciale ; UFR d'Odontologie de Strasbourg

*Merci de m'avoir fait l'honneur de diriger cette thèse.*

*Merci pour vos conseils avisés lors de la rédaction de mon mémoire et de ma thèse.*

*Merci pour votre investissement et votre implication au quotidien pour l'excellence de la formation en Orthopédie Dento-Faciale de Strasbourg.*

*Veillez trouver ici l'expression de ma profonde gratitude et le témoignage de mon plus grand respect.*

**À Madame le Docteur Delphine WAGNER**

Membre du jury,

Maître de Conférences des Universités

Praticien Hospitalier

Sous-section d'Orthopédie Dento-Faciale ; UFR d'Odontologie de Strasbourg

*Merci de m'avoir fait l'honneur de faire partie de ce jury de thèse.*

*Merci pour votre gentillesse, votre bienveillance et vos enseignements.*

*Veillez trouver ici l'expression de mon plus profond respect et de ma plus sincère  
gratitude.*

**À Madame le Docteur Elia KOL**

Co-directrice de thèse,

Chef de Clinique – Assistant Hospitalo-Universitaire  
Sous-section d'Orthopédie Dento-Faciale ; UFR d'Odontologie de Strasbourg

*Merci de m'avoir fait l'honneur et le plaisir de diriger cette thèse.*

*Merci pour votre précieuse aide lors de la rédaction de ma thèse et de mon mémoire,  
votre disponibilité et votre soutien qui m'ont été inestimables.*

*Merci pour cette belle amitié qui dure depuis bien avant et renforcée par cet internat,  
ce fut avec beaucoup de plaisir que j'ai pu partager tous ces moments à vos côtés.*

*Veillez trouver ici le témoignage de ma plus grande reconnaissance et de mes  
remerciements les plus sincères.*

**À Monsieur le Docteur Quentin KAMM**

Membre invité du jury,

Praticien Hospitalier

Sous-section d'Orthopédie Dento-Faciale ; UFR d'Odontologie de Strasbourg

*Merci de m'avoir fait l'honneur de faire partie de ce jury de thèse.*

*Merci pour votre aide, votre disponibilité et vos conseils avisés lors de la rédaction de mon mémoire, qui m'ont été extrêmement précieux.*

*Merci pour votre bienveillance et vos enseignements lors de ma formation clinique.*

*Veillez trouver ici l'expression de ma profonde admiration et de ma gratitude la plus sincère.*

**À mes parents,** vous avez parfois été durs, mais je comprends maintenant que c'était votre façon de me transmettre l'éducation que vous aviez reçue. Vous aviez tout perdu et vous avez tout reconstruit. Vous avez tout fait pour que nous ne manquions de rien. Et vous avez fait tant de sacrifices pour nous offrir toutes les chances de réussir. Je vous en serai éternellement reconnaissante. Vous êtes des modèles, et je suis fière d'être votre fille. Ce travail vous est dédié, car c'est grâce à vous que j'en suis là aujourd'hui.

**Papa,** tu travaillais dur et tu rentrais tard. Je me souviens également des mercredis après-midi où tu nous amenais à la bibliothèque, c'était mon moment préféré de la semaine. Tu n'hésitais pas à parcourir des kilomètres pour moi. Merci pour l'éducation que tu m'as donnée et les valeurs de persévérance que tu m'as transmises. T'entendre dire que tu es fier de moi est la plus belle des récompenses.

**Mama,** tu m'as souvent rappelée que tu avais dû commencer à travailler très tôt pour soutenir ta famille. Peu après ma naissance, tu avais déjà repris le travail. En CP, alors que tu ne maîtrisais pas le français, tu m'aidais pour mes devoirs. Je suis admirative du fait que tu parles plus de 5 langues et je me demande où tu aurais été si tu avais eu ta chance. Je me souviens qu'on traversait tout Paris pour aller chez l'orthodontiste, et tu mettais un point d'honneur à ce que ce soit le samedi pour que je ne rate pas les cours. Merci de m'avoir transmis l'amour du voyage après nous avoir montré la beauté du Laos et de la Chine, et de m'avoir ouverte au monde.

**À ma petite sœur, Ophélie,** à ma Anna, ma partenaire de crime. Merci d'avoir toujours cru en moi et de m'accompagner au quotidien. Merci de m'avoir suivie dans les aventures les plus folles, du Japon à l'Islande, en passant par l'Australie ou Angoulême. Avec toi, j'ai vécu les meilleurs moments de ma vie. Avec toi, même si je suis toute seule, je n'ai aucune raison d'avoir peur. Je n'aurais pas pu rêver d'une meilleure sœur. À nos sorties culinaires et culturelles, à nos péripéties passées et à venir. Je t'aime jusqu'à la lune et au soleil.

**À mon petit frère, Alex,** merci de m'avoir supportée toutes ces années. Je n'ai pas été la meilleure des sœurs et je ne peux pas retourner dans le passé, mais je ferai en sorte de devenir meilleure. Merci de me prêter une oreille attentive quand j'en ai besoin. Merci pour la joie et la bonne humeur que tu m'apportes. Je suis fière d'avoir un frère comme toi et de la personne que tu es devenue. Ça m'a touchée que tu sois venu à Nancy pour me soutenir. Je ne te le dirai jamais assez, mais je t'aime !

**À toute ma famille, à mes grands-mères, mes tantes et mes oncles, mes cousines et cousins, aux nouveaux venus qui sont venus agrandir la famille,** je tenais à tous vous remercier du fond du cœur pour m'avoir accompagnée et soutenue toutes ces années. J'ai de la chance d'avoir une si belle famille, une grande constellation constituée d'étoiles flamboyantes. Vous êtes ce que j'ai de plus précieux et je vous aime profondément.

**À ma Ko Mama,** tu voulais devenir médecin et tu en avais les capacités, mais la vie ne t'a pas donné cette chance. Tu as tant vécu et tu t'es tant donnée pour ta famille, pour ta mère, tes frères et tes fils. Merci de t'être tant souciee de moi et de me considérer comme ta fille.

**À mes cousines et cousins, Stéphanie, Caroline, Frédéric, Valentine, Jérémy, Alexandre, Catherine, Julie, Théo et Tony.** Petite, j'attendais impatiemment l'été chaque année, pour qu'on puisse se retrouver auprès d'Ama, pour jouer dans le jardin, cueillir des cerises et profiter des barbecues. J'ai de la chance d'avoir pu grandir auprès de vous et j'ai hâte de nos prochaines cousinades.

**À mes cousins et ma cousine, Lowen, Loric, Lorand, Éric, Kevin, Nawinn, Anong,** merci pour tous ces moments de partage. J'espère que nous en vivrons plein d'autres !

**À mes 3 Koko particulièrement, Yen, Ping, Rhoa,** vous n'imaginez pas à quel point vous avez été une source d'inspiration pour moi et combien je suis heureuse d'être votre petite sœur. Vous m'embêtez, vous me reconfortez, vous me faites rire, vous me faites pleurer. Grandir auprès de vous est un cadeau que la vie m'a donné. Les vacances de Noël qu'on passait chez vous, avec Ama, étaient ma période préférée de l'année et me laissent des souvenirs impérissables.

**À mes amies, Bertilla, Doriana, Alyssa, Bénédicte, Kubra, Sara, Alice, Camille, Lorène, Manon.** Merci d'avoir été là pour moi à divers moments de ma vie quand j'en avais besoin, et pour tous les bons souvenirs que j'ai avec vous.

**À mes amies et mes amis du lycée,** c'était il y a 10 ans et ça n'a duré que 3 ans, mais c'est comme si c'était hier. Le lycée restera une période spéciale de ma vie grâce à vous.

**À la Dream Team, Shiro, Rebecca, Samira, Donia,** « Parce que c'était « vous », parce que c'était moi. » La Boétie – Montaigne.

**À Mirana,** merci pour notre sincère amitié. Depuis nos TP de SVT, à notre voyage à Kos, nos sorties vélo, boîte ou resto. Saches que je serai toujours là pour toi.

**À mes compagnons de PACES, Stephen, Thomas, Manon, Maissa, Flore et Flora.** Votre présence et votre humour en amphitheâtre étaient une bouffée d'air frais et me donnaient la motivation. Ce quotidien à Chatenay n'a duré qu'une année, mais j'ai la chance de pouvoir dire que j'en garde un bon souvenir grâce à vous.

**À mes amis de dentaire, Elia, Alexiane, Isabelle, Maureen, Charlotte, Clémence, Leslie, Morgane, Julia, Gallianne, Estelle, Marc, Yanis, Raphaël, Marcel, Anthony, Clément, Anh-Tuan, Alexandre,** et ceux que je n'ai pas cités. Merci pour ce quotidien qu'on a partagé, des TP et cours à la fac de Garancière, à la clinique à Rothschild ou La Pitié, en passant par la grève Dentger.

**À The Dentist, Elia, Alexiane, Isabelle, Maureen,** vous êtes des soleils qui illuminent ma vie. J'aimerais être toujours entourée de votre chaleur.

**À Andrea et Elia,** Strasbourg n'aurait pas été la même chose si vous n'aviez pas été là, ces moments avec vous me sont précieux. J'ai hâte de nos prochains Bubble Tea.

**À Stephen,** merci d'être mon ami depuis si longtemps. Sans ton soutien, tout cela n'aurait pas été réalisable. Je te remercie pour tout. À nos soirées Anime, House of the Dragon, et Burger Party qui ont ponctué mon année.

**À mes co-internes Strasbourgeois, Matthieu, Mélanie, Jérémy, Elia, Shyrel, Manon, Flore, Emma, Caroline, Yaël, Valentin, Guillaume, Constance et Gaël.** Merci pour votre présence au quotidien et les moments que nous avons partagés durant cet internat, entre les congrès, les typos, les restos ! J'en garderai les meilleurs souvenirs.

**À Elia,** pour ta gentillesse, des TP de prothèse en P2 où je te demandais ton avis pour mes préparations, à la DES1 quand on était voisines de box, et jusqu'à la fin de l'internat où tu as supervisé ma thèse. Merci de m'avoir guidée, telle une bonne étoile.

**À Caro,** pour les petits moments au quotidien et pour ton soutien pour cette thèse.

**À l'équipe enseignante du département d'Orthopédie Dento-Faciale du CHU de Strasbourg, Quentin, Morgan, Fred, Nico, Cihan, Delphine, Hélène, Valérie, Dr Grollemund, Dr Siebert, Dr Martin, Dr Starck et Dr Kanter,** merci pour ce que vous m'aurez enseigné et votre bienveillance à mon égard.

**À tout le reste de l'équipe, Estelle, Fabienne, Michelle, Véronique, Peggy, Isabelle,** merci pour votre accueil chaleureux. C'était un plaisir de vous voir au quotidien.

**À mes autres co-internes de Strasbourg et aux soignants du CHU de Strasbourg, particulièrement Bastien, Elizabeth, Sarah, Jennifer, Simon, Gabriel, Guilhèm, Maxime.** C'était un plaisir de vous avoir côtoyés.

**À toutes mes amies et à tous mes amis, d'hier et d'aujourd'hui, à mes professeurs,** merci pour tout. Je remercie toutes les rencontres que j'ai pu effectuer, qui m'ont menée là où je suis aujourd'hui. Même si nos chemins venaient à se séparer, j'ai été enchantée de vous avoir rencontrés.

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG  
FACULTÉ DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2023

N° 78

**THÈSE**

Présentée pour le Diplôme d'État de Docteur en Chirurgie Dentaire  
le 07 décembre 2023

par

PHONCHAREUN Estelle  
née le 27/03/1996 à THIAIS

**ÉTAT DES LIEUX SUR LA CONTENTION  
ORTHODONTIQUE : REVUE DE LA LITTÉRATURE**

Président : Professeur MINOUX Maryline  
Assesseurs : Docteur BOLENDER Yves  
Docteur WAGNER Delphine  
Docteur KOL Elia  
Membre invité : Docteur KAMM Quentin

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE</b> .....	<b>2</b>
<b>TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX</b> .....	<b>5</b>
<b>Liste des abréviations</b> .....	<b>8</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>9</b>
<b>I. Les différents types de contention</b> .....	<b>11</b>
1. Contention amovible.....	11
a. Plaque de Hawley .....	11
b. Gouttière plastique thermoformée (type Essix™).....	13
c. Autres contentions amovibles .....	14
1) Positionneur .....	14
2) Enveloppe linguale nocturne .....	14
2. Contention fixe collée .....	15
a. Fil collé.....	17
1) Fil monobrin rond .....	19
2) Fil rond multibrins.....	19
3) Fil plat de forme carré ou rectangulaire : monobrin ou multibrins .....	21
4) Fil de contention plat en chainettes.....	22
5) Autres contentions .....	22
b. Contention en composite renforcé par fibres de verre ou de polyéthylène .....	23
c. Moyens de contention permis par la CFAO .....	24
1) Fil Nitinol fabriqué par CFAO (Memotain™) .....	24
2) PEEK (polyétheréthercétone) et nouveaux biomatériaux .....	25
<b>II. LES PROTOCOLES DE MISE EN PLACE</b> .....	<b>26</b>
1. Protocoles pour une contention amovible .....	26
a. Protocole de réalisation de la plaque de Hawley .....	26
1) Conception et fabrication .....	26

2)	Insertion et suivi .....	26
3)	Nettoyage et entretien .....	27
4)	Sécurité .....	27
b.	Protocole de réalisation de la gouttière thermoformée de contention .....	27
1)	Conception et fabrication .....	27
2)	Insertion et suivi .....	28
3)	Nettoyage et entretien .....	28
4)	Sécurité .....	29
c.	L'apport des nouvelles technologies (CFAO) .....	29
2.	Protocoles pour une contention fixe .....	32
a.	Protocoles / techniques de collage .....	32
1)	Divers protocoles de collage de la contention fixe .....	37
(1)	Protocole de collage de la barre de contention canine-canine .....	37
(2)	Technique de collage direct « assisté » ou semi-indirect (avec clé ou gouttière de repositionnement) .....	38
(3)	Technique indirecte (gouttière de collage avec plots de composite) .....	39
2)	Réalisation d'une contention en composite renforcé par fibres .....	42
(1)	Technique directe .....	42
(2)	Technique indirecte .....	43
3)	Réalisation d'une contention en Nitinol fabriquée par CFAO (Memotain™) .....	44
4)	Réalisation d'une contention personnalisée avec la CFAO en matériau PEEK .....	45
<b>III.</b>	<b>Revue de la littérature .....</b>	<b>46</b>
1.	Discussion sur les protocoles et procédures cliniques .....	46
a.	Méthodes d'impression .....	46
b.	Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO) .....	46
c.	Choix du fil .....	49

d.	Procédures de collage .....	51
1)	Isolation .....	51
2)	Préparation dentaire.....	51
3)	Matériaux de collage .....	53
2.	Discussion sur la contention orthodontique appliquée à la clinique .....	57
a.	Occlusion .....	57
b.	Stabilité et récurrence.....	58
1)	« Amovible vs amovible » .....	58
2)	« Amovible vs fixe » .....	59
3)	« Fixe vs fixe » .....	61
c.	Impact sur l'hygiène bucco-dentaire, le parodonte et en cariologie.....	63
1)	« Amovible vs amovible » .....	63
2)	« Amovible vs fixe » .....	63
3)	« Fixe vs fixe » .....	64
d.	Comparaison des échecs .....	66
1)	Échec des contentions amovibles.....	66
2)	Échec « contentions amovibles vs contentions fixes » .....	67
3)	Échec des contentions fixes.....	67
(1)	Décollement .....	67
(2)	Fracture.....	70
(3)	Syndrome du fil .....	71
e.	Avis du patient, considérations de santé, pratiques des orthodontistes .....	74
f.	Durée de contention .....	77
3.	Recommandations .....	79
	<b>Conclusions.....</b>	<b>82</b>
	<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>84</b>

# TABLE DES FIGURES ET TABLEAUX

Figure 1 : Indice d'irrégularité de Little (9).....	10
Figure 2 : Plaque de Hawley (21).....	12
Figure 3 : Wrap-around ou plaque de contention circonférentielle de Begg (21).....	13
Figure 4 : Gouttière thermoformée (21) .....	13
Figure 5 : Positionneur (21).....	14
Figure 6 : Enveloppe linguale nocturne (24) .....	15
Figure 7 : Exemples de fils de contention examinés au microscope électronique à balayage (29) .....	17
Figure 8 : Aspect en coupe des fils de contention les plus utilisés. a) Rectangulaire tressé 3 brins .016x.022". b) Rond co-axial 6 brins .0215". c) Rectangulaire tressé 8 brins .016x.016". (31).....	18
Figure 9 : Contention rigide par fil rond collé uniquement sur les canines (21) .....	19
Figure 10 : Structure du fil torsadé 3 brins (49).....	20
Figure 11 : Fil rond co-axial 6 brins. a) Structure (49). b) Exemple : Penta-One™ (54). .....	21
Figure 12 : a) Fil de contention monobrin plein rectangulaire : Retainium™ (52). b) Fil acier rectangulaire tressé 8 brins : D-Rect™ (57). c) Fil de contention multibrins rectangulaire tressé à 8 brins « dead soft » : Bond-A-Braid™ (58). .....	21
Figure 13 : Fil de contention en chainettes Ortho-FlexTech™ (Reliance™) (61) .....	22
Figure 14 : Contention .016" acier avec boucles en V (62) .....	23
Figure 15 : Contention .012" constituée de pastilles reliées collées (Leone SpA™, Firenze, Italy) (63) .....	23
Figure 16 : Contention en composite renforcé par fibres. a) Maxillaire. b) Mandibulaire. (66) .....	24
Figure 17 : a) Fil de contention en Nitinol (Ménotain™). b) Surface après électropolissage. (67).....	25
Figure 18 : Contention PEEK. a) Fichier STL. b) Contention après fabrication. ....	25
Figure 19 : Réalisation d'une gouttière thermoformée (71).....	28
Figure 20 : a) Retrait virtuel de l'attache orthodontique. b) Superposition des fichiers STL initiaux et finaux, après retrait des attaches. (81).....	31

Figure 21 : Contentions fabriquées grâce au flux de travail numérique. a) Plaque amovible circonférentielle. b) Gouttière amovible thermoformée. (81) .....	31
Figure 22 : a) Plaque circonférentielle fabriquée sur le modèle imprimé après retrait des attaches. b) Insertion lors du RDV de dépose. (81) .....	31
Figure 23 : a) Design de la gouttière. b) c) d) Processus d'impression 3D des gouttières. (82) .....	32
Figure 24 : Fil de contention plié sur modèle en plâtre (83) .....	33
Figure 25 : a) Mise en place des fils de soie et découpe du fil Ortho-FlexTech™. b) Positionnement du fil de contention. c) Fils de soie rabattus à travers les espaces interdentaires pour plaquer le fil. (59) .....	34
Figure 26 : CFAO avec robot plieur. a) Importation du scan. b) Conception du fil. c) Production du fil. (85) .....	34
Figure 27 : Préparation amélaire. a) Brossage à la pierre ponce. b) Micro-sablage. (83) .....	35
Figure 28 : Mordançage acide. a) Application. b) Surface après rinçage et séchage. (83) .....	36
Figure 29 : Collage. a) Application de l'adhésif. b) Application du composite. (83) ...	37
Figure 30 : Élimination des excès (83) .....	37
Figure 31 : Barre de contention canine-canine. a) Adapté sur le modèle. b) Sablage. c) Essayage. d) Mordançage. e) Collage. f) Contention collée. (19) .....	38
Figure 32 : Collage de la contention positionnée avec une clé en silicone (83) .....	39
Figure 33 : Clé de transfert en silicone contenant le fil de contention et des plots de composite polymérisés pour collage indirect (86) .....	39
Figure 34 : Collage indirect de la contention. a) Réalisation du modèle avec un silicone de coulée. b) Fil de contention avec les plots de composite. c) Réalisation de la gouttière de transfert en silicone transparent. d) Mise en place de l'adhésif puis du composite fluide dans la gouttière. e) Positionnement de la gouttière en bouche et photopolymérisation. f) Contention collée. (87) .....	41
Figure 35 : Pose d'une contention en composite renforcé par fibres en technique directe. a) Application d'une bande de composite sur les dents. b) Mise en place de la matrice en fibres préalablement imprégnée. c) Adaptation au niveau interproximal. d) Retrait des excès de composite et polymérisation. e) Application d'une couche de composite fluide et polymérisation. f) Aspect final. (88) .....	42

Figure 36 : Réalisation d'une gouttière pour contention fibrée en technique indirecte. a) Photo occlusale avant le collage. b) Cire appliquée sur le plâtre. c) Application du silicone transparent pour réaliser la gouttière de transfert. d) Matrice en fibres positionnée dans la gouttière. e) Matrice en fibres positionnée et adaptée dans le composite. (89) .....	43
Figure 37 : Réalisation d'une contention Memotain™. a) Occlusion avec léger excès de recouvrement. b) et c) Design et positionnement. d) Contention avec clé de repositionnement. e) Contention mise en place au moment du collage. f) Contention collée. (67) .....	44
Figure 38 : Réalisation d'une contention PEEK par CFAO. a) Design numérique de la contention. b) Contention usinée. c) Contention dépolie à la fraise. d) Mise en place de la contention. e) Contention collée. (90) .....	45
Figure 39 : Isolation. a) Réalisée avec des rouleaux salivaires. b) avec une digue dentaire lors du collage de la contention (107). .....	51
Figure 40 : Mouvement dentaire indésirable induit par le fil de contention, ou syndrome du fil (52) .....	71
Figure 41 : Images au microscope électronique à balayage de certains fils testés dans l'étude d'Arnold et collaborateurs (30).....	73
Tableau 1 : Exemples de fils utilisés pour la contention collée .....	18
Tableau 2 : Informations issues du guide de recommandations professionnelles de la SFODF (144).....	79
Tableau 3 : Recommandations issus du guide de recommandations professionnelles de la SFODF (144).....	80
Tableau 4 : Choix de la contention selon l'arcade (140).....	81
Tableau 5 : Design de l'appareil fixe et amovible (140) .....	81

## Liste des abréviations

BPA : Bisphénol-A

CFAO : Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur

PEEK : Polyétheréthercétone (Poly-Ether-Ether-Ketone)

SBS : Résistance au cisaillement (Shear Bond Strength)

SFODF : Société Française d'Orthopédie Dento-Faciale

SS : Acier inoxydable (Stainless Steel)

TMA : Alliage de Titane et de Molybdène (Titanium Molybdenum Alloy)

## Introduction

À la dépose de l'appareil orthodontique, libérées de toutes contraintes, les dents peuvent se déplacer. Ceci explique l'importance de la mise en place d'une contention immédiate (1). La phase de contention est une étape essentielle pour permettre aux tissus de se réorganiser autour des nouvelles positions dentaires, et de se stabiliser afin de maintenir la stabilité du résultat obtenu (1).

Tout au long de la vie, un patient avec une dentition normale va présenter une augmentation de l'encombrement incisif et une diminution de la longueur d'arcade (2,3). Ainsi, la contention va aussi permettre de contrer les changements potentiellement induits par la croissance, et de prévenir les phénomènes d'encombrement causés par la maturation et le vieillissement des tissus (4).

Le maintien des résultats obtenus est une demande importante de la part de nos patients et constitue un défi majeur à relever. La récurrence est imprédictible, d'où la nécessité de mettre en place une contention à long terme, voire à vie (5).

La contention est définie, selon le dictionnaire de la Société Française d'Orthopédie Dento-Faciale (SFODF), comme étant « l'ensemble des moyens, des procédés ou dispositifs, contribuant à maintenir le plus longtemps possible les dents dans la position et les arcades dans la forme données par le traitement » (6).

La contention doit, idéalement, permettre de prévenir la récurrence, être facile à mettre en œuvre, biocompatible, être adaptée à l'anatomie dentaire et respecter l'occlusion, tout en étant compatible avec la santé parodontale. Elle doit également être acceptée par le patient, au niveau esthétique et fonctionnel, et être résistante afin d'assurer sa longévité.

Nous disposons de différents moyens de contention, amovibles ou fixes, avec différents matériaux, établis selon différents protocoles, mais il n'existe pas à ce jour de consensus (7). L'apport des nouvelles technologies, avec notamment l'imagerie numérique et la Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO), contribue à faire évoluer nos pratiques orthodontiques.

Différents outils sont utilisés dans les études en orthodontie pour quantifier objectivement les mouvements de récurrence dentaire, notamment l'indice d'irrégularité de Little (8). Celui-ci décrit l'irrégularité des 6 dents antérieures grâce à la somme des écarts mesurés entre les points de contact des dents adjacentes antérieures. Plus cet indice est important, plus il y a eu de mouvements dentaires. Dans le cadre d'études *in vitro*, la mesure du Shear Bond Strength (SBS), ou résistance au cisaillement, permet de quantifier la force nécessaire pour rompre l'adhérence de deux matériaux collés l'un à l'autre. Plus sa valeur est élevée, plus l'adhésion est solide.

Ces deux mesures permettent de comparer objectivement les résultats cliniques ainsi que les différents matériaux, et d'en s'assurer la reproductibilité et la fiabilité.

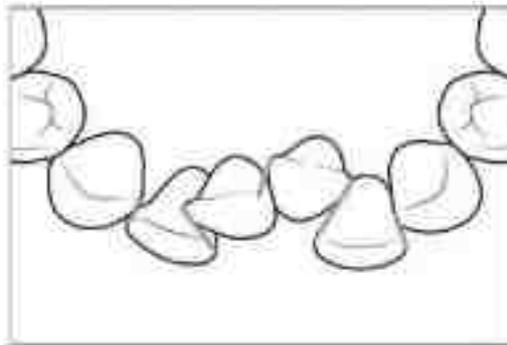


Figure 1 : Indice d'irrégularité de Little (9)

Le but de ce travail est d'effectuer un état des lieux de la contention en orthodontie et nous nous concentrerons sur ce qui est rapporté dans la littérature scientifique récente.

Nous rappellerons dans un premier temps quelles sont les différentes contentions existantes, puis nous verrons leur protocole de fabrication et de mise en place. Enfin, nous réaliserons une revue de la littérature sur ces protocoles puis sur les divers moyens de contention afin d'évaluer leur efficacité, les échecs et leurs implications.

# I. Les différents types de contention

---

## 1. Contention amovible

### ➤ Historique

Les contentions amovibles constituent les premiers dispositifs de contention post-orthodontique. Le premier appareil décrit dans la littérature a été la plaque de Hawley en 1919 (10). En 1944, le positionneur a été introduit par Kesling (11), puis la gouttière thermoformée transparente de type Essix™ a été proposée en 1993 par Sheridan (12).

### ➤ Généralités

Ces dispositifs nécessitent une phase de fabrication préalable en laboratoire ou au cabinet, ce qui pouvait différer leur insertion de la dépose de l'appareil orthodontique. Aujourd'hui, il est possible, à l'aide de la CFAO, de réaliser l'appareil en amont, et de le remettre le jour même.

Mis et retirés par le patient lui-même, ils dépendent de sa compliance pour le port à long terme (7,13), ce qui représente également leur principal inconvénient (14). Ils peuvent être passifs et maintenir les dents dans leur position, ou bien être actifs pour permettre une modification occlusale (15). L'hygiène bucco-dentaire est facilitée par rapport aux contentions collées (16), mais le risque de fracture ou de perte de l'appareil est à prendre en considération.

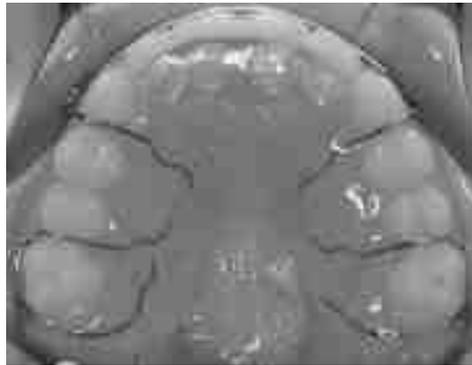
Nous nous concentrerons sur la plaque de Hawley et la gouttière thermoformée qui sont les dispositifs amovibles les plus répandus et étudiés dans la littérature aujourd'hui (7,17,18).

### a. Plaque de Hawley

La plaque de Hawley est un appareil de contention amovible composé d'une plaque palatine en résine acrylique, avec un arc vestibulaire généralement situé de canine à canine permettant le maintien des dents antérieures, et stabilisée et retenue par 2

crochets en acier inoxydable (SS) (7). La plaque en résine, d'une épaisseur de 2 mm, s'appuie sur le palais au maxillaire et recouvre à mi-hauteur le cingulum des incisives et canines afin de permettre la stabilisation et la sustentation, ainsi que prévenir les mouvements de rotation.

L'arc vestibulaire en acier inoxydable rond d'environ .028'' (diamètres variant de .020'' à .036'') est fabriqué sur mesure au contact des dents antérieures, à mi-hauteur de la couronne clinique. L'adjonction d'une boucle verticale en U permet des ajustements ou activations en comprimant les jambes de la boucle. Les crochets Adams sont ajustés sur les premières molaires maxillaires (4,15,19,20). Il convient d'éviter de faire passer l'arc ou le crochet au niveau d'un site d'extraction car cela tend à rouvrir des espaces, en particulier chez le patient adulte (19). La plaque de Hawley peut également être fabriquée à la mandibule, sous forme de fer à cheval (15).



*Figure 2 : Plaque de Hawley (21)*

La plaque de Hawley conventionnelle a connu des variations, avec des modifications au niveau de l'arc vestibulaire (recouvert d'acrylique, fabriqué en composite afin d'être translucide), des crochets (crochets boules, crochets triangles ou circonférentiels) ou encore avec l'adjonction d'éléments actifs pour permettre des petites corrections (par exemple un ressort en palatin afin de vestibuloverser une incisive) (15).

Nous pouvons également citer une variation telle que le « wrap-around » ou plaque de contention circonférentielle de Begg. Similaire à la plaque de Hawley, il est constitué d'une plaque acrylique et d'un arc circonférentiel qui ne traverse aucune surface occlusale et qui s'adapte au contour de chaque dent (15). Cela permet une meilleure assise de l'occlusion mais une moins bonne rétention en raison de l'absence de crochets (7).

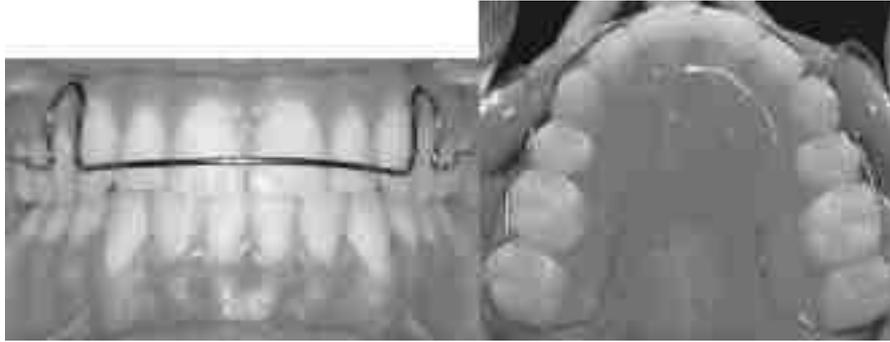


Figure 3 : Wrap-around ou plaque de contention circonférentielle de Begg (21)

#### b. Gouttière plastique thermoformée (type Essix™)

La gouttière thermoformée est un appareil de contention en plastique transparent recouvrant toutes les dents. Elle est fabriquée à partir d'un matériau thermoplastique, d'épaisseur variable (généralement .030 à .040" (12,15)), pressé à vide sur le modèle dentaire du patient (15). Les matériaux les plus utilisés sont les polymères de polyéthylène (Essix ACE™, Duran™, Tru-Tain™) qui sont plus esthétiques de par leur transparence, et les polymères de polypropylène (Essix C+™) qui sont plus durables et flexibles mais moins esthétiques car translucides. Selon une étude *in vitro*, ceux en polyéthylène semblent présenter une meilleure résistance à l'usure et être plus durables à long terme (22).

Sur mesure, le dispositif est adapté à l'anatomie dentaire et recouvre entièrement les couronnes voire une partie de la gencive, permettant aussi d'offrir une protection nocturne en cas de parafunctions modérées (bruxisme) (19). La rétention est obtenue grâce à l'élasticité du matériau et les zones de contre-dépouille des dents (15).



Figure 4 : Gouttière thermoformée (21)

## c. Autres contentions amovibles

### 1) Positionneur

Le positionneur est un dispositif intermaxillaire permettant de maintenir les relations occlusales entre le maxillaire et la mandibule. Il est fabriqué en matériau élastique (caoutchouc ou matériau élastomérique type silicone) à partir d'un set-up des modèles maxillaire et mandibulaire de fin de traitement (15).

Son élasticité permet un déplacement léger des dents afin de corriger des petits espaces ou des rotations mineures. Il peut être utilisé de manière passive comme contention pour maintenir l'alignement et les positions dentaires intra-arcades, ainsi que les relations occlusales et antéro-postérieures entre les deux arcades (4). Facile à nettoyer et peu enclin à la casse, il permettrait d'améliorer la compétence labiale et le tonus musculaire (21). Cependant, il est considéré comme encombrant, inesthétique et dysfonctionnel notamment pour la phonation, ce qui en limite le temps de port et compromet la compliance à long terme (21).



*Figure 5 : Positionneur (21)*

### 2) Enveloppe linguale nocturne

L'enveloppe linguale nocturne, proposée par Bonnet en 1992 (23), est un appareil réalisé en résine avec une partie permettant de contenir la langue. Indiquée en cas de dysfonction linguale et chez les patients porteurs de béance initiale, elle permet le positionnement de la langue au palais et d'éviter une interposition linguale entre les arcades. Pour maintenir l'alignement, elle doit être associée à un bandeau

vestibulaire et des crochets sur les molaires. Ce dispositif, encombrant, ne permet pas la fonction de phonation et est utilisé uniquement en port nocturne.



Figure 6 : Enveloppe linguale nocturne (24)

## 2. Contention fixe collée

### ➤ Historique

La contention fixe est apparue plus tardivement avec l'utilisation de bagues scellées sur les canines et reliées en palatin ou lingual par un fil rond. En 1955, les travaux de Buonocore sur le mordantage acide de l'émail permettent l'essor du collage amélaire (25). Ainsi, Kneirim en 1973 décrit pour la première fois l'utilisation d'un fil lingual collé uniquement sur les canines mandibulaires (26). En 1977, Zachrisson introduit l'utilisation de fils multibrins torsadés collés sur les surfaces linguales des 6 dents antérieures (27). Depuis, divers fils de contention avec des caractéristiques variées (rectangulaires, tressés, en chainettes) ont été introduits sur le marché (28–31). La contention en composite renforcé par fibres, présentant la particularité de s'affranchir d'un fil métallique, a été décrite en 1987 (32). Plus récemment, en synergie avec l'apport des nouvelles technologies, le fil Memotain™ en Nitinol réalisé par CFAO a été présenté en 2015 (33) et des contentions utilisant cette technologie avec du matériau en polymère PEEK (Poly-Ether-Ether-Ketone) (34) ont été décrites dans la littérature.

### ➤ Généralités

Simple à mettre en place au fauteuil en technique directe ou indirecte (35), les contentions fixes collées en lingual sont efficaces et fiables pour maintenir

l'alignement, avec une compatibilité à long terme (14). Elles présentent pour avantages d'être esthétiques (invisibles de l'extérieur), confortables et surtout de s'affranchir de la compliance du patient (14,19).

Cependant, elles présentent pour inconvénients de rendre le nettoyage plus fastidieux, avec une accumulation possible de plaque et de tartre, et de présenter des échecs sous formes de décollements, fractures ou de mouvements dentaires indésirables (syndrome du fil) (36–38).

La contention permanente fixe est devenue une méthode de choix pour stabiliser la région incisivo-canine après traitement orthodontique, notamment à la mandibule. Idéalement, elle devrait s'adapter parfaitement et passivement à la surface linguale de chaque dent afin de prévenir les mouvements dentaires indésirables, tout en étant suffisamment flexible pour permettre un mouvement physiologique de la dent au sein du segment (19). Certains auteurs préconisent des fils suffisamment rigides pour éviter la déformation et l'introduction de torque pouvant conduire à des syndromes du fil. La contention devrait également permettre le nettoyage des surfaces dentaires et des espaces inter-proximaux par le patient, le détartrage par le chirurgien-dentiste et être durable dans le temps en raison des préconisations de contention prolongée (39).

Les indications majeures sont le maintien de la position des incisives et canines mandibulaires durant la croissance tardive, le maintien d'un diastème médian, les patients adultes avec un encombrement antérieur prononcé ou avec une maladie parodontale avancée (28).

#### ➤ Configuration de collage

Les contentions fixes sont généralement collées sur les faces palatines ou linguales des dents. Le fil de contention est positionné le plus cervical possible au maxillaire afin d'éviter le contact antagoniste, et entre la mi-hauteur et le 1/3 occlusal à la mandibule. Le collage peut s'effectuer soit uniquement sur les canines mandibulaires (2 dents), soit concerner les incisives 2-2 (4 dents), soit de canine à canine 3-3 (6 dents), ou plus rarement s'étendre aux prémolaires 4-4. En France, la configuration la plus décrite est la contention 2-2 (4 dents au maxillaire), et 3-3 (6 dents) à la mandibule (40).

## a. Fil collé

À l'exception de la contention collée uniquement sur les canines mandibulaires reliée par une barre (2 dents), les autres types de fils comprennent un collage de toutes les dents (incisives, ou incisives et canines).

De multiples fils de contention, dont nous décrivons quelques exemples, sont ensuite apparus sur le marché (28–31) :

- avec différentes structures : monobrin ou multibrins (torsadé, co-axial, tressé) composés d'un nombre déterminé de brins enroulés les uns autour des autres pour obtenir une section transversale ronde ou rectangulaire,
- sous différentes formes : ronde (monobrin ou multibrins pouvant être torsadé avec 3 brins ou co-axial avec 6 brins), ou carré/rectangulaire (monobrin plein « plat », ou composé de multibrins torsadés avec 3 brins ou tressés avec 8 brins), ou en chainettes,
- composés d'alliages différents : acier inoxydable, acier plaqué or, titane, TMA (alliage de Titane et de Molybdène), alliage de Nickel-Titane,
- de dimensions variées : sections .014", .016", .018", .0195", .0215" (rond) ou .016x.016" (carré), .016x.022", .027x.011", .027x.016" (rectangulaire), ou .039x.014" (chainette),
- sous différentes présentations : en fil droit, ou en fil enroulé sur bobine,
- dotés de rigidités variables : fil conventionnel, fil ayant subi un traitement thermique, fil qualifié de « dead soft », à savoir très souples et malléables, faciles à adapter en bouche aux surfaces linguales (41),
- associés à des méthodes de fabrication diverses : placés en bouche sans pliage, pliés directement en bouche, préalablement pliés sur modèle, et plus récemment fabriqués sur mesure par CFAO.

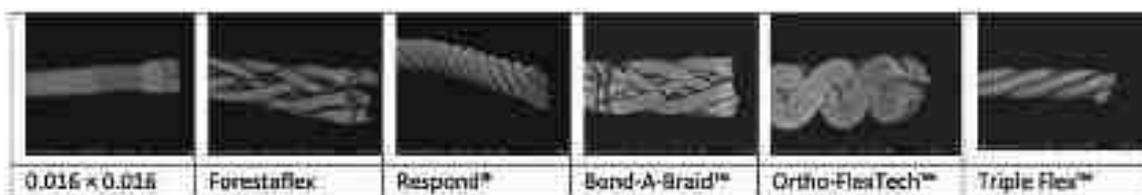


Figure 7 : Exemples de fils de contention examinés au microscope électronique à balayage

(29)

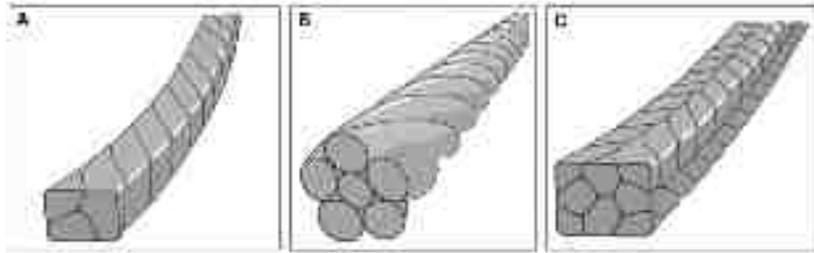


Figure 8 : Aspect en coupe des fils de contention les plus utilisés. a) Rectangulaire tressé 3 brins .016x.022". b) Rond co-axial 6 brins .0215". c) Rectangulaire tressé 8 brins .016x.016".

(31)

Nom	Alliage	Dimension (inch)	Forme	Nombre de brins	Structure	Marque
Barre 3-3 (que canines)	SS, Elgiloy® ou TMA Non flexible	.025 à .036	Rond	1	Plein	
Fil rond	SS ou TMA	Variable	Rond	1	Plein	
16x16	SS	.016x.016	Rectangulaire	1	Plein	Forestadent™
HT 16X16	SS, Chauffé	.016x.016	Rectangulaire	1	Plein	Forestadent™
Retainium™	TMA, Dead soft	.027x.011	Rectangulaire	1	Plein	Reliance™
Wildcat™	SS	.015 à .0195	Rond	3	Torsadé	Dentsply G.A.C.™
Triple Flex™	SS,	.017 ou .018	Rond	3	Torsadé	Ormco™
Penta-One™	SS	.0215	Rond	6	Co-axial	Masel™
Gold'n Braces™	SS, Plaqué or	.0215	Rond	6	Co-axial	Gold'n Braces™
Tru-Chrome™	SS	Variable	Rond	7	Tressé	RMO™
Respond™	SS, Dead soft	.019	Rond	6	Co-axial	Ormco™
Twistflex™	SS	.0175	Rond	Multibrins	3 ou 4	Morelli™
Forestaflex™	SS	.016x.022	Rectangulaire	8	Tressé	Forestadent™
D-Rect™	SS	.016x.022	Rectangulaire	8	Tressé	Ormco™
Bond-A-Braid™	TMA, Dead soft	.02645 x .01055	Rectangulaire	8	Tressé	Reliance™
Ortho-Flextech™	SS	.039x.014	Rectangulaire	/	Chainette	Reliance™
Memotain™	Nitinol	.016x.016	Rectangulaire	1	Plein	Ormco™

Tableau 1 : Exemples de fils utilisés pour la contention collée

## 1) Fil monobrin rond

### ➤ Attelle collée uniquement sur les canines mandibulaires (33 et 43)

Cette contention est constituée d'une barre linguale ronde rigide, généralement en acier inoxydable, Elgiloy® ou TMA, de dimensions allant de .025 à .036'', collée uniquement aux canines mandibulaires et reposant sur la surface linguale des incisives au-dessus du cingulum (42).

Elle a pour avantage de présenter moins de décollements par rapport à un fil collé sur toutes les dents (43), et dans le cas où cela se produit, le patient le perçoit rapidement et ne tarde pas à consulter son praticien pour la réparation. Solide et facile à poser, elle est également efficace pour maintenir la distance inter-canine. Cependant, elle est moins efficace dans la prévention de la rotation des incisives. Ainsi des études ont pu observer une augmentation de l'indice d'irrégularité de Little des dents non collées à 5 ans post-traitement (44,45).

Le micro-sablage de ce type de fil avant collage permettrait d'augmenter la force de liaison entre le fil et le composite (46).



*Figure 9 : Contention rigide par fil rond collé uniquement sur les canines (21)*

## 2) Fil rond multibrins

Les fils de contention multibrins présentent un effet détente élevé et une faible rigidité par rapport aux fils pleins, qui sont eux plus résistants à la déformation et à la torsion (30). Ils peuvent aussi être qualifiés de « fils flexibles » dans la littérature, par opposition à la contention rigide collée uniquement sur les canines décrite précédemment ou aux contentions composite en fibres (47).

➤ Fil rond torsadé 3 brins

Le premier fil proposé par Zachrisson était un fil rond tressé composé de 3 brins (exemple Wildcat™ de GAC™) de dimension 0.015 à 0.0195". Collée aux 6 dents antérieures, cette contention est efficace dans le maintien de l'alignement des dents antérieures mandibulaires après traitement actif (48) mais la fracture du fil était relativement fréquente, conduisant l'auteur à modifier le design original (28).

Un autre exemple de fil 3 brins est le Triple Flex™ commercialisé par Ormco™.



Figure 10 : Structure du fil torsadé 3 brins (49)

➤ Fil rond co-axial 6 brins : 5 brins torsadés autour d'un brin central

En 1991, Zachrisson rapporte que le fil de contention optimal, collé sur toutes les dents, serait un fil co-axial de .0215" en acier inoxydable, composé de 5 brins s'enroulant autour d'un brin central (Penta-One™, Mase1™). Il précise que le fil n'a pas subi de traitement thermique ou visant à le rendre très malléable (dead soft), ce qui rend le fil plus difficile à plier mais permet des résultats optimaux (50). Une variante de ce fil est proposée avec un placage en or (Gold'n Braces™, Palm Harbor™) (28).

Il observa moins de fractures qu'avec un fil 3 brins de même épaisseur, tout en gardant une élasticité permettant le léger mouvement physiologique des dents. La réduction des fractures constatée serait liée à l'augmentation de la flexibilité des 5 brins plus petits qui occupent le même diamètre que les 3 brins plus larges (28). En effet, selon Rucker et Kusy en 2002, le fil co-axial 6 brins .0215" (Penta-One™, Gold'n Braces™) est deux fois moins rigide que le fil 3 brins .0215" (Wildcat™) (51).

Selon Zachrisson, le succès à long terme est excellent et ce fil présenterait moins d'échecs, de complications et d'effets indésirables (28). Cependant, la présence de mouvements dentaires indésirables sur ce type de fil a été rapportée pour la première fois en 2007 par Katsaros et collaborateurs, sous le nom de syndrome du fil

(52). Il serait dû à un fil non adapté passivement aux surfaces dentaires ou présentant des déformations (53).

Un autre exemple de fil co-axial 6 brins est le Respond™ (Ormco™) de diamètre .019", qui est commercialisé sous deux formes : en l'état ou ayant subi un traitement thermique sous le nom de « dead soft ».

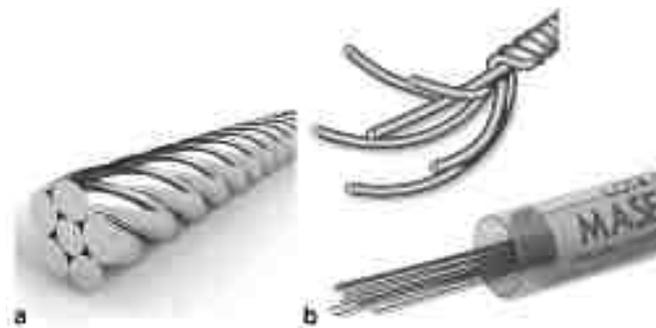


Figure 11 : Fil rond co-axial 6 brins. a) Structure (49). b) Exemple : Penta-One™ (54).

### 3) Fil plat de forme carré ou rectangulaire : monobrin ou multibrins

#### ➤ Fil rectangulaire

Le Retainium™ (Reliance™) et le Bond-A-Braid™ (Reliance™) sont des exemples de fils de contention de forme rectangulaire .027x.011", respectivement monobrin plat « plein » en TMA pour le Retainium™, et multibrins tressés 8 brins en acier « dead soft » pour le Bond-A-Braid™ (55,56).

Le fil D-Rect™ de Ormco™ est un exemple de fil acier rectangulaire tressé à 8 brins.



Figure 12 : a) Fil de contention monobrin plein rectangulaire : Retainium™ (52). b) Fil acier rectangulaire tressé 8 brins : D-Rect™ (57). c) Fil de contention multibrins rectangulaire tressé à 8 brins « dead soft » : Bond-A-Braid™ (58).

#### 4) Fil de contention plat en chainettes

La contention en chainettes (Ortho-FlexTech™, Reliance™) est un fil conçu à partir d'un emboîtement de chaînes. Présentée sous forme de bobine, elle est disponible en 3 matériaux : en or blanc, en nickel et en acier inoxydable.

Selon le fabricant (59), cette contention présente l'avantage d'être passive, stable à long terme, confortable pour le patient, adaptée à l'anatomie linguale, de ne pas nécessiter de pliage ni de réaliser des empreintes ou modèles. Sa capacité de flexion interproximale permet une résistance à la rupture et au décollement. Il n'y aurait pas le risque d'une déformation du fil pouvant engendrer une force et un mouvement dentaire. Le matériau, en acier inoxydable, permet une résistance augmentée à la traction et à la torsion.

Une étude *in vitro* de Sifakakis et collaborateurs en 2015 a montré que, même s'ils étaient les moins importants pour ce fil, toutes les contentions fixes testées présentaient des forces et moments sur la canine après une charge verticale sur les incisives (60).



Figure 13 : Fil de contention en chainettes Ortho-FlexTech™ (Reliance™) (61)

#### 5) Autres contentions

- Une contention collée .016'' acier avec un design avec boucles en V permettant le passage de la brossette et le contrôle de plaque interproximal a été rapportée par Lee et collaborateur en 2009 (62). Elle présentait un taux de décollement similaire au fil multibrins acier .0175 à 6 mois.

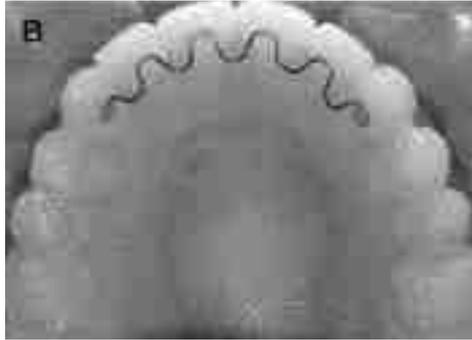


Figure 14 : Contention .016" acier avec boucles en V (62)

- Une contention .012" constituée de pastilles reliées entre elles et collées aux dents a été proposée dans la littérature (63).

À 3 ans, cette contention présente un taux de décollement significativement plus élevé que les fils .016x.022" « dead soft », multibrins acier .0215" ou Nitinol fabriqué par CFAO, ainsi qu'une diminution significative des mesures de stabilité (longueur d'arcade et distance inter-canine) par rapport aux fils multibrins acier et Nitinol (64).



Figure 15 : Contention .012" constituée de pastilles reliées collées (Leone SpA™, Firenze, Italy) (63)

#### b. Contention en composite renforcé par fibres de verre ou de polyéthylène

Les contentions en fibres de verre (EverStick™ ORTHO, GC ; StickTech Ttd™, Turku, Finland) ou de polyéthylène (Ribbond Inc™, Seattle, WA) ont été développées comme alternative aux fils multibrins. Elles sont composées d'une matrice en fibres composées de différents matériaux (verre, polyéthylène), selon différentes fabrications (tressé, tissé) et qui sont recouvertes de résine composite.

Trouvant également des indications en parodontologie et traumatologie, ces contentions ont été développées afin d'améliorer l'esthétique, éviter des allergies au métal et éviter les interférences liées aux composants métalliques lors de la réalisation d'IRM (Imagerie par Résonance Médicale) (15). Elle présente l'inconvénient de créer une attelle rigide qui limite le mouvement physiologique des dents (65). Leur taux d'échec semble important en raison de sa rigidité qui limiterait le mouvement physiologique des dents (42,66). Le protocole de collage étant plus exigeant, il est davantage opérateur-dépendant (38).

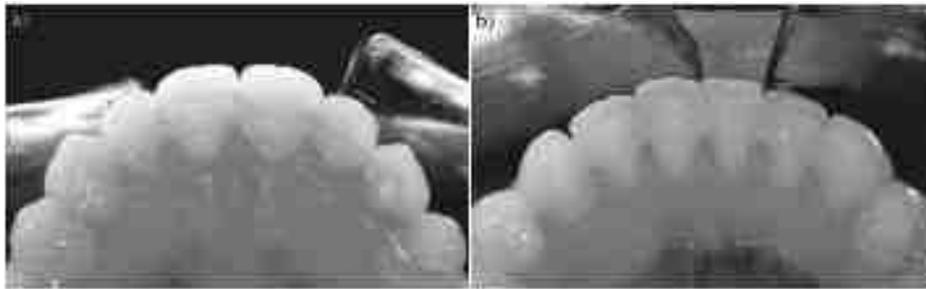


Figure 16 : Contention en composite renforcé par fibres. a) Maxillaire. b) Mandibulaire. (66)

### c. Moyens de contention permis par la CFAO

#### 1) Fil Nitinol fabriqué par CFAO (Memotain™)

Le Memotain™ est une contention linguale fixe rectangulaire de dimension .016x.016", personnalisable et fabriquée sur mesure, de manière à s'adapter précisément à l'anatomie linguale des dents grâce à la méthode de conception et fabrication assistées par ordinateur. Il permet le mouvement physiologique des dents et présente la particularité de ne pas être plié. En effet, l'arc est découpé au laser à la forme prédéfinie par un robot directement dans un bloc de nickel-titane (Nitinol). Ensuite, les bords rectangulaires sont arrondis, permettant de réduire l'irritation de la langue, et l'arc subit un électropolissage (submersion dans un bain chargé en ions), afin de nettoyer l'alliage et de polir la surface microscopique pour le rendre résistant à la corrosion et moins propice à la colonisation microbienne (63). Il est livré avec une clé de positionnement afin de permettre un placement optimal lors du collage (67).

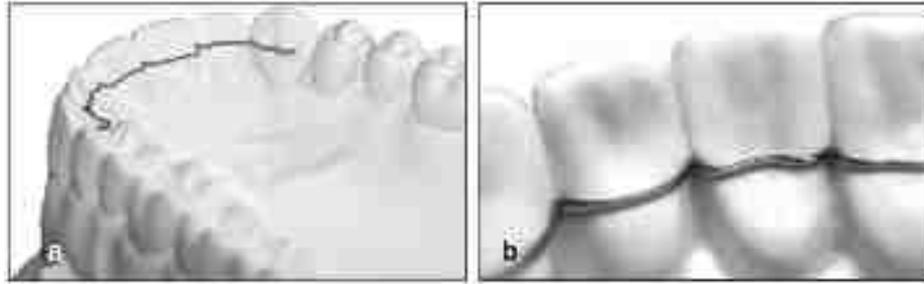


Figure 17 : a) Fil de contention en Nitinol (Mémotain™). b) Surface après électropolissage.  
(67)

## 2) PEEK (polyétheréthercétone) et nouveaux biomatériaux

La demande pour des matériaux non métalliques est en augmentation en raison des risques allergiques, de compatibilité avec l'imagerie médicale (notamment l'IRM) et pour des raisons esthétiques. De nouveaux biomatériaux sont en cours de recherche et le polyétheréthercétone, plus connu sous le nom de PEEK, un polymère sous forme monolithique ou composite associé au nickel-titane (PEEK-NiTi), montre des résultats prometteurs (34).

Ce dispositif sur mesure est directement imprimé en 3 dimensions ou fraisé à partir du matériau (68). Blanc et radio-transparent, ce matériau est hypoallergénique, non toxique et biocompatible. Résistant à l'hydrolyse avec une faible affinité avec la plaque dentaire, il possède une stabilité thermique allant jusqu'à 335,8°C et présente un module de flexion de 140-170 MPa et un module d'élasticité de Young de 3-4 GPa, proche de l'os spongieux (69).

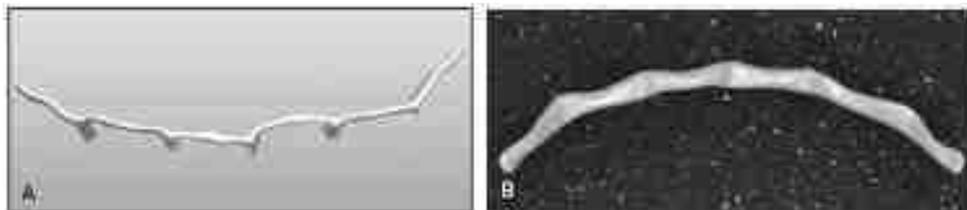


Figure 18 : Contention PEEK. a) Fichier STL. b) Contention après fabrication.

## II. LES PROTOCOLES DE MISE EN PLACE

---

### 1. Protocoles pour une contention amovible

La contention amovible est un appareil fabriqué sur mesure nécessitant une prescription spécifique avec les modèles du patient, obtenus en réalisant une empreinte après la dépose de l'appareil orthodontique.

#### a. Protocole de réalisation de la plaque de Hawley

##### 1) Conception et fabrication

Deux techniques sont utilisées pour la fabrication de la plaque de Hawley en utilisant du polyméthacrylate de méthyle (polymethyl methacrylate - PMMA), un mélange de poudre et liquide (15) :

- la technique de vaporisation ou « sel et poivre » : des couches successives de poudre et de liquide sont placées alternativement sur le modèle
- la technique de la pâte : la poudre et le liquide sont d'abord mélangés puis placés sur le modèle.

La personnalisation de la plaque acrylique est possible, en modifiant sa couleur ou en incorporant des motifs, afin d'augmenter la compliance des jeunes patients (15).

##### 2) Insertion et suivi

La plaque acrylique doit suivre le contour palatin des dents et être adaptée au niveau interproximal pour permettre la stabilité. Les crochets sont adaptés de manière à ne pas blesser le tissu parodontal. Le bandeau vestibulaire doit être adapté aux dents antérieures et peut être ajusté avec l'activation des boucles en U. Les conseils de port et d'entretien usuels sont délivrés au patient.

Lors des visites de suivi, l'adaptation de la plaque doit être vérifiée avec la réalisation d'ajustements si nécessaires (15).

### 3) Nettoyage et entretien

La revue systématique de 2021 de Charavet et collaborateurs (70) décrit 4 catégories de méthodes de nettoyage et désinfection de la plaque en acrylique : agents antimicrobiens liquides, comprimés de nettoyage du commerce, extraits naturels de plantes et l'ammonium quaternaire. Tous ont montré une efficacité supérieure au groupe placebo, mais ces méthodes n'ont pas été comparées entre elles.

### 4) Sécurité

Des réactions allergiques aux matériaux (arc, résine acrylique) utilisés dans la plaque de Hawley ont été rapportées (15). Cette contention est à éviter en cas d'allergie au nickel. Les réactions allergiques de contact à la résine de la plaque concernent surtout l'orthodontiste ou le prothésiste, en raison du contact plus fréquent avec les composants. En cas d'inhalation des composés chimiques, une hypersensibilité respiratoire peut se développer.

## b. Protocole de réalisation de la gouttière thermoformée de contention

### 1) Conception et fabrication

En technique conventionnelle, la prise d'empreinte est généralement réalisée avec de l'alginate, puis coulée afin d'obtenir des modèles en plâtre. Si des ajustements mineurs sont nécessaires, un set-up peut être effectué en coupant les dents du modèle et en les repositionnant dans leur position idéale. La plaque de polymère est mise en place dans la machine, puis chauffée au-dessus de sa température de transition vitreuse et la gouttière est pressée sous vide avec une machine à thermoformer. Après refroidissement, la gouttière est démoulée, découpée et polie (71). Le Duran™, Durasoft™ (72) et Essix C+™ sont des exemples de matériaux utilisés à cette fin (22).



Figure 19 : Réalisation d'une gouttière thermoformée (71)

## 2) Insertion et suivi

Après réception, la gouttière est désinfectée puis l'ajustement et l'insertion passive de la gouttière est vérifiée en bouche lors du rendez-vous avec le patient. Des ajustements au niveau des bords peuvent être réalisés avec une paire de ciseaux fins ou une fraise diamantée pour pièce à main. Les conseils de port et d'entretien usuels sont délivrés au patient.

Lors des rendez-vous de contrôle réguliers, la vérification de l'adaptation et du confort de la gouttière est réalisée.

## 3) Nettoyage et entretien

Il est nécessaire de nettoyer la gouttière afin de limiter le développement de biofilms oraux, pouvant interférer avec le microbiote oral déjà existant ou altérer la santé orale (développement de lésions carieuses, maladies parodontales, infections systémiques) (73).

Différentes méthodes de nettoyage et désinfection telles que les méthodes mécaniques (brossage avec dentifrice, vibration) ou chimiques (chlorhexidine, détergents, tablettes effervescentes) ont été étudiées. La revue systématique de 2022 de Charavet et collaborateurs sur le nettoyage des gouttières conclut qu'il n'est pas possible de déterminer la meilleure méthode en raison de l'absence de comparaison directe dans les études mais la combinaison d'une méthode mécanique

et chimique semble être l'approche la plus efficace (74). L'utilisation de chlorhexidine à 12% et de désinfectant du commerce permet de diminuer le biofilm bactérien (73). La revue systématique de Kiatwarawut et collaborateurs en 2022 conclut à l'efficacité des désinfectants chimiques du commerce sur les gouttières orthodontiques pour l'élimination des bactéries, sans dégager de recommandations sur la durée et fréquence de leur utilisation (75).

#### 4) Sécurité

La revue systématique de Peter et collaborateurs en 2023 ne peut confirmer la libération ou non de Bisphénol-A (BPA), perturbateur endocrinien, des matériaux thermoplastiques utilisés dans la fabrication de gouttières (76). La méta-analyse de Iliadi et collaborateurs en 2020 conclut à une absence d'effets œstrogéniques ou cytotoxiques des gouttières thermoplastiques et des résultats inconsistants concernant la libération de BPA (77). Cependant, le seul essai clinique (78) a détecté une augmentation du taux de BPA dans la salive après 30 jours de port de gouttière par rapport à la plaque de Hawley (77). En effet, cette étude *in vivo* de Raghavan et collaborateurs en 2017 détecte des taux significatifs de BPA dans tous les groupes, le plus élevé étant avec la gouttière (78). Selon la revue systématique de Yazdi et collaborateurs en 2023, des quantités très faibles ou nulles de BPA ont été retrouvées dans les études *in vitro*, mais elles étaient élevées dans le seul essai clinique randomisé (78). Ils concluent sur la nécessité d'effectuer davantage d'études cliniques sur la biocompatibilité (79).

#### c. L'apport des nouvelles technologies (CFAO)

L'apparition et le développement de nouvelles technologies permettent une révolution dans le domaine de l'orthodontie, avec notamment la fabrication d'appareils sur mesure tels qu'ils ont été conçus par l'orthodontiste (80).

La CFAO repose sur 3 piliers :

- l'acquisition digitale des arcades du patient,
- la visualisation et la manipulation de ces images dans un logiciel informatique spécifique,

- l'impression en 3D de ces fichiers : soit directement du dispositif préalablement conçu, soit sur un modèle imprimé sur lequel le dispositif sera réalisé par thermoformage par exemple.

Ceci correspond au digital workflow ou flux de travail numérique. L'objectif est de réduire le temps clinique au fauteuil et en laboratoire, ainsi que le nombre de rendez-vous.

Il devient ainsi possible de digitaliser certaines étapes de la fabrication et de permettre une alternative pour chaque étape conventionnelle :

- Pour créer des modèles numériques, il existe plusieurs techniques telles que scanner l'empreinte ou le modèle préexistant (80), ou bien réaliser une empreinte optique intra-orale résultant en un fichier STL (72).
- Le fichier STL peut être imprimé, à partir d'une imprimante 3D, dans un matériau synthétique afin d'obtenir un modèle. La technique la plus utilisée est la stéréolithographie (80).
- Le fichier STL peut être utilisé pour disposer d'un modèle numérique, qui pourra être modifié sur logiciel informatique et permettre de créer un set-up virtuel. Cela permet, par exemple, de créer des gouttières de contention actives (81).
- Les modèles numériques peuvent être envoyés électroniquement au laboratoire de prothèse, ce qui facilite les échanges (81).
- Les attaches orthodontiques peuvent être retirées virtuellement sur le logiciel (Figure 20) et par exemple permettre la fabrication d'une contention amovible disponible au moment de la dépose (81).
- Pour la fabrication de gouttières, elle peut être pressée sur un modèle imprimé de la même façon qu'en méthode conventionnelle ou bien être imprimée directement à partir d'imprimantes 3D (Figure 23) (72), ce qui permet d'éliminer l'étape d'impression des modèles (68).
- L'appareil peut être conçu et fabriqué virtuellement sur des logiciels 3D informatiques. Il est ensuite fabriqué directement avec des imprimantes 3D, par des techniques soustractives, avec fraisage à la forme spécifiée à partir d'un bloc du matériau souhaité, ou additives, avec adjonction de matériaux couche par couche jusqu'à obtenir l'appareil (80).

- Cependant, il y a encore peu d'informations sur la production d'appareils, avec des crochets en métaux et constitués de multiples matériaux, tels que les plaques de Hawley (72).

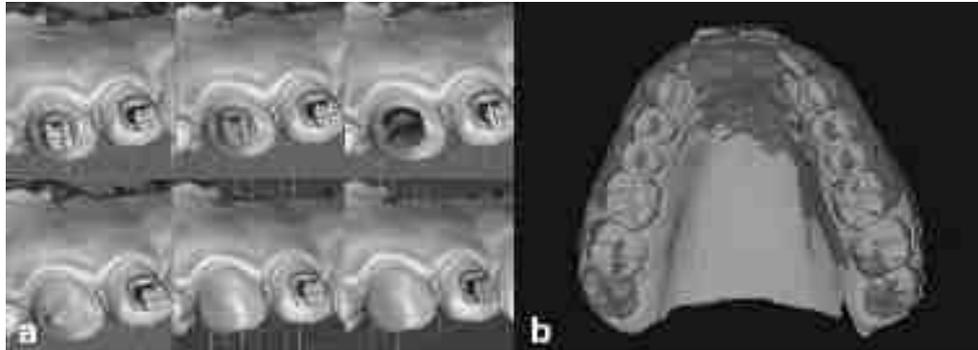


Figure 20 : a) Retrait virtuel de l'attache orthodontique. b) Superposition des fichiers STL initiaux et finaux, après retrait des attaches. (81)

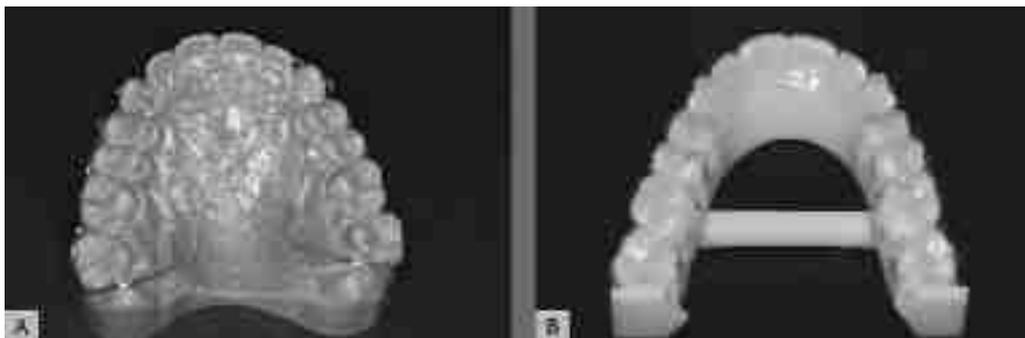


Figure 21 : Contentions fabriquées grâce au flux de travail numérique. a) Plaque amovible circumférentielle. b) Gouttière amovible thermoformée. (81)



Figure 22 : a) Plaque circumférentielle fabriquée sur le modèle imprimé après retrait des attaches. b) Insertion lors du RDV de dépose. (81)

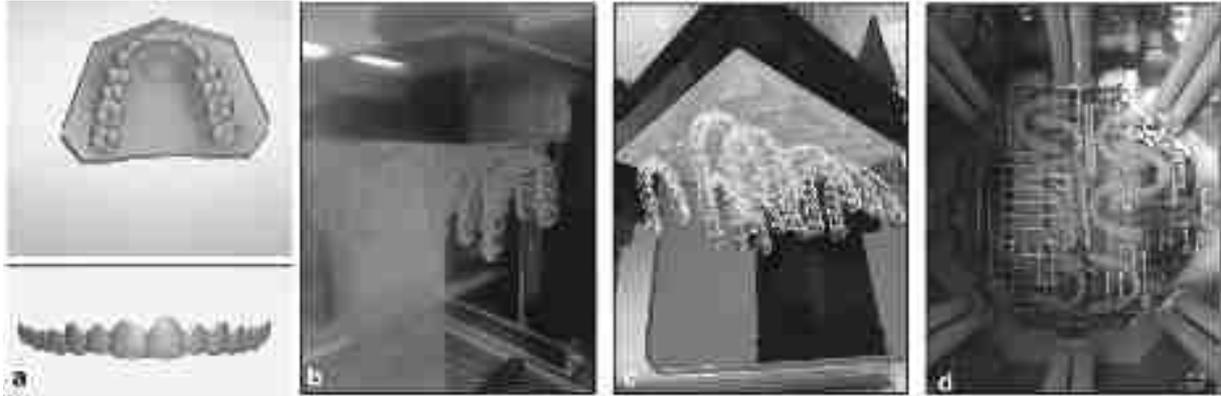


Figure 23 : a) Design de la gouttière. b) c) d) Processus d'impression 3D des gouttières. (82)

## 2. Protocoles pour une contention fixe

### a. Protocoles / techniques de collage

La mise en place de la contention fixe en technique de collage direct suit les grandes lignes directrices suivantes (19) :

#### → Étapes précédant le rendez-vous de collage

##### 1<sup>ère</sup> étape : empreinte

Lors du rendez-vous précédant la dépose de l'appareil, une empreinte en alginate est réalisée après détartrage afin de permettre la coulée du modèle en plâtre. Cette coulée peut également se faire avec du silicone, permettant l'obtention rapide du modèle.

L'empreinte peut également être réalisée numériquement avec une caméra optique, afin d'obtenir un modèle numérique qui sera imprimé dans un deuxième temps.

##### 2<sup>e</sup> étape : réalisation du fil de contention

- Pliage conventionnel sur le modèle : le fil de contention est construit et plié avec un marqueur d'arc et des pinces orthodontiques sur le modèle de travail, de manière à s'adapter passivement à la surface linguale des incisives.



Figure 24 : Fil de contention plié sur modèle en plâtre (83)

- Le fil peut également être réalisé lors du rendez-vous de dépose, de manière extemporanée par l'orthodontiste, et directement plié et adapté en bouche de manière conventionnelle, sans qu'il dispose de modèles préalables. Cela permet de s'affranchir de l'étape précédente mais augmente le temps au fauteuil.
- Les fils de contention rectangulaires (de type Retainium™ ou « dead soft » Bond-A-Braid™, Reliance™) peuvent être adaptés directement en bouche.

Protocole selon le fabricant :

Au moment du collage, le fil sera coupé à la longueur souhaitée et replié à 45° en direction gingivale sur 2 mm aux extrémités afin de le bloquer dans le composite et l'empêcher de coulisser. Tenu par une pince sur le bord plat, le fil est modelé à la forme courbe de l'arcade. Puis à l'aide de fils de soie placés en interproximal, le fil est plaqué contre la surface linguale des dents et bruni avec un instrument afin d'optimiser le contact. Enfin, le fil est collé (55).

- Le fil de contention plat en chainettes (Ortho-FlexTech™, Reliance™) n'a pas besoin d'être plié.

Protocole selon le fabricant :

Au moment du collage, une faible quantité de composite sera appliquée sur la surface linguale de chaque dent après préparation. Puis la chainette, préalablement coupée à la bonne longueur, sera positionnée de manière la plus alignée possible sur les dents et maintenue à l'aide de fil de soie passé en inter-proximal, afin d'éviter un relâchement de la chaîne. Une couche de composite sera appliquée pour finir de recouvrir le fil sur chaque dent et polymérisée (59).

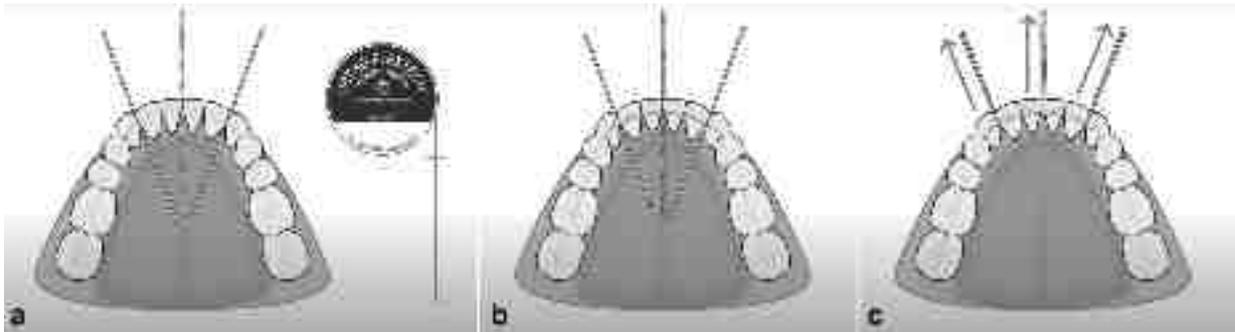


Figure 25 : a) Mise en place des fils de soie et découpe du fil Ortho-FlexTech™. b) Positionnement du fil de contention. c) Fils de soie rabattus à travers les espaces interdentaires pour plaquer le fil. (59)

➤ Pliage sur mesure du fil par un robot de pliage (CFAO)

Le fil de contention conçu par CFAO et plié par le robot, permet la réalisation d'un fil précis, adapté et sur mesure.

Après importation des fichiers STL, la contention est conçue sur le logiciel : la contention est délimitée sur le modèle numérique et positionnée avec le choix du plan choisi. Le fichier est envoyé au robot qui plie à partir d'une longueur de fil droit.

Il peut être réalisé auprès d'un laboratoire équipé (84), ou directement au cabinet en 10 minutes après acquisition d'un robot de pliage (type YOAT Bender 2™). Ce robot n'est cependant compatible qu'avec certains types de fils en : acier rond .018" tressé multibrins à 3 brins (Triple Flex™, Ormco™ ou Dentaflex™, Dentaurum™), ou monobrin carré .016x.016" ou rectangulaire .016x.022". À savoir qu'un même robot ne pourra plier qu'un seul type de fil : soit du rond, soit du rectangulaire et le choix devra être effectué lors de l'achat (85).



Figure 26 : CFAO avec robot plieur. a) Importation du scan. b) Conception du fil. c) Production du fil. (85)

- Découpe sur mesure au laser du fil par usinage avec un robot de fraisage (contention Nitinol en CFAO, type Memotain™)

La contention Memotain™ est découpée dans un bloc de Nitinol, sur mesure, au laser par un robot de fraisage. Il est réalisé auprès de la société Ormco™. Ce protocole sera détaillé dans une prochaine partie.

→ Étapes lors du rendez-vous de collage (19)

### 3<sup>e</sup> étape : préparation des surfaces à coller et isolation

L'adaptation du fil est vérifiée cliniquement pour s'assurer qu'il repose passivement sur les surfaces des dents, et ajusté si nécessaire. Il sera séché et dégraissé si besoin.

Les surfaces linguales sont détartrées et nettoyées avec de la pierre ponce et une brosse à dents montée sur contre-angle et/ou par micro-sablage avec de l'oxyde d'alumine à 50 microns. Le rinçage et séchage sont effectués.

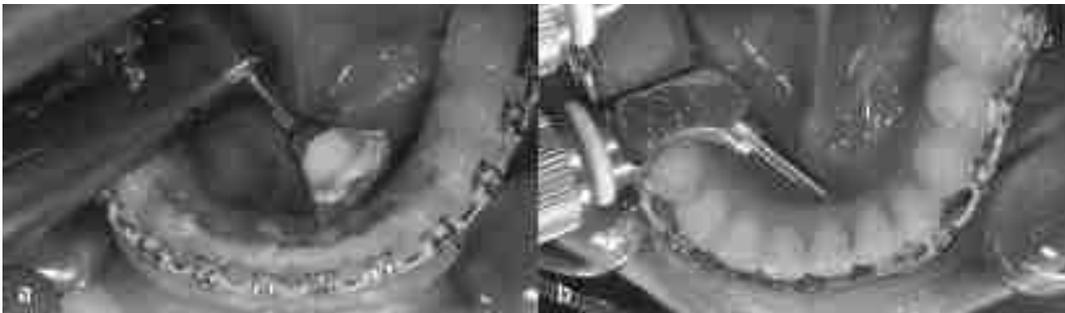


Figure 27 : Préparation amélaire. a) Brosage à la pierre ponce. b) Micro-sablage. (83)

L'écarteur de collage et l'aspiration salivaire sont mis en place. Les surfaces linguales sont mordancées à l'acide orthophosphorique 37% pendant 30 secondes et rincées abondamment. L'adjonction au champ opératoire de rouleaux salivaires entre les dents et la lèvre, et sous la langue, permet de limiter la contamination hydrique. L'émail est séché jusqu'à obtenir un aspect blanc crayeux.

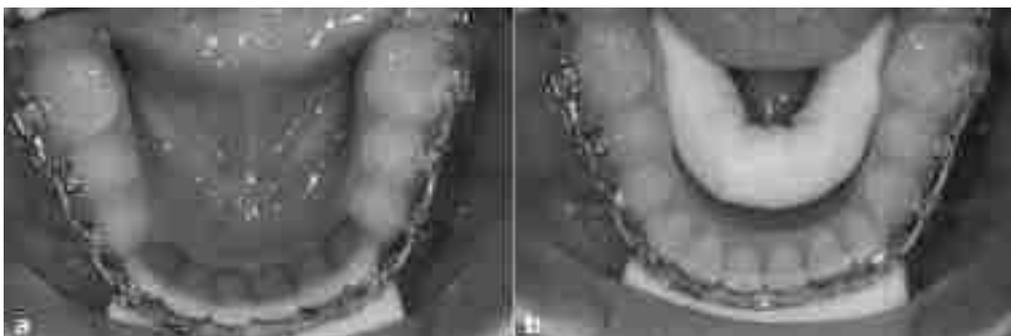


Figure 28 : Mordançage acide. a) Application. b) Surface après rinçage et séchage. (83)

#### 4<sup>e</sup> étape : positionnement et collage de la contention fixe

La contention doit ensuite être placée dans la bonne position de manière passive.

Plusieurs méthodes de positionnement du fil de contention sont décrites :

- Positionnement du fil de contention avec des élastiques orthodontiques, du fil de soie passé à travers les points de contact et tenu en vestibulaire, des ligatures métalliques, des instruments de repositionnement, ou au doigt.
- Une autre méthode s'effectue avec la pose du fil de contention avec une précelle sur des plots de composite fluide non polymérisés. Une fois la bonne position trouvée, un flash de polymérisation permet le maintien du fil qui sera ensuite recouvert de composite plus chargé, remodelé avec la micro-brossette et polymérisé.

#### 5<sup>e</sup> étape : collage de la contention

Selon la méthode utilisée, l'adhésif a été appliqué avant la pose de la contention, ou est appliqué sur les surfaces amélaire avec une micro-brossette, et peut être légèrement séché et polymérisé, selon le temps préconisé.

Le composite de collage est mis en place sur chaque dent et remodelé avec la micro-brossette imprégnée d'adhésif, de manière à créer un plot de colle lisse, sans démarcation, qui recouvre une large surface, tout en évitant les espaces interproximaux. La polymérisation s'effectue ensuite dent par dent selon le temps préconisé, généralement de 3 à 12 secondes par dent, selon le type de lampe et les recommandations du fabricant.

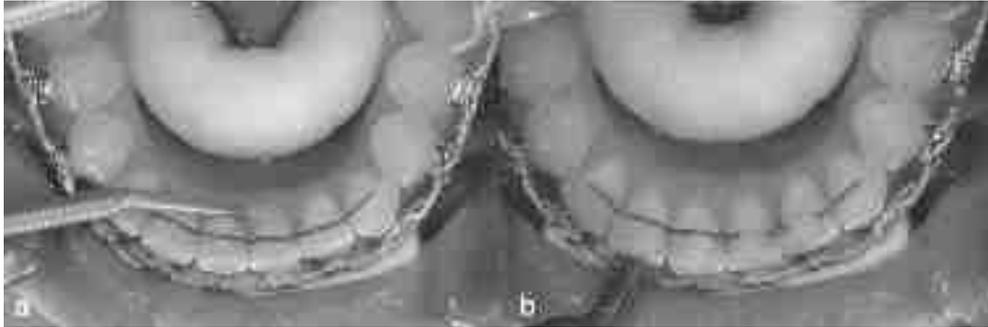


Figure 29 : Collage. a) Application de l'adhésif. b) Application du composite. (83)

#### 6<sup>e</sup> étape : élimination des excès, polissage et recommandations

L'occlusion avec l'absence d'interférence au maxillaire est vérifiée, si besoin, les excès de composite sont éliminés à la fraise en carbure de tungstène et la contention est polie. Les instructions de nettoyage de la zone gingivale sont données au patient.



Figure 30 : Élimination des excès (83)

#### 1) Divers protocoles de collage de la contention fixe

##### (1) Protocole de collage de la barre de contention canine-canine

Une empreinte mandibulaire est réalisée afin d'obtenir un modèle sur lequel un fil en acier rond .030 à .032" sera plié avec une pince 3 becs et adapté au contact de toutes les incisives mandibulaires (19). Les extrémités de la contention, au niveau des canines, sont microsablées avec de l'oxyde d'alumine 50 microns.

Au rendez-vous de collage, les surfaces dentaires sont préparées et isolées. L'adaptation est vérifiée en bouche et la contention est positionnée avec des ligatures en acier accrochées aux attaches des incisives. Les canines sont mordancées, rincées et séchées. L'adhésif est appliqué sur les canines, suivi du

composite de collage remodelé avec la micro-brossette de manière à créer un contour lisse, puis polymérisé. Les ligatures sont coupées, les excès éliminés à la fraise en carbure de tungstène et la contention est polie. Les conseils de nettoyage, notamment de passage du fil dentaire, sont donnés.

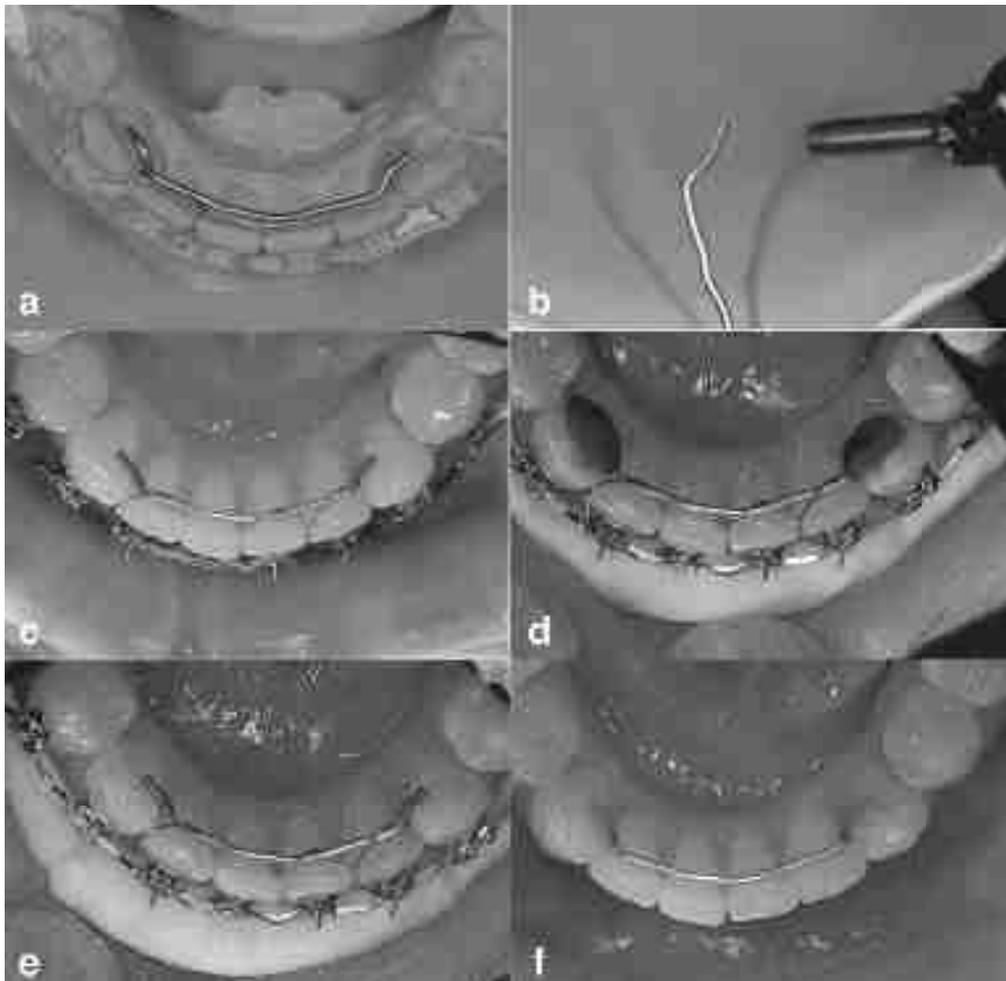


Figure 31 : Barre de contention canine-canine. a) Adapté sur le modèle. b) Sablage. c) Essayage. d) Mordançage. e) Collage. f) Contention collée. (19)

(2) Technique de collage direct « assisté » ou semi-indirect (avec clé ou gouttière de repositionnement)

La technique de collage direct « assisté » ou semi-indirect reprend les étapes effectuées lors du collage direct mais diffère lors du positionnement de la contention. En effet, une clé de transfert en silicone ou une gouttière de repositionnement réalisée sur le modèle et incluant le fil de contention, sauf au niveau des canines, permet un repositionnement précis.

#### 4<sup>e</sup> étape : positionnement et collage

La clé ou la gouttière contenant le fil de contention est mise en place et les canines (ou dents à chaque extrémité) sont d'abord collées avec le protocole de collage classique. Le transfert est retiré et les dents restantes sont collées.

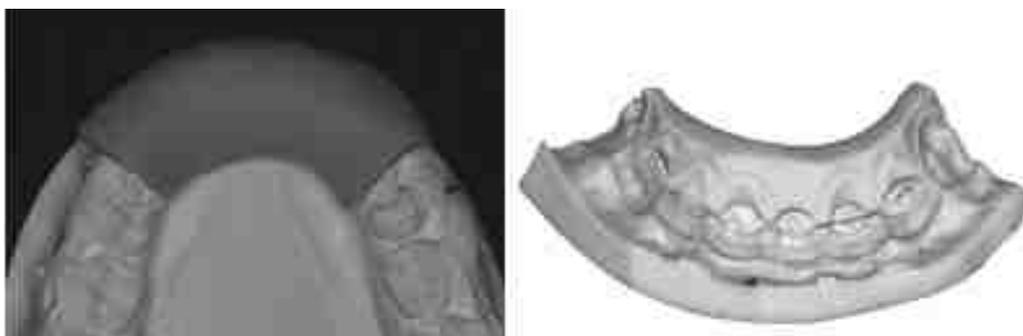


*Figure 32 : Collage de la contention positionnée avec une clé en silicone (83)*

La suite reprend les étapes effectuées lors du collage direct.

#### (3) *Technique indirecte (gouttière de collage avec plots de composite)*

La technique indirecte vise à simplifier la procédure clinique et permet de transférer le fil de contention avec les plots de composite directement sur les dents via la gouttière. Concernant le temps passé au fauteuil, le collage indirect est une procédure cliniquement plus rapide que le collage direct (38) mais il demande un temps de préparation préalable plus important (35).



*Figure 33 : Clé de transfert en silicone contenant le fil de contention et des plots de composite polymérisés pour collage indirect (86)*

Une technique de contention indirecte adaptée à l'appareil orthodontique lingual a été décrite par Muller et collaborateurs (87) :

Après dépose de l'appareil, élimination de la colle et nettoyage des surfaces dentaires, une empreinte en alginate est réalisée. La coulée du modèle est réalisée avec un silicone adapté (Quick Die™, Bisico™) et le fil de contention est façonné puis positionné sur le modèle avec du composite de collage conventionnel placé sur chaque dent et polymérisé.

La gouttière de transfert est fabriquée avec un silicone transparent (Memosil™, Heraeus Kulzer™) appliqué sur le modèle et façonné avec les doigts. La gouttière est désinsérée et le milieu est marqué avec un bistouri pour permettre un repositionnement simple. Le fil de contention, avec les plots de colle, se situe dans l'intrados. Les bases des plots de composite sont ensuite dégraissées à l'acétone.

L'isolation et la préparation des surfaces dentaires sont réalisées jusqu'à obtenir l'aspect blanc crayeux de l'émail. L'adhésif est appliqué sur les plots de composite dans la gouttière par l'assistante, et sur les surfaces dentaires par l'orthodontiste. Une faible quantité de composite fluide est déposée sur les plots de composite et la gouttière est insérée en bouche. Le composite est polymérisé dent par dent à travers la gouttière. La gouttière est désinsérée et le composite est à nouveau polymérisé. Les excès sont éliminés et la contention polie.

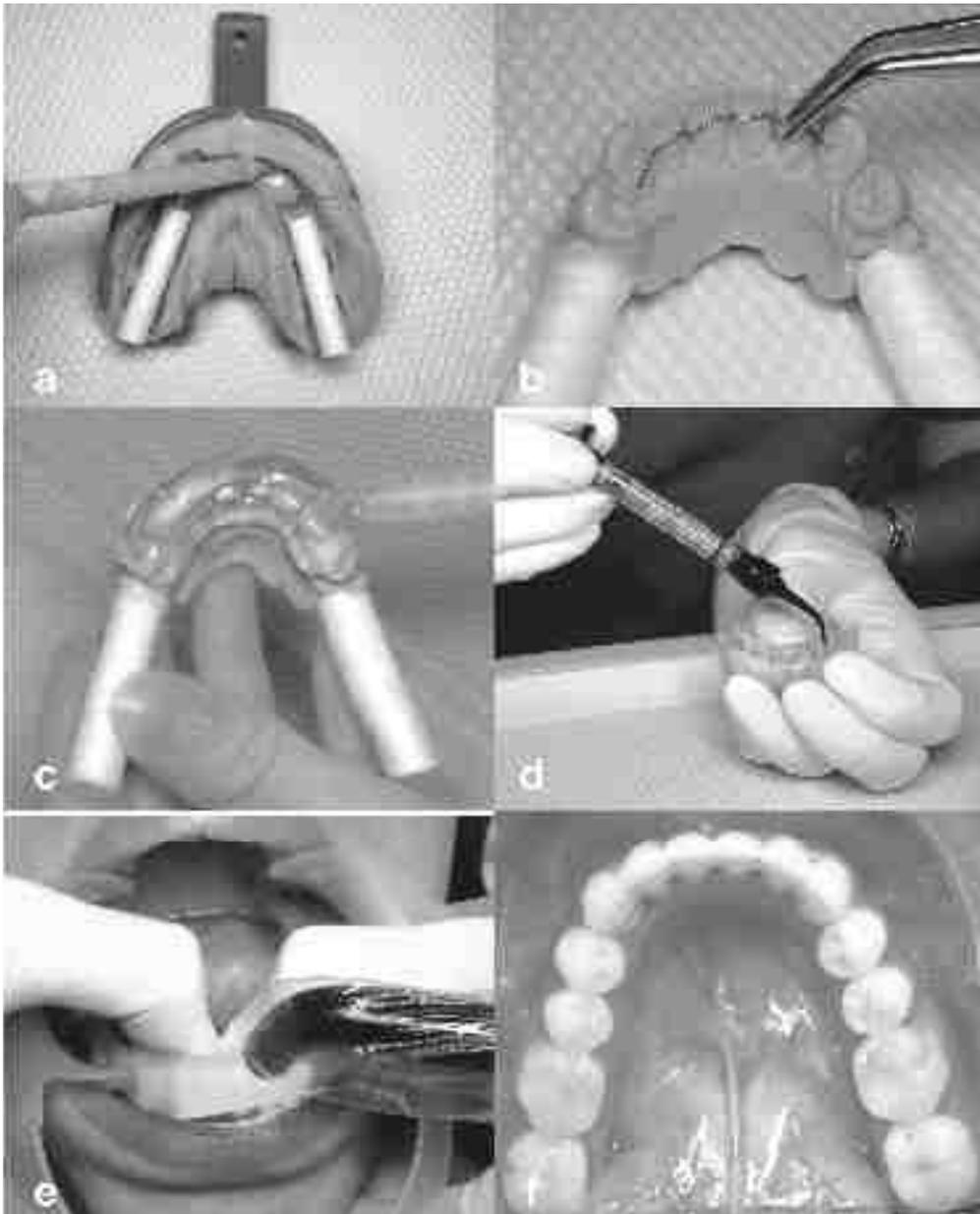


Figure 34 : Collage indirect de la contention. a) Réalisation du modèle avec un silicone de coulée. b) Fil de contention avec les plots de composite. c) Réalisation de la gouttière de transfert en silicone transparent. d) Mise en place de l'adhésif puis du composite fluide dans la gouttière. e) Positionnement de la gouttière en bouche et photopolymérisation. f) Contention collée. (87)

## 2) Réalisation d'une contention en composite renforcé par fibres

### (1) Technique directe

Un protocole de réalisation de la contention composite fibrée est décrite sur le site du fabricant Ribbon™ (88). La longueur de contention est mesurée en bouche avec un fil dentaire, puis est reportée sur la bande de fibres qui est coupée à la longueur adéquate avec des ciseaux à céramique. Après isolation, les surfaces linguales sont préparées, puis le mordantage acide et la mise en place de l'adhésif est réalisée. Une fine bande de composite est appliquée sur les dents. La matrice en fibres, préalablement imprégnée d'adhésif, est placée sur les surfaces linguales et adaptée au niveau interproximal, puis polymérisée. La surface est recouverte de composite fluide et est à nouveau polymérisée. L'occlusion est vérifiée puis la contention polie.

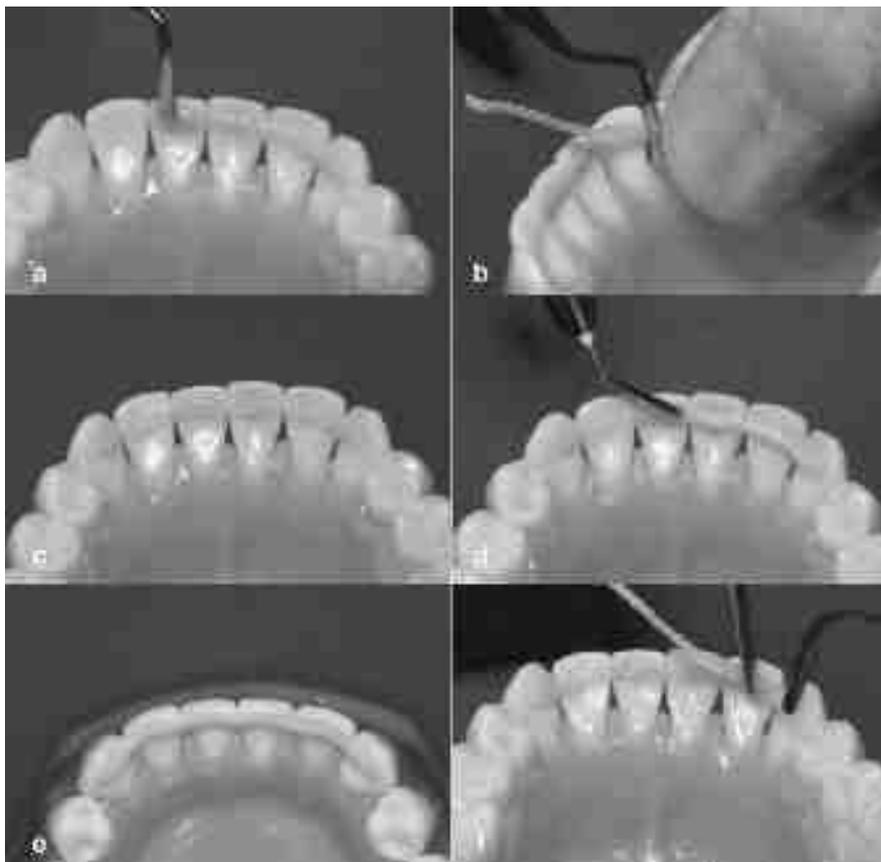


Figure 35 : Pose d'une contention en composite renforcé par fibres en technique directe. a) Application d'une bande de composite sur les dents. b) Mise en place de la matrice en fibres préalablement imprégnée. c) Adaptation au niveau interproximal. d) Retrait des excès de composite et polymérisation. e) Application d'une couche de composite fluide et polymérisation. f) Aspect final. (88)

## (2) Technique indirecte

Un protocole avec gouttière de transfert a été proposé par Solow et collaborateurs (89) :

Après nettoyage, une empreinte est réalisée afin d'obtenir un modèle de travail. Une bande de cire, simulant la contention, est appliquée sur le modèle et des indentations sont placées au niveau interproximal. Une gouttière de transfert est réalisée avec une couche de 3 mm de silicone transparent (Memosil™, Heraeus Kulzer™) qui est appliquée sur les surfaces linguales et les bords incisifs, et qui s'étend aux dents adjacentes pour un repositionnement précis.

Le jour du collage, les dents sont mordancées à l'acide orthophosphorique, rincées et séchées, puis de l'adhésif est appliqué et photopolymérisé. Une couche de composite est placée dans la gouttière à l'emplacement créé par la bande de cire, puis une bande de fibres de longueur adéquate, imprégnée d'adhésif, est mise en place. La gouttière est appliquée en bouche et photopolymérisée. La contention est adaptée avec une fraise et polie.

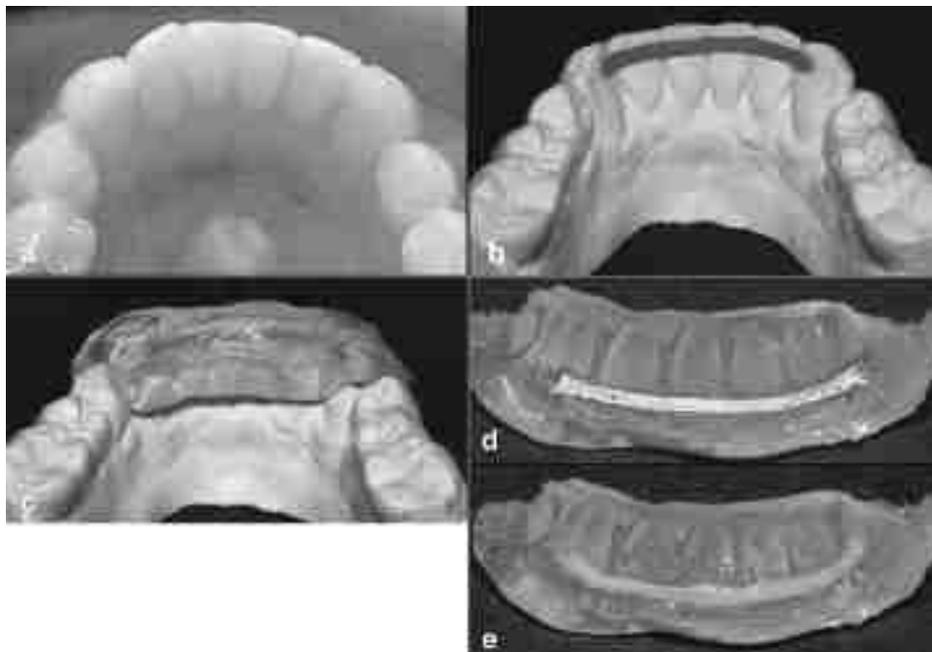


Figure 36 : Réalisation d'une gouttière pour contention fibrée en technique indirecte. a) Photo occlusale avant le collage. b) Cire appliquée sur le plâtre. c) Application du silicone transparent pour réaliser la gouttière de transfert. d) Matrice en fibres positionnée dans la gouttière. e) Matrice en fibres positionnée et adaptée dans le composite. (89)

### 3) Réalisation d'une contention en Nitinol fabriquée par CFAO (Memotain™)

L'orthodontiste envoie sa prescription et une empreinte en silicone ou un scanner oral au format STL à l'entreprise commercialisant le Memotain™. Pour la contention maxillaire, l'empreinte mandibulaire et l'enregistrement de l'occlusion doivent également être envoyés.

Le fil sera positionné numériquement sur le modèle numérique qui en découle, en tenant compte de l'occlusion de manière à éviter les interférences occlusales. Ensuite, le fil est coupé et taillé au laser par un robot dans un bloc de Nitinol, puis électropoli et enfin poli.

Le fil avec une clé de repositionnement en silicone est livré dans les 2 semaines.

Lors du rendez-vous de collage, le protocole classique de collage est réalisé, avec la recommandation d'appliquer une fine couche de composite couvrant une large surface dentaire.

Pour les patients traités avec un appareil lingual, il serait possible de retirer les attaches virtuellement avec des logiciels de traitement des modèles numériques comme Ortho-Analyzer™ (39). L'autre alternative est de déposer l'appareil lingual avant de réaliser l'empreinte pour le fil de contention, puis de faire porter une gouttière de contention en attendant la pose du fil.

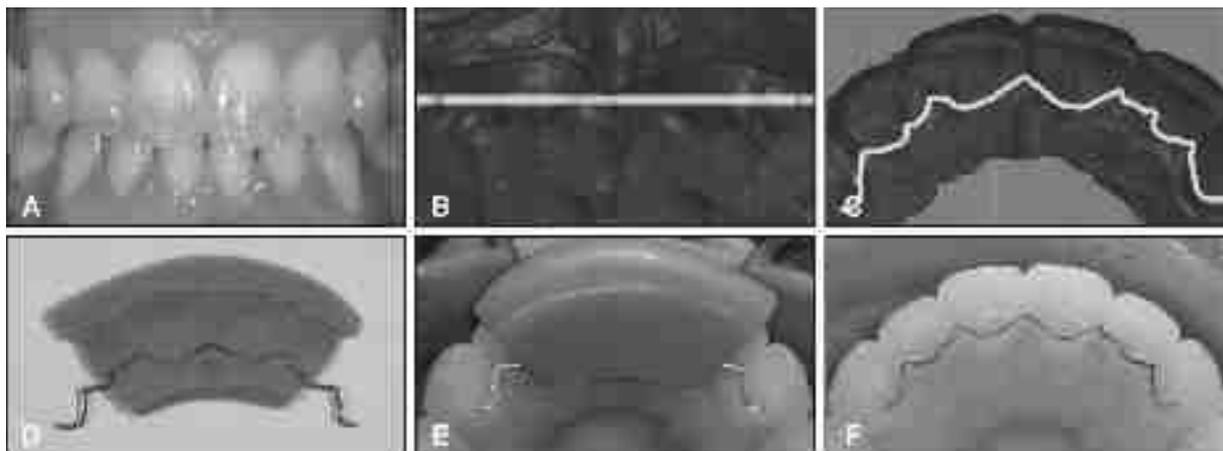


Figure 37 : Réalisation d'une contention Memotain™. a) Occlusion avec léger excès de recouvrement. b) et c) Design et positionnement. d) Contention avec clé de repositionnement. e) Contention mise en place au moment du collage. f) Contention collée.

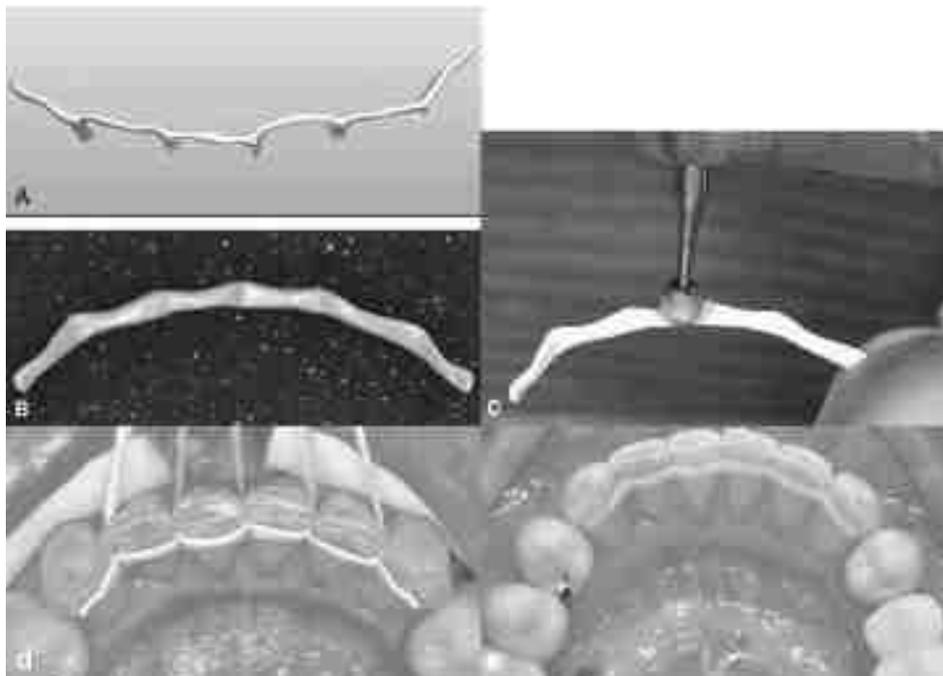
(67)

#### 4) Réalisation d'une contention personnalisée avec la CFAO en matériau PEEK

À la fin du traitement actif, une empreinte optique des arcades est réalisée et les fichiers STL sont envoyés au laboratoire.

La conception de la contention 3-3 en PEEK est réalisée à l'aide d'un logiciel de conception assistée par ordinateur et la fabrication est réalisée par fraisage par un robot.

Lors du rendez-vous de collage, l'adaptation aux surfaces dentaires est vérifiée, la contention est dépolie à l'aide d'une fraise diamantée, un agent silane est appliqué puis le protocole de collage classique est implémenté (90).



*Figure 38 : Réalisation d'une contention PEEK par CFAO. a) Design numérique de la contention. b) Contention usinée. c) Contention dépolie à la fraise. d) Mise en place de la contention. e) Contention collée. (90)*

### III. Revue de la littérature

---

#### 1. Discussion sur les protocoles et procédures cliniques

##### a. Méthodes d'impression

La prise d'empreinte conventionnelle à l'alginate est opérateur-dépendant et nécessite d'être coulée rapidement. Elle présente des étapes pouvant conduire à une diminution de la précision des modèles finaux et peut être source d'inconfort pour les patients. La prise d'empreinte numérique permettrait un meilleur confort pour le patient, une diminution du temps de fauteuil et une haute précision (91).

##### b. Conception et Fabrication Assistées par Ordinateur (CFAO)

###### ➤ Généralité

Le stockage numérique des modèles est simplifié sous forme de fichier STL (68). Il permet de reproduire les modèles, de refabriquer l'appareil en cas de perte ou de casse, et de réduire le nombre de rendez-vous (72).

Pour la contention fixe, avec pour exemple le Memotain™, la CFAO présente l'avantage de permettre d'avoir une adaptation précise du fil, de permettre son transfert optimal sur les dents selon la position planifiée, et une haute précision de son placement. Il permet aussi d'améliorer le confort du patient et de permettrait diminuer les fractures du fil par la prévention des interférences occlusales au maxillaire, et par le fait que le fil n'aura pas ou aura été peu plié (39).

La plupart des études montrent que les modèles fabriqués à partir d'imprimantes 3D sont adaptés à la pratique clinique (72). L'essai clinique randomisé de Mohd et collaborateurs en 2019 montre qu'il n'y a pas de différence sur la stabilité et la satisfaction du patient entre des gouttières de contention fabriquées à partir du modèle en plâtre conventionnel ou fabriquées à partir d'une modèle imprimé (92).

➤ Évaluation des techniques de CFAO

Une étude sur la précision des gouttières de contention montre que celle thermoformée par technique conventionnelle sur modèle en plâtre était meilleure que la gouttière disponible dans le commerce (commandée à la société Invisalign™), ou imprimée directement en 3D, bien que les 3 gouttières fussent cliniquement acceptables (82).

Dans une étude, une plaque de Hawley a été fabriquée à partir d'une empreinte numérique seule. L'appareil, les crochets et les fils ont été imprimés séparément avec une imprimante 3D et ajoutés à la base (72,93). Il existe peu d'études sur la fabrication de tels appareils amovibles par CFAO (72).

Une étude pilote comparant le fil conventionnel à 2 types de contentions linguales fabriquées par CFAO, l'un plié et l'autre découpé par robot, privilégierait le fil coupé pour sa précision, même s'il n'y avait pas de différence significative sur la stabilité après des cycles de tests équivalents à une durée de 6 mois (94).

L'étude de Shim et collaborateurs en 2022 montre qu'à 6 mois, le fil de contention multibrins plié par CFAO avec un robot de pliage (Bender1™) présentait moins de récurrence que le même fil plié par un technicien de laboratoire et que la contention en chaînettes (Ortho-FlexTech™) (95).

L'étude de Wolf et collaborateurs en 2015 évaluant la précision de la CFAO et du placement réel des contentions collées a conclu que les variations entre la position du fil sur le set-up virtuel et la position réelle en bouche étaient significativement inférieures à 0,5 mm (33). L'étude de Koller et collaborateurs en 2022 montre une haute précision entre le positionnement planifié virtuellement et la position intra-orale finale du Memotain™, avec une précision horizontale et verticale mais des déviations verticales lorsqu'on considère les extrémités de la contention (96).

Selon la revue de Ardila et collaborateurs en 2022, certains auteurs montrent qu'il n'y a pas de différence entre les contentions fixes par CFAO et les autres, alors que d'autres auteurs mettent en avant qu'elles sont moins sujettes à récurrence et aux échecs que celles fabriquées au laboratoire ou au fauteuil (97).

La revue systématique de Bardideh et collaborateurs en 2023 (98), comparant les contentions Nitinol fabriquées par CFAO aux contentions fixes conventionnelles, montre qu'elles peuvent constituer une alternative à court terme (6 mois). Il n'y a pas eu de différences sur la distance inter-canine et la longueur d'arcade à court terme, et l'indice d'irrégularité mandibulaire était meilleur avec le Memotain™, sans conséquences cliniques de ces changements. Les taux d'échec ne diffèrent pas de manière significative entre les contentions Nitinol fabriqués par CFAO et les autres types de contention mandibulaires. Cependant, une étude a dû être arrêtée précocement à cause des échecs plus importants du Memotain™. En effet, l'essai clinique contrôlé randomisé de Jowett et collaborateurs en 2022 (99), comparant le Memotain™ à l'Ortho-FlexTech™ (contention en chaînettes), collés de canine à canine au maxillaire et à la mandibule, rapporte un taux d'échec de 50% au maxillaire avec le Memotain™ au cours des 6 mois de l'étude, avec 3 fois plus d'échecs. Concernant la mandibule, il n'y a pas eu de différences significatives en terme d'échecs, et la satisfaction générale des patients était élevée.

Davantage d'études à long terme sont nécessaires pour évaluer l'efficacité et la durabilité de ces contentions en Nitinol.

La revue systématique de Tsoukala et collaborateurs en 2023 rapporte que les contentions imprimées en 3D peuvent devenir une bonne alternative aux contentions conventionnelles, avec une meilleure efficacité en termes de temps et de coût, et avec un confort accru pour le praticien et le patient (68).

## c. Choix du fil

### ➤ Choix du fil

Les fils « dead soft » sont très souples et très malléables, faciles à adapter en bouche (41), ils créeraient moins de problèmes de torque (100) (donc moins de syndromes du fil) mais sembleraient présenter davantage de fractures (100), de déformations (101,102) et plus d'irrégularités au niveau de l'alignement dentaire que les fils multibrins en acier inoxydable (41).

L'étude de Taner et collaborateurs en 2012, utilisant le fil « dead soft » Bond-A-Braid™, a trouvé un taux de décollement de 46,9% en méthode directe et 29,4% en méthode indirecte sans différence significative à 6 mois (103). 38% des patients ont eu un décollement répété sur la même dent recollée et ceci pourrait être expliqué par une force de recollage insuffisante, due aux difficultés à retirer le composite restant sous le fil.

Un étude *in vitro* de Baysal et collaborateurs en 2012 (101) a comparé 3 types de fils de contention : rond co-axial 6 brins .0215" (Penta-One™), rectangulaire tressé à 8 brins « dead soft » (Bond-A-Braid™) et co-axial 6 brins .0175" « dead soft » (Respond™). Les forces de décollement et type de fracture étaient similaires mais des déformations plus importantes étaient observées pour les fils « dead soft ». La force d'arrachement du fil était la plus élevée pour le Penta-One™, suggérant l'utilisation de ce dernier.

L'essai clinique randomisé de Gunay et collaborateurs en 2018 comparant un fil acier co-axial 6 brins .0175" plié sur modèle à un fil co-axial « dead soft » .0195" (Respond™), a trouvé un taux de décollement de respectivement 12% et 18,9% sans différence significative. Il y a eu une augmentation de l'indice d'irrégularité de Little plus marquée avec le fil « dead soft ». Une diminution de la distance inter-canine a également été observée dans ce groupe. La fabrication de la contention avec un fil en acier 6 brins .0175" serait davantage recommandée qu'avec un fil co-axial .0195" « dead soft » (41).

L'essai clinique de Adanur-Atmaca et collaborateurs en 2021 trouve moins de plaque et inflammation gingivale avec le Memotain™ fabriqué par CFAO, et moins d'irrégularité mandibulaire avec le Memotain™ et le .0215" acier multibrins 5 brins (Pentaflex™) qu'avec le fil .016x.022" tressé « dead soft » (Bond-A-Braid™), même si aucune altération parodontale ou récurrence statistiquement significative n'a été observée à 1 an (63).

L'étude *in vitro* de Roser et collaborateurs en 2023 comparant 6 contentions fabriquées par CFAO (en cobalt-chrome, titane de grade 5, Nitinol, zircone, PEEK et or) au fil en acier multibrins Twistflex™ montre que ce dernier restait l'étalon d'or en termes de propriétés mécaniques et d'efficacité à long terme. L'échec était dû à la fracture pour les contentions en Nitinol et au décollement pour les autres (104).

➤ Préparation de surface du fil

L'étude sur dents bovines d'Oesterle et collaborateurs en 2001 montre une augmentation de la force de liaison composite-fil de la contention collée lorsque le fil était préalablement micro-sablé. Cette amélioration était plus marquée pour le fil de contention monobrin rond en acier inoxydable, par rapport à un fil multibrins co-axial (46). Cependant, l'étude *in vitro* de Kiliç et collaborateurs en 2018 ne montre pas de différence statistiquement significative lors du collage de la contention linguale avec un micro-sablage préalable du fil de contention rectangulaire tressé .010x.028" ou rond co-axial .0215" (105). Cela suggère que la rétention du fil au composite est meilleure pour les fils multibrins et qu'il serait recommandé de micro-sabler le fil de contention monobrin.

## d. Procédures de collage

### 1) Isolation

La pose d'un champ opératoire permet de limiter la contamination de la surface de collage par la salive. Au niveau mandibulaire, l'isolation peut être effectuée avec un écarteur de collage et la mise en place d'un rouleau salivaire entre les incisives et la lèvre, et d'un long rouleau salivaire (Parotisroll™, Coltène-Whaledent™) sous la langue, associé à une aspiration salivaire. Un repousse langue de type Tongue Away™ (TP orthodontics™) associé à un coton salivaire en lingual peut constituer une solution alternative. En cas de salivation excessive, des patchs absorbants (Dry tips™) peuvent être placés en regard du canal parotidien, entre la muqueuse jugale et l'écarteur. L'utilisation de la digue a été décrite, notamment chez des patients où le maintien du champ opératoire est difficile (106,107) mais elle reste peu représentative de la pratique orthodontique courante.



Figure 39 : Isolation. a) Réalisée avec des rouleaux salivaires. b) avec une digue dentaire lors du collage de la contention (107).

### 2) Préparation dentaire

- Surface amélaire : pierre ponce ou micro-sablage + mordantage acide

Depuis l'avènement du collage en orthodontie dans les années 1970, le nettoyage prophylactique à la pierre ponce, suivi d'un mordantage acide de l'émail, est réalisé pour obtenir une liaison émail-composite solide (25,108).

En 1945, le micro-sablage intra-oral avec des particules d'alumines avait été introduit par Robert Black (109). Ce procédé permettait la préparation et le nettoyage d'une surface en utilisant la projection à grande vitesse d'un abrasif, à l'aide d'air comprimé au travers d'une buse, sur le matériau à décaper.

Dans la littérature orthodontique, la recherche sur le micro-sablage de l'émail a essentiellement été menée *in vitro* sur le collage d'attaches orthodontiques. Initialement étudié comme alternative au mordançage acide, le micro-sablage seul est peu efficace et doit être suivi d'un mordançage acide. Son efficacité sur l'adhésion est sujette à controverse avec des études montrant une amélioration significative (110), et d'autres l'absence d'amélioration (111,112) ou non significative (113).

L'émail lingual a la particularité d'être moins rugueux qu'en vestibulaire, et sa surface après mordançage présente moins de prismes dissous et une micro-porosité de plus petite taille (114). Il faudrait significativement moins de force pour décoller en lingual, ce qui suggère que le collage y est moins favorable. Reicheneder a réalisé en 2014 la seule étude *in vitro* sur le collage de fils de contention linguale après micro-sablage de l'émail sur dents de bœufs et a constaté une amélioration significative (115).

Concernant la recherche *in vivo* sur patients, des études dans lesquelles l'émail avait préalablement été préparé par brossage à la pierre ponce ont trouvé un taux de décollement de 37% de la contention par fil collé mandibulaire à 18 mois (Salehi et collaborateurs (116)) et 24 mois (Egli et collaborateurs (35)). Un plus faible taux de décollement, de 8,8% à 24 mois, a été retrouvé dans l'étude de Tacken et collaborateurs où l'émail avait été micro-sablé (66).

Ainsi, dans le cadre du mémoire pour l'obtention du Diplôme d'Études Spécialisées en Orthopédie Dento-Faciale (ODF), nous avons réalisé un essai clinique contrôlé randomisé comparant le taux de décollement des contentions collées mandibulaires post-orthodontiques selon ces 2 types de préparations amélaire : par micro-sablage versus brossage à la pierre ponce. Cette étude a été menée de 2019 à 2022 au sein du service d'ODF des Hôpitaux Universitaires de Strasbourg, et a inclus 88 patients

suivis sur 18 mois. Nos résultats à 18 mois montrent une réduction statistiquement et cliniquement significative du taux de décollement de la contention collée mandibulaire en cas de préparation amélaire par micro-sablage (7,9%) par rapport à une préparation avec de la pierre ponce (25%). Le micro-sablage a permis de réduire de 3 fois le risque de décollement, par rapport au brossage à la pierre ponce ( $p = 0,04$ ) (117).

Deux essais cliniques randomisés comparant la pierre ponce au micro-sablage, publiés en 2022 et en 2023, n'ont pas trouvé de différence significative entre le côté sablage et non-sablage. L'étude en bouche fractionnée de Laspos et collaborateurs, dans laquelle les 6 dents antérieures mandibulaires ont été préparées à la pierre ponce puis les 3 dents du côté attribué ont été micro-sablées, a trouvé un taux de décollement de 11,4% à 12 mois (118). L'étude de Padula et collaborateurs a trouvé un taux de décollement moyen de 6,9% à 12 mois mais il convient de noter qu'une fraise carbure de tungstène a été passée sur les dents préalablement à la préparation amélaire (119).

Un essai clinique randomisé sur 5 ans, mené par Bazargani et collaborateurs, incluant une évaluation de l'efficacité du micro-sablage amélaire lingual sur le collage de contentions fixes est actuellement en cours et trouvera sa conclusion en 2026 (120). Ils évalueront également l'efficacité et le taux d'échec, ainsi que les possibles complications de 3 fils de contention : le fil rond multibrins co-axial .0215" (Penta-One™), la contention en chainettes (Ortho-FlexTech™) et le fil en Nitinol fabriqué par CFAO (Memotain™).

### 3) Matériaux de collage

#### ➤ Type de d'adhésif

Certains auteurs privilégient l'utilisation d'un adhésif ou primer, insensible à l'humidité tel que le Transbond MIP™ (Unitek™) qui réduirait le risque de contamination (19).

L'étude de Reicheneder et collaborateurs a montré un meilleur indice SBS avec l'adhésif Transbond LR™ par rapport au Tetric-EvoFlow™ ou Stick FLOW™, même si les valeurs SBS demeurent suffisantes en termes cliniques (115).

L'adhésif universel (Scotchbond Universal™, 3M ESPE™) et l'adhésif orthodontique traditionnel (Transbond XT Primer™, 3M ESPE™), associés au composite Transbond XT™ (3M Unitek™) n'ont pas montré de différence significative *in vitro*. Cependant, *in vivo*, il y a eu significativement moins d'échecs à 2 ans avec l'adhésif universel, qui pourrait représenter une alternative (121).

#### ➤ Type de composite

Différents types de résines composites ont été préconisés pour le collage des contentions fixes, dont des matériaux de restauration et de collage orthodontique (42). Contrairement à la colle de l'attache orthodontique, ce matériau est exposé dans la cavité orale et donc nécessite des propriétés physiques particulières. Ainsi, le composite utilisé pour la contention doit être facile à appliquer et à manipuler lors de la pose, être confortable pour le patient, avoir une force suffisante pour retenir le fil et être suffisamment résistant à l'usure abrasive pour ne pas s'éroder sous l'effet de la mastication et du brossage (19).

Selon Bearn et collaborateurs, il faudrait au moins 1 mm de composite au-dessus du fil de contention pour avoir un équilibre entre une force suffisante et l'épaisseur de matériau en bouche, afin d'éviter le décollement au niveau de l'interface fil-composite (122). L'étude *in vitro* de Milheiro et collaborateurs, reposant sur une analyse des éléments finis, suggère quant à elle de coller la contention avec 2-4 mm de composite sans couvrir la totalité de la largeur mésio-distale de la dent afin réduire le risque de décollement à l'interface fil-émail (123).

Le Concise™ (3M Unitek™), composite de restauration auto-polymérisable, a couramment été utilisé et a été un gold standard pour sa force d'adhésion. Cependant, il constitue un matériau difficile à travailler en raison de son temps de travail restreint (42).

Au cours des deux dernières décennies, l'utilisation courante de composites chémo-polymérisables a été supplantée par l'utilisation de composites photo-polymérisables qui offrent un meilleur temps de travail et un meilleur contrôle (124).

Un essai clinique randomisé de Pandis et collaborateurs en 2013 ne rapporte pas de différence significative entre les colles chémo-polymérisées et photopolymérisées, avec des taux de décollement respectifs de 42% et de 59% à 2 ans (124).

Une étude *in vitro* publiée en 2022 sur la biocompatibilité montre une plus grande cytotoxicité des matériaux de collage auto-polymérisables que ceux photo-polymérisables (125).

Le composite de collage spécifique à la contention orthodontique (Transbond LR™, 3M Unitek™) présente un indice SBS significativement meilleur que le composite conventionnel micro-hybride (Filtek Z250™) (126), ainsi qu'une dureté après polymérisation significativement plus élevée que le Concise™ et le composite fluide (Light Cure Retainer™) (127).

Une étude suggère que le composite fluide nano-hybride (Filtek™ Ultimate) présente une résistance à l'usure similaire au composite universel micro-hybride (Z250™), et pourrait être utilisé comme alternative (128).

Un essai clinique en 2016 ne trouve pas de différence significative en termes d'échec de la contention à 2 ans entre le composite nano-hybride (Tetric-N-Flow™) et le composite fluide basse viscosité (Transbond Supreme LV™) (129).

L'étude *in vitro* de Kamala et collaborateurs en 2023, comparant 4 composites (Heliosit™, Restofill™, Tetric-N-flow™, and Filtek Z350 XT™), dévoile que tous ont subi une diminution de leur volume et de la surface moyenne après des tests simulant le brossage mécanique avec du dentifrice. Les composites utilisés en routine pour le collage de contentions linguales sont ainsi sujets à des changements dus à l'abrasion. Le composite le moins chargé (Heliosit™) a montré la moins bonne résistance à l'usure, tandis que le plus chargé a montré la meilleure (Tetric-N-flow™) (130).

Le composite orthodontique hautement chargé (Transbond XT™) est à préférer pour le collage de la contention au nano-composite fluide (Filtek Supreme XTE™), qui a montré un score SBS plus faible et un taux d'échec à 2 ans significativement plus élevé (131).

Les études de Uysal et collaborateurs montrent que le composite fluide (Venus Flow™) ou la colle avec phosphate de calcium amorphe (ACP) présentent significativement plus d'infiltrations à l'interface composite-fil que les composites conventionnels (Transbond XT™ et Transbond LR™), et ne seraient pas adaptés à la contention par fil collé multibrins (132,133).

Le composite photo-polymérisable Transbond XT™ présente moins d'infiltrations aux interfaces émail-composite et fil-composite que le Concise™ et le Transbond LR™ (134).

D'autres composites de collage, sans nécessité d'appliquer préalablement l'adhésif, ont été introduits pour réduire le temps au fauteuil mais une étude comparant ce type de composite (GC Ortho Connect™ Flow) au composite conventionnel (Transbond™ XT) montre que même si l'indice SBS était comparable, l'infiltration du composite sans adhésif pouvait compromettre son succès à long terme (135).

## 2. Discussion sur la contention orthodontique appliquée à la clinique

Les changements naturels post-traitements sont un risque dont il faut informer le patient. Ils peuvent être dus à une vraie récurrence avec le retour de la dent à sa position pré-traitement, mais ils peuvent également être causés par la croissance et la maturation au niveau des tissus (1). Les modalités et la durée de la contention doivent être discutées avec le patient (21) qui doit comprendre qu'une contention à vie est nécessaire s'il veut limiter les changements (136). La plupart des protocoles combinent le port d'une gouttière thermoformée ou plaque de Hawley au maxillaire avec la contention fixe à la mandibule (137).

La mise en place d'appareils de contention directement à la fin du traitement actif permet de stabiliser les dents le temps du remodelage des tissus et de limiter le phénomène de récurrence.

Cependant, des changements peuvent toujours se produire en raison d'une mauvaise observance du port de l'appareil de contention amovible, de l'échec de la contention fixée, ou encore d'un effet indésirable de la contention fixée toujours en place (36).

Des revues systématiques ont été effectuées mais les méta-analyses sont difficilement réalisables en raison de l'hétérogénéité clinique et des variations dans les mesures des résultats (16,138).

### a. Occlusion

Selon la revue Cochrane de Littlewood de 2016, l'utilisation par certains praticiens d'un positionneur à la fin du traitement améliore le résultat (7).

Selon certaines études, dont récemment Moslemzadeh et collaborateurs en 2018, et Wouters et collaborateurs en 2019, la plaque de Hawley permet un mouvement léger vertical et une meilleure assise de l'occlusion ou « settling », tandis que la gouttière maintient les dents dans leur position (139–141). Cependant, selon les études de

Saleh et collaborateurs en 2017, et Alkan et collaborateurs en 2020, il n'y aurait pas de différence en termes d'occlusion entre ces derniers (142,143).

Les dispositifs de contentions amovibles permettent l'installation de contacts occlusaux (144).

## b. Stabilité et récurrence

Aucune contention ne garantit la stabilité parfaite de l'alignement (38). La stabilité du traitement est affectée par de nombreux facteurs dont les caractéristiques individuelles du patient (38), dont il faudra tenir compte lors du choix de la contention.

Une revue systématique publiée en 2018 par Ben Mohimnd et collaborateurs a cherché à déterminer les facteurs impliqués dans l'encombrement mandibulaire, parmi lesquels le traitement avec ou sans extraction, la croissance résiduelle, la divergence faciale, le parodonte, le type de contention, la morphologie de l'incisive et la qualité de l'occlusion. Il y aurait eu plus de récurrence chez les femmes hyperdivergentes, en cas d'os cortical fin et lorsque le traitement a été réalisé par aligneurs (145).

Une expansion importante augmente le risque de récurrence, ce qui indique une contention mandibulaire en cas de modification de la forme ou dimension d'arcade (144).

### 1) « Amovible vs amovible »

Un essai clinique randomisé conclut que les gouttières sont plus efficaces dans le maintien des corrections des dents antérieures mandibulaires et la majorité des patients préfèrent la gouttière à la plaque (146), avec une meilleure compliance déclarée et moins d'inconfort ressenti (147).

Il n'y aurait pas de différence en termes d'efficacité entre la gouttière et la plaque de Hawley selon la revue systématique de Bahije et collaborateurs de 2018 (137). La revue systématique de Al-Rahma et collaborateurs de 2018 confirme l'absence de différence significative entre la plaque de Hawley et les autres contentions amovibles

en termes de surplomb, recouvrement, contacts occlusaux et mesures dentaires au maxillaire et à la mandibule, mais elle rapporte une plus grande proportion de rotations maxillaires et de changements dans l'indice d'irrégularité avec la plaque de Hawley (147).

Le positionneur est moins efficace que la combinaison gouttière maxillaire avec une contention collée de canine à canine mandibulaire ou gouttière maxillaire avec une réduction interproximale (stripping) mandibulaire sans contention (7).

Selon l'étude pilote de Patnaik et collaborateurs en 2023, à 1 an, la plaque de Begg, comme la gouttière, a amélioré l'alignement et les contacts occlusaux. La première a permis une meilleure hygiène orale et une meilleure occlusion, tandis que la seconde était plus acceptée sur le plan esthétique (148).

## 2) « Amovible vs fixe »

La revue Cochrane de Littlewood de 2016 révèle que l'alignement mandibulaire est légèrement moins stable avec une gouttière qu'une contention collée multibrins (7).

Selon l'essai clinique randomisé de Krämer et collaborateurs paru en 2023, à 5 ans, les changements aux 2 arcades étaient globalement faibles. L'irrégularité mandibulaire était plus importante avec la gouttière de contention (0,6 mm) qu'avec la contention collée (0,1 mm). Pour les 2 groupes, le surplomb est resté stable alors que le recouvrement a augmenté et que la longueur d'arcade a diminué. Les distances inter-molaires et canines sont restées stables à la mandibule tandis que la distance inter-molaire a significativement diminué au maxillaire. L'indice d'irrégularité au maxillaire a augmenté (0,3 mm) alors que tous les patients portaient une gouttière maxillaire (149).

Selon la revue systématique de Bellini-Pereira de 2022, à la mandibule, la contention collée est plus efficace que la gouttière pour maintenir l'alignement à court terme (3-6 mois) et à long terme (4 ans) (150), même si à moyen terme (12-24 mois) elles présentaient toutes deux la même efficacité. Au maxillaire toutefois, les 2 présentent la même efficacité (14).

Les mouvements dentaires de récidence sont les plus importants peu après la dépose (1,151). Les décollements se produisent principalement dans les 6 premiers mois (103,152) durant cette période propice à la récidence.

À 6 mois, selon O'Rourke et collaborateurs, il y a un changement mineur de l'indice d'irrégularité à la mandibule, toutefois plus marqué avec la gouttière qu'avec la contention collée par fil co-axial (153).

La capacité de rétention à la mandibule des contentions fixes et amovibles était similaire après 1 et 2 ans dans les études de O'Rourke et collaborateurs de 2016 (153), et Krämer et collaborateurs de 2020 (154). Cette période coïncide avec la période où le risque de décollement a diminué et où les tissus ont pu se stabiliser (14). Les 12 premiers mois de contention constitueraient ainsi une période critique.

Dans l'étude avec suivi à 4 ans de Al-Moghrabi et collaborateurs en 2018, les auteurs déclarent que la contention fixe préserve potentiellement mieux l'alignement mandibulaire à long terme (150) mais 70% des patients avaient arrêté de porter la gouttière, ce qui pourrait expliquer la meilleure efficacité de la contention collée (14). L'essai clinique randomisé de Hotchandani et collaborateurs en 2023 confirme la meilleure préservation de l'alignement à 4 ans avec la contention fixe (155).

Au maxillaire, l'essai clinique de Naraghi et collaborateurs de 2021 montre la même efficacité des gouttières et des fils collés de latérale à latérale (4 dents), ou canine à canine (6 dents), avec des changements cliniquement non significatifs à 2 ans (156).

#### ➤ Combinaison

La revue Cochrane de Littlewood ne montre pas de différence entre la combinaison d'une gouttière au maxillaire associée à une contention collée mandibulaire, et celle d'une gouttière maxillaire associée à un stripping mandibulaire sans contention. En comparaison, la contention par positionneur est moins efficace (7).

### 3) « Fixe vs fixe »

#### ➤ Dents prises en charge

Les revues systématiques de Jedliński et collaborateurs, et de Al-Dboush et collaborateurs, rapportent qu'à la mandibule, la contention collée sur toutes les dents (6 dents) est plus efficace pour le maintien de l'alignement que les contentions collées uniquement sur les canines (2 dents) (38,157).

L'étude de cohorte de Kocher et collaborateurs en 2020 montre qu'au maxillaire, le collage du fil de contention sur les 4 incisives était plus efficace qu'un collage 6 dents de canine à canine et permet le maintien de la distance inter-canine (9).

#### ➤ Multi-brins vs composite renforcé par fibres

Selon la revue systématique de Jedliński et collaborateurs de 2021, aucun fil ou contention composite en fibres ne présente de supériorité en termes de taux d'échec, mais le risque d'échec de la contention composite par fibres dépend davantage de l'expérience du praticien et de la technique de collage (38).

La revue systématique et méta-analyse de Liu et collaborateurs de 2022 sur l'efficacité de la contention en composite renforcé par fibres suggère une efficacité comparable entre cette contention et les contentions multibrins flexibles, sans différence significative en matière de taux d'échec (158).

La revue systématique de Quinzi et collaborateur parue en 2023, recommande l'utilisation des contentions fixes, notamment en acier inoxydable plat ou tressé, pour le maintien des dents antérieures mandibulaires à long terme et déconseille la contention composite en fibres en raison de ses effets sur le parodonte (159).

➤ Fils de contention

Une étude *in vitro* de Al-Nimri et collaborateurs, comparant des fils multibrins de diamètres différents, montre un meilleur indice SBS pour le fil .0215" par rapport aux .0175" et .032" (126).

Selon l'essai clinique randomisé de Gunay et collaborateurs en 2018, le fil acier co-axial 6 brins .0175" serait à préférer au fil co-axial « dead soft » .0195" qui a donné lieu à un indice d'irrégularité mandibulaire plus élevé et une diminution de la distance inter-canine à 12 mois (41).

L'étude de cohorte sur 10-15 ans de Kocher et collaborateurs en 2020 rapporte que le fil de contention rectangulaire .016x.022" tressé était légèrement plus efficace que le fil en TMA .027" collé uniquement aux canines pour maintenir l'alignement mandibulaire (9).

Il existe peu d'études comparant les propriétés de l'utilisation du PEEK aux fils de contention métalliques. Une étude a montré l'intérêt de ce matériau pour la réalisation de mainteneurs d'espace en raison de sa stabilité dimensionnelle et ses propriétés mécaniques (160).

La contention à vie est recommandée pour les patients adultes avec maladie parodontale avancée, les patients avec diastème médian et les patients adultes avec encombrement antérieur prononcé (28).

## c. Impact sur l'hygiène bucco-dentaire, le parodonte et en cariologie

### 1) « Amovible vs amovible »

La contention amovible de type plaque de Hawley peut augmenter le taux de candidoses orales et l'accumulation de plaque, ainsi qu'impacter la quantité et le pH salivaire. La plaque palatine en acrylique et la muqueuse palatine sous-jacente sont colonisées par les bactéries. Il ne semble pas y avoir de risque accru de développement de lésions carieuses. Un nettoyage régulier des contentions amovibles est nécessaire pour maintenir une bonne santé orale (15).

La revue systématique et la méta-analyse de Li et collaborateurs en 2021 montrent une meilleure santé parodontale chez les patients avec une plaque de Hawley par rapport à la gouttière à 6 mois, et insiste sur la nécessité d'effectuer davantage de recherches (161).

### 2) « Amovible vs fixe »

La revue Cochrane décrit moins de saignement gingival avec la contention amovible que la contention fixe (7). Selon la revue systématique de Bellini-Pereira de 2022, les contentions collées étaient associées à davantage de plaque et de tartre que les gouttières après 12 mois (14) mais ne sembleraient pas créer de problèmes parodontaux cliniquement significatifs (162). L'essai clinique randomisé de Al-Moghrabi et collaborateurs en 2018 montre une inflammation gingivale et davantage de plaque pour la contention fixe et amovible à 4 ans par rapport à l'absence de contention (150). L'essai clinique randomisé de Hotchandani et collaborateurs en 2023 confirme la gêne gingivale et les scores de plaque plus élevés pour les deux types de contention considérant la même durée de suivi (155).

La revue systématique de 2017 de Madurantakam et collaborateurs montre quant à elle qu'il n'y a pas de différence en termes de profondeur de sondage ou de saignement au sondage entre les contentions collées, les contentions composites renforcées en fibres ou la plaque de Hawley à 3 ans (16).

### 3) « Fixe vs fixe »

Une étude de Booth et collaborateurs en 2008 ne montre pas d'effet négatif de la contention collée sur le parodonte chez des patients revus 20 ans après la pose (163). Ce qui suggère que les patients avec une contention fixe auraient une hygiène orale supérieure en raison des contrôles prophylactiques plus réguliers (164).

Bearn et collaborateurs n'ont pas trouvé de preuve d'une augmentation de la maladie parodontale ou de décalcification amélaire en lien avec des contentions collées linguales (42). Cependant, des études font défaut sur cette thématique et sont nécessaires afin d'évaluer les effets secondaires néfastes possibles des contentions, tels que le développement de lésions carieuses ou de maladies parodontales (7).

Un décollement passé inaperçu pourrait entraîner un risque de lésions carieuses ou de déminéralisation (42,165).

#### ➤ Design du fil

Buzatta et collaborateurs, dans leur méta-analyse en 2017, ne trouvent pas suffisamment de preuves pour confirmer ou non le lien entre le design du fil (notamment les contentions avec les boucles en V permettant un nettoyage interproximal avec brossettes) et la santé parodontale (166).

#### ➤ Type de fil

En 2020, la revue systématique de Arn et collaborateurs, sur les effets des contentions fixes sur la santé parodontale, rapporte des résultats hétérogènes mais conclut qu'elles semblent compatibles avec la santé parodontale, ou du moins qu'elles ne présentent pas d'effets néfastes sur le parodonte (164). Selon cette même revue, il n'y a pas de consensus sur la supériorité d'un fil en termes de saignement parodontal ou d'accumulation de plaque dans les études comparant le fil rond lisse et les fils multibrins (164).

La structure du fil en termes de santé parodontale est controversée, avec certaines études rapportant une supériorité du fil plein/lisse (collées uniquement sur les canines), tandis que d'autres montrent une supériorité du fil multibrins (164).

Selon Knaup et collaborateurs, le Memotain™ montre de meilleurs résultats que le TwistFlex™ en termes de santé parodontale (167), tandis que l'étude de Kartal et collaborateurs rapporte des résultats parodontaux similaires aux contentions multibrins à 6 mois (168). L'étude de Adanur-Atmaca et collaborateurs montre de meilleurs résultats parodontaux pour cette contention à 1 an de suivi, sans qu'il y ait eu une dégradation parodontale pour les fils rectangulaires .016x.022" « dead soft » ou acier multibrins 5 brins (63).

L'essai clinique randomisé de Nagani en 2023 ne montre pas de différence en termes de santé parodontale entre la contention composite fibrée et la contention collée multibrins (169).

La revue systématique de Quinzi et collaborateurs de 2023, confirmant une autre revue (164), rapporte que parmi les contentions fixes, qui présentent une forte accumulation de plaque et tartre sur les surfaces linguales par rapport aux contentions amovibles, la contention en composite renforcé par fibres s'est révélée être celle qui favorise le plus cette accumulation (159). Ils recommandent en conséquence l'utilisation de fils pleins ou tressés.

Les recommandations tendent vers une contention à vie mais il y a un manque de données sur les potentiels effets secondaires de la contention fixe à long terme, la plupart des études allant de 2 mois à 5 ans (164), avec la durée de suivi la plus longue de 20-29 ans mais avec une étude de faible qualité (163).

#### ➤ Protocole et technique de collage

La revue de Arn et collaborateurs de 2020, d'après une étude prospective (170) et une transversale (171), ne rapporte pas d'influence significative du positionnement vertical (plus occlusal ou gingival) du fil de contention fixe sur les résultats parodontaux (164). L'étude de Kaji et collaborateurs en 2013 n'a, en effet, pas montré de différence mais les participants présentaient une bonne hygiène orale (170). Davantage d'études semblent nécessaires.

## d. Comparaison des échecs

Selon Kučera et collaborateurs en 2021, les mouvements dentaires se produisent à cause d'une mauvaise observance du port de l'appareil amovible, et à cause du décollement, d'une fracture ou de mouvements dentaires indésirables (syndromes du fil) de la contention fixe (36).

### 1) Échec des contentions amovibles

L'appareil de contention amovible peut être perdu ou cassé (156). La plaque de Hawley peut se fracturer, et la gouttière peut présenter une usure excessive avec l'apparition de perforations et fissures, voire se fracturer, parfois dans les 6 à 18 mois (4).

Dans l'essai clinique randomisé avec 2 ans de suivi de Naraghi et collaborateurs en 2021, la moitié des fractures des gouttières et des échecs de contentions collées maxillaires se sont produits dans les 6 premiers mois (156).

Les données en termes de taux de survie des plaques de Hawley et des gouttières amovibles sont contradictoires selon la revue Cochrane de Littlewood de 2016 (172). Selon la revue systématique de Al Rahma et collaborateurs en 2018, la proportion de fracture de la gouttière semble plus importante que celle de la plaque de Hawley, mais aucune différence statistiquement significative n'a été observée concernant la survie globale de ces 2 types de contention, au maxillaire et à la mandibule (147).

Selon l'essai clinique randomisé sur 12 mois de 2023 de Patnaik et collaborateurs, comparant la plaque de Begg et la gouttière, la fracture pour les 2 groupes n'est pas statistiquement significative. Le nombre plus important de fractures de la gouttière pourrait être expliqué par les contraintes et forces exercées sur les surfaces occlusales. La fracture de la plaque était plus souvent due à une mauvaise manipulation ou une négligence de la part des patients (148).

## 2) Échec « contentions amovibles vs contentions fixes »

Selon la revue systématique de Bellini-Pereira de 2022 (14), le taux d'échec au maxillaire était similaire entre la contention collée et la gouttière pendant la première année (173), puis s'est révélé plus important avec la gouttière après une période de 2 ans (156).

À la mandibule, le taux d'échec était plus important avec les contentions collées que les gouttières thermoformées dans les études de O'Rourke et collaborateurs, et de Forde et collaborateurs (153,165), tandis que celle de Krämer et collaborateurs de 2020, avec une barre collée uniquement au niveau des canines, n'a pas mis en évidence de différence (154).

## 3) Échec des contentions fixes

Les contentions collées sont plus attractives pour les patients en raison de leur esthétique mais tendent à avoir davantage d'échecs que les contentions amovibles selon la revue systématique de Madurantakam et collaborateurs de 2017 (16). La méta-régression réalisée dans cette étude montre que la période de suivi n'est pas prédictive du taux d'échec de la contention collée mandibulaire (16).

### (1) Décollement

Le décollement constitue le principal risque d'échec des contentions collées, avec des taux rapportés de 7,3 à 50% dans la littérature selon la revue systématique de Jedliński et collaborateurs de 2021 (38). Egli, Cornelis et collaborateurs rapportent un taux de décollement de la contention collée de 40% à 2 ans puis de 54% à 5 ans, avec des décollements se concentrant essentiellement sur la première année (35,174).

Plus récemment, la revue systématique de Aye et collaborateurs en 2023 rapporte un taux de décollement moyen de 35,2%, et constate qu'il augmente avec la durée du suivi, passant de 24,2% pour le suivi à court terme, à 40% à moyen terme et à 53,8% à long terme (37).

Le décollement pourrait être causé par de multiples facteurs : le type de fil et sa dimension, le type de préparation des dents, le type de matériaux de collage et l'épaisseur du composite, la méthode de polymérisation, la technique de placement, la technique de collage, l'occlusion antérieure, l'expérience de l'opérateur, l'alimentation (nourriture collante), etc... (37).

Le décollement peut se produire à l'interface email-composite ou composite-dent.

Dans l'étude de Bearn et collaborateur en 1995, l'échec le plus fréquemment observé se produisait à l'interface fil-composite, avec un fil exposé en bouche ou non relié au matériau de collage. Ceci serait lié à l'épaisseur insuffisante de matériau ou l'abrasion du matériau, due à des forces mécaniques telles que le brossage ou la mastication (42), et semble se produire pour des fils moins rétentifs, tels que les fils monobrins. L'augmentation de l'épaisseur de composite et l'amélioration des matériaux, avec une meilleure résistance à l'abrasion, ou encore le sablage du fil de contention, pourraient diminuer ce taux d'échec.

Aujourd'hui, le décollement se produit essentiellement à l'interface email-composite (37,157), en raison de la contamination de la surface de collage. Les études tentent de déterminer les meilleurs protocoles de collage.

La revue systématique de Al-Dboush et collaborateurs en 2021 rapporte davantage d'échecs au maxillaire qu'à la mandibule (157), ce qui peut être expliqué par l'occlusion et les contacts lors de la mastication.

Le décollement des contention fixes se produit essentiellement dans les 3 à 6 mois (38) après le collage et cette probabilité chute significativement après 1 an (152). Ainsi, durant les 6 premiers mois après le collage, il est recommandé de voir fréquemment les patients en contrôle (38).

Un décollement précédent augmente le risque de décollements à répétition (157). En effet, l'élimination du composite sous le fil est difficile et rend le recollage fastidieux. La réparation prendrait 12 min de temps de fauteuil (175). Le recollage sur un email préalablement collé peut être imprévisible et mener à des taux d'échecs accrus de la contention collée (176).

➤ Type de fil

L'étude rétrospective sur 5 ans de Mheissen et collaborateurs de 2022 ne montre pas de différence en termes de survie ou d'indices parodontaux entre les 3 fils de contention fixe testés (Bond-A-Braid™, Ortho-FlexTech™ et Retainium™) (177).

Selon un essai clinique en 2021 de Węgrodzka et collaborateurs, il n'y aurait pas de différence en termes de survie ou de santé parodontale entre le fil rond .0265" 3 brins et le fil rectangulaire tressé 8 brins (Bond-A-Braid™) à 2 ans (178).

L'essai clinique de Kartal et collaborateurs en 2021 ne trouve pas différence en termes de décollement et de taux de survie entre le Memotain™ et le fil multibrins à 6 mois (168).

➤ Contention par fil collé vs contention en composite renforcé par fibres

La revue systématique de Iliadi en 2015 sur les échecs des contentions fixes révèle qu'il n'y a pas de différence significative sur le taux de décollement entre les contentions en composite renforcé par fibres (11-71%) et les contentions multibrins (12-50%) (179).

L'essai clinique randomisé Tacke et collaborateurs en 2010, non inclus dans cette revue précédemment citée, a trouvé significativement plus de décollements avec la contention en composite renforcé par fibres (51%) par opposition aux fils collés (12%) à 2 ans (66).

La revue systématique d'Al-Dboush et collaborateurs en 2021 confirme que la contention en composite renforcé par fibres est plus sensible à l'expérience de l'opérateur, et que les taux d'échec seraient importants avec une technique de collage inadéquat (157). Certaines études ont utilisé une digue dentaire durant le collage, ce qui a été un facteur critique de succès à long terme (37).

La revue systématique de Aye et collaborateurs en 2023 conclut qu'un faible niveau de preuve suggère qu'il n'y a pas de différence significative entre les contentions en

composite renforcé par fibres et les fils multibrins en acier (37). En effet, certaines études rapportent significativement moins de décollements (66,180) et une meilleure fiabilité (181) du fil multibrins par rapport à la contention en composite renforcé par fibres. D'autres montrent un taux de décollement moindre mais non significatif (116,182) ou une absence de différence (107,116), et une dernière des décollements accrus avec le fil multibrins (47).

➤ Collage direct et indirect

Les études et les revues systématiques, dont celle d'Ahmed et collaborateurs en 2021 (183), ne montrent pas de différence significative du taux de décollement de contentions collées mandibulaires entre collage direct et indirect (35,37,38,157,184). Dans l'étude d'Egli et collaborateurs, un potentiel facteur confondant pourrait influencer les résultats car une colle photo-polymérisable a été utilisée dans le groupe direct (taux d'échec de 40% à 2 ans), par opposition à une colle chémo-polymérisable dans le groupe indirect (taux d'échec de 43% à 2 ans) (35,37). Le principal avantage du collage indirect est que le temps consacré au collage au fauteuil est plus court (35,37,38,157,184).

(2) Fracture

Selon Zachrisson en 2015, il y a moins de fractures avec le fil de contention co-axial par rapport au fil tressé 3 brins. Il a également observé moins de décollements et de fractures à 3 ans avec les contentions mandibulaires par opposition aux contentions maxillaires. Les échecs au maxillaire se produisent, pour la plupart, en mésial ou en distal des canines lorsque 6 ou 8 dents étaient collées (28).

Selon la revue systématique de Jedliński et collaborateurs, la contention en composite renforcé par fibres tend à subir des fractures plus fréquentes (7,1% au maxillaire et 8,8% à la mandibule) que le fil collé flexible (38).

### (3) Syndrome du fil

Le syndrome du fil est décrit par un mouvement dentaire inexplicable, aberrant, inattendu, non voulu et indésirable en présence d'un fil de contention collé intact, en l'absence de décollement ou de fracture (53). Sa prévalence varie de 1,1% à 43% dans la littérature, avec la plus faible prévalence constatée au sein de l'étude rétrospective menée sur 3500 patients, alors que les 43% étaient relevés sur une étude incluant 30 patients. Le délai d'apparition se situe entre 1 an à 21 ans après le collage, avec une moyenne à 4 ans (53), et semble survenir plus fréquemment au maxillaire, chez les patients présentant des dysfonctions orales et intéresseraient les dents sans contacts inter-incisifs (185).



Figure 40 : Mouvement dentaire indésirable induit par le fil de contention, ou syndrome du fil (52)

Les étiologies de ces mouvements dentaires indésirables ne sont clairement définies mais pourraient inclure le détournement d'un fil multibrins générant une force, la déformation mécanique (fonction masticatoire, aliment dur, traumatisme, nettoyage interdentaire, etc...), ou une déflexion élastique causée par le collage non passif du fil (30).

Un fil collé « actif » peut exercer des forces sur les dents (60) et est suspecté de pouvoir causer des changements de torque sur les incisives adjacentes (« effet X ») ou une inclinaison de la canine controlatérale (« effet de torsion ») (186). Il y a un besoin d'identifier les facteurs causaux afin de prévenir leur apparition.

En 2007, Katsaros et collaborateurs décrivent pour la première fois le syndrome du fil et rapportent dorénavant utiliser un fil de contention en acier .016x.022" (le côté .022 en contact des dents), avec un sablage préalable de l'émail et du fil. Les auteurs déclarèrent en 2007 ignorer si ce type de fil était supérieur au fil rond multibrins, le plus couramment utilisé (52).

La revue systématique de 2022 de Charavet montre que les syndromes du fil concernent essentiellement les fils ronds multibrins (3, 5, 6 brins) en acier de diamètres divers (.018", .0175", .0195", .0215"). Ils ont été rapportés dans une moindre mesure avec d'autres types de fils (un cas avec la contention plate en chainettes (Ortho-FlexTech™), et un avec la barre de contention .036" collée uniquement aux canines) (53).

Selon l'étude *in vitro* de Seide et collaborateurs en 2022, les mouvements indésirables se produisent dans des conditions spécifiques : une adhésion altérée combinée à la présence de forces orales. Les composés ayant perdu l'adhésion à l'interface composite-fil ont montré un moment de rotation dans le sens de l'enroulement du fil avec des forces faibles. Des moments de rotation opposés conduisant au déroulement du fil peuvent se produire en cas de forces plus élevées (187).

L'étude *in vitro* de Arnold et collaborateurs en 2016 montre que les fils plans monobrins présentent un faible effet ressort et une forte rigidité, les rendant résistants à la déformation et à la torsion. Les fils multibrins, eux, présentent un fort effet ressort et une faible rigidité, et seraient ainsi capables de stocker de l'énergie qui se dissiperait sous forme de forces faibles sur une longue période (30).

L'étude *in vitro* de Sifakakis et collaborateurs en 2011 a montré qu'un mouvement (ingression-égression ou vestibulo-lingual) de 0,2 mm d'une dent au sein d'une contention collée de plusieurs dents, génère une force supérieure à 1 Newton, suffisante pour induire un mouvement dentaire indésirable (188).

En 2015, une étude de la même équipe conclut que les fils de contention testés (Tru-Chrome™ .027" rond 7 brins, Wildcat™ rond .0175", Twistflex™ 3 brins .0215" et Ortho-FlexTech™ en chainettes) n'étaient pas passifs après une mise en charge

verticale, simulant la mastication. Les magnitudes de forces et moments résiduels étaient les plus importantes notamment sur les fils hautement déformables et avec une faible limite d'élasticité, et les moins importantes sur les contentions avec chainettes (60).

Arnold et collaborateurs rapportent une large différence de résistance au torque des 7 fils testés, avec un meilleur contrôle de torque pour les fils en acier rectangulaires monobrin .016x.016" ou multibrins tressés .016x.022" (30).



Figure 41 : Images au microscope électronique à balayage de certains fils testés dans l'étude d'Arnold et collaborateurs (30).

L'étude d'Engeler et collaborateurs en 2021 comparant divers fils, révèle que les fils plats et tressés (.016x.016" et Bond-A-Braid™) sont plus prédictifs que les multibrins (Triple Flex™ et Respond™) qui peuvent emmagasiner de l'énergie dans les espaces entre les plots de colle, ce qui constitue une explication possible aux mouvements dentaires indésirables (29).

L'essai clinique de Cornelis et collaborateurs, comparant le collage indirect au collage direct, ne rapporte des mouvements indésirables que dans le deuxième groupe et propose l'hypothèse que le fil, bloqué dans les plots de composite préfabriqués, serait collé absolument de façon passive (174).

Une enquête hollandaise montre que l'opinion que le syndrome du fil serait causé par le fil rond multibrins est fortement associée à un changement de fil. La littérature suggère de le remplacer par un fil plus résistant au torque tel que l'acier monobrin plein .016x.016" ou rectangulaire multibrins tressés .016x.022" (31).

## e. Avis du patient, considérations de santé, pratiques des orthodontistes

### ➤ Compliance

L'essai clinique randomisé à 2 ans de Naraghi et collaborateurs de 2021 rapporte que les patients ayant présenté une faible coopération sur le port de la gouttière avaient une augmentation de l'indice d'irrégularité par rapport aux patients présentant une bonne coopération (156).

Selon l'étude de Al-Moghrabi et collaborateurs en 2019 (189), les facteurs influençant la compliance du port de la gouttière sont :

- le désir de maintenir le résultat orthodontique,
- une perception négative de la récurrence (devoir refaire un traitement avec son impact en termes de temps et de coût),
- les effets sur la qualité de vie (impacts physique et social),
- un schéma de port et une maintenance établie,
- le soutien de l'entourage et de son orthodontiste.

L'absence de rendez-vous de contrôle et l'immaturation du patient ont conduit à des décisions d'arrêt du port de l'appareil.

Un questionnaire réalisé auprès d'adolescents de 11 à 17 ans en 2022 montre une adaptation rapide à la contention, malgré des débuts difficiles. Les facteurs influençant la coopération sont essentiellement l'inquiétude concernant la récurrence et le coût financier en plus de l'investissement personnel d'un retraitement. Certains auraient souhaité être davantage impliqué dans les décisions concernant la contention (190).

Selon une autre étude de Wilson et collaborateurs en 2023, les facteurs influençant le port de la contention étaient l'importance portée au maintien du résultat, la conscience des possibles mouvements post-traitements et le port encouragé par l'orthodontiste lors des rendez-vous de contrôle (191).

La compliance du patient semble diminuer dans le temps, avec dans une étude 70% des patients ayant arrêté de porter la gouttière mandibulaire à 4 ans (14,150).

### ➤ Parole et confort

Selon la revue systématique de Madurantakam et collaborateurs de 2017, la plaque de Hawley présente plus d'inconfort et de gêne (esthétique et élocution) pour le patient comparé à la gouttière et à la contention collée (16). La revue systématique de Chen et collaborateurs en 2018 sur l'effet des appareils orthodontiques sur la parole confirme que la plaque de Hawley et les gouttières ont un effet sur certains sons, perturbent l'élocution. Le recouvrement d'une élocution normale prendrait entre 1 semaine et 3 mois (192). La revue Cochrane de Littlewood de 2016 rapporte que les patients sont plus embarrassés par le port de la plaque de Hawley par rapport à celle de la gouttière, et elle précise que le fixe est plus agréable à porter (7).

Dans une étude sur 3 mois comparant un port continu d'une plaque de Hawley à celui d'une gouttière, la compliance était élevée et la gouttière était mieux acceptée (18).

Selon l'essai clinique randomisé de Forte et collaborateurs en 2018, la contention collée engendre moins de problèmes de phonation, ne nécessite pas la compliance du patient et est plus confortable que la gouttière, mais elle est toutefois plus difficile à nettoyer (165).

Concernant la contention fixe, les patients considèreraient la contention en composite renforcé par fibres plus esthétique et confortable que la contention avec un fil en acier multibrins flexible (38,103).

### ➤ Santé

Raghavan et collaborateurs constatent, dans leur essai clinique de 2017, une augmentation des niveaux de BPA pour toutes les contentions amovibles mises en place, et recommandent la plaque de Hawley, notamment avec une cuisson de la résine, par rapport à la gouttière thermoformée, en raison des quantités moindres de BPA relargués (78).

Selon une étude *in vitro* de Roser en 2021, la contention Memotain™ en Nitinol ne nuirait pas à la qualité de l'image en cas d'IRM de la tête et cou ou des dents, car elle a présenté des artéfacts nettement plus faibles que le fil de contention en acier multibrins Twistflex™ (193).

### ➤ Impact financier

La revue systématique de Al Rahma et collaborateurs de 2018 rapporte que les gouttières étaient meilleures en termes de coût-efficacité pour le système de santé et le patient, et plus rentables au cabinet que les plaques de Hawley (147).

Un essai clinique randomisé en 2022 de Sonessons et collaborateurs montre que, pour le maxillaire, le coût du matériau et des urgences était plus élevé avec la gouttière qu'avec la contention collée sur 4 ou 6 dents, sans qu'il n'y ait de différence statistiquement significative en termes de coût total ou de temps de fauteuil (194).

### ➤ Suivi

La récurrence est fortement liée au manque de coopération pour la contention amovible ou aux échecs pour la contention collée, d'où la nécessité de rendez-vous de contrôle réguliers pour détecter le plus tôt possible les décollements, mouvements dentaires ou complications (48).

Selon une enquête de Bibona et collaborateurs en 2014, il y avait davantage de rendez-vous pendant la période de contention lorsque l'orthodontiste tenait compte de la présence des 3<sup>e</sup> molaires et des patients avec besoins particuliers lors du choix de l'appareil. La fréquence de suivi augmenterait avec l'expérience du praticien et lorsqu'il considérait que la responsabilité de contention était conjointe à l'orthodontiste et au patient. Il y avait moins de visites de suivi en cas de prescription d'une gouttière et lorsque l'orthodontiste considérait que la responsabilité principale de la contention incombait au patient (195).

Selon l'enquête de Carneiro et collaborateurs en 2022, il y a une dichotomie, entre les orthodontistes mal à l'aise à l'idée de laisser les chirurgiens-dentistes assurer le suivi de contention, et les orthodontistes réticents à effectuer eux-mêmes le suivi indéfiniment (196).

### ➤ Perception des changements et satisfaction

Tous les patients présentaient un certain degré de changement de l'indice d'irrégularité à 2 ans selon l'essai clinique de Karsli et collaborateurs paru en 2023. Seuls 47,1% des patients avec une contention collée et 74% des porteurs de gouttière en étaient conscients. Le changement était perçu lorsque l'irrégularité mandibulaire augmentait de 1-3 mm et il était davantage perçu quand il avait lieu au maxillaire. Plus de la moitié des patients ayant remarqué ces changements étaient toujours satisfaits des résultats et les insatisfaits ne souhaitaient pas nécessairement un retraitement (197).

Selon l'essai clinique randomisé à 4 ans avec adolescents de Steegmans et collaborateurs en 2022, la satisfaction entre le protocole avec la gouttière et la contention collée était similaire et les différences en termes de stabilité mandibulaire seraient liées à la faible compliance de ces patients (13).

L'essai clinique randomisé de Krämer et collaborateurs de 2023 relève qu'à 5 ans, une faible quantité de changement post-traitement s'est produite et les patients étaient satisfaits du résultat et de leur contention mandibulaire, aussi bien fixe qu'amovible (149).

## f. Durée de contention

La durée de contention et le temps de port varient dans la littérature.

### ➤ Temps de port de la contention amovible

La revue Cochrane de Littlewood de 2016 ne trouve pas de différence en termes de stabilité entre un port partiel ou continu, pour la gouttière thermoformée ou la plaque de Hawley (7). La revue systématique de Bahije et collaborateurs en 2018 rajoute qu'un temps de port partiel, de 8-10h par jour est suffisant (137).

➤ Durée de suivi

Une contention à durée indéfinie est à considérer, afin de maintenir les relations dentaires à long terme. Ces modalités doivent être discutées avec le patient avant le début du traitement, étant donné l'importance de cette phase qui suit le traitement orthodontique actif.

La contention devrait être décrite comme :

- une phase de cicatrisation, de 12 mois, période de remaniement des fibres, où les dents sont stabilisées après le mouvement réalisé par l'appareil orthodontique,
- et une phase de maintenance, pour prévenir les changements qui se produisent à long terme, dus à la maturation (19).

Selon le guide néerlandais de pratique clinique en contention orthodontique de 2019 de Wouters et collaborateurs, développé à partir d'une revue systématique de la littérature (140) :

- Le premier rendez-vous de contrôle doit être programmé dans les 3 mois suivant l'insertion de la contention.
- Pendant une période de 1 à 2 ans, il faudrait effectuer 2-4 rendez-vous de contrôle.
- Il est primordial de communiquer de manière claire avec le chirurgien-dentiste concernant les contrôles pour assurer un suivi efficace et d'envisager le transfert de responsabilité.

Les recommandations de bonne pratique de 2023 de la SFODF (144) rajoute que les 6-8 premiers mois sont une période critique, où un suivi orthodontique régulier et rigoureux doit être instauré. Après le suivi régulier de 1 à 2 ans de l'orthodontiste, le contrôle de la contention peut être réalisé lors des visites régulières chez le chirurgien-dentiste traitant qui peut réorienter chez l'orthodontiste en cas de problème.

### 3. Recommandations

Aucune contention ne permet une stabilité parfaite de l'alignement (38).

En cas de contention collée, le patient doit être vu fréquemment durant la première année car la plupart des décollements se produisent durant les 6 premiers mois et davantage au maxillaire qu'à la mandibule (38).

La SFODF a récemment publié un guide de recommandations professionnelles de bonne pratique sur la contention en orthodontie en mai 2023, basée sur la littérature internationale que nous avons passé en revue. Le choix des matériaux ne fait pas encore consensus et certains dispositifs davantage utilisés en France sont peu documentés (144).

Amovible	Fixe
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Même efficacité pour maintenir la distance inter-canine, le surplomb incisif, la fermeture d'espace et longueur d'arcade</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gouttière et plaque de Hawley équivalentes</li> <li>• Permettent les contacts occlusaux</li> <li>• Port 8-10h par 24h suffisant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contention à long terme → indispensable pour maintenir l'alignement</li> <li>• Peu dépendante de l'observance</li> <li>• Maintenance nécessaire</li> <li>• Discrète</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esthétisme, confort, élocution : gouttière &gt; plaque de Hawley</li> <li>→ Gouttière préférée et mieux portée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contention 2 dents : plus confortable que 6 dents</li> <li>• Fixe plus confortable que contention amovible</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Principaux échecs : perte ou casse</li> <li>• Peu fréquents</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Décollement = complication courante</li> <li>- 6 premiers mois à risque</li> <li>- Maxillaire &gt; mandibule</li> <li>- Taux d'échecs : contention 6 dents &gt; 2 dents</li> <li>• Syndrome du fil : multifactoriel et encore mal connu</li> </ul>

Tableau 2 : Informations issues du guide de recommandations professionnelles de la SFODF (144)

Préalable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contention particulièrement indiquée en cas d'anomalie initiale</li> <li>• Tenir compte du plan de traitement et de ses modalités d'application</li> <li>• Normaliser les fonctions</li> </ul>
Choix selon :	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'hygiène : si mauvaise → éviter la contention collée</li> <li>• L'observance : moins bonne à long terme avec de l'amovible</li> <li>• Le patient : demande et attente esthétique</li> </ul>
État de santé parodontale	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Fixe et amovible</u> : → Inflammation gingivale légère à long terme</li> <li>• <u>Pas d'antécédent de parodontite</u> : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contention collée → peu d'impact sur la santé</li> <li>- Contention collée 2 dents → meilleure santé parodontale que contention 6 dents</li> <li>- Contention composite fibrée : moins favorable que les fils métalliques</li> </ul> </li> <li>• <u>Antécédent de parodontite</u> : Préférer une contention collée 6 dents</li> </ul>
Suivi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6-8 premiers mois : suivi orthodontique régulier et rigoureux</li> <li>• 1 à 2 ans après dépose : suivi régulier par l'orthodontiste</li> <li>• Après 2 ans : suivi réalisable lors des visites régulières chez le chirurgien-dentiste traitant → qui réoriente chez l'orthodontiste si besoin</li> </ul>
Recommandations	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maintenir la contention pendant plusieurs années</li> <li>• Informer du vieillissement physiologique et normal des tissus</li> <li>• Informer de la nécessité de port assidu de la contention</li> <li>• Renforcer la motivation à l'hygiène bucco-dentaire</li> <li>• L'observance diminue avec le temps → suivi nécessaire pour contrôler le dispositif de contention à long terme</li> </ul>

Tableau 3 : Recommandations issues du guide de recommandations professionnelles de la SFODF (144)

Le guide de pratique clinique de Wouters et collaborateurs en 2019 fournit quelques critères de choix concernant la contention (140) :

		Maxillaire	Mandibulaire
• Risque de récidence :	Faible	Fixe	Fixe
	Modéré	Amovible	
	Élevé	Fixe + amovible	Fixe + amovible
• Si mauvaise hygiène :		Plaque de Hawley	Plaque de Hawley

Tableau 4 : Choix de la contention selon l'arcade (140)

Contention	Maxillaire	Mandibulaire
• Fixe	Fil : acier carré ou rectangulaire	
	- Collage de latérale à latérale (4 dents)	Si mauvaise hygiène : - Fil collé que sur les canines (2 dents) - Informer du risque de modification de l'alignement
	Si rotations initiales : - Collage de canine à canine (6 dents)	
• Amovible	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plaque de Hawley ou gouttière selon les préférences du patient et l'expérience de l'orthodontiste (situation clinique).</li> <li>- Si ancrage inadéquat : préférer la gouttière.</li> <li>- Si contention amovible seule : envisager un port continu pendant une courte durée, selon la situation initiale et le traitement réalisé</li> </ul>	

Tableau 5 : Design de l'appareil fixe et amovible (140)

## Conclusions

La contention idéale, remplissant l'intégralité du cahier des charges, n'existe pas à ce jour. Les contentions amovibles et fixes sont complémentaires, et le choix doit être effectué de manière individualisée au patient, avec une information claire, établie avant le début du traitement.

Le développement de nouvelles technologies, et notamment de la CFAO, permet d'explorer de nouvelles pistes afin de fabriquer des appareils de contention sur mesure pour le patient, en simplifiant le travail de l'orthodontiste.

À long terme, à la mandibule, la contention fixe permet une meilleure rétention que les gouttières amovibles. Cependant, le principal risque est le décollement qui se produit dans les 6 premiers mois, d'où l'importance accrue à accorder à la première année de suivi. Le risque le plus préjudiciable est le syndrome du fil, qui peut apparaître à court ou long terme, et semble corrélé au fil de contention rond multibrins.

De nouvelles alternatives semblent émerger, avec la nécessité d'avoir davantage d'études, un meilleur niveau de preuve et une durée de suivi plus longue afin d'améliorer la stabilité du traitement orthodontique tout en évitant les effets indésirables des dispositifs médicaux mis en place.

La communication entre l'orthodontiste, le dentiste et le patient est indispensable, et contribue au maintien à long terme des résultats du traitement orthodontique.



## SIGNATURE DES CONCLUSIONS

Thèse en vue du Diplôme d'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

Nom - prénom de l'impétrant : PHONCHAREUN Estelle

Titre de la thèse : Etat des lieux sur la contention orthodontique : revue de la littérature

Directeurs de thèse : Docteurs Yves BOLENDER et Elia KOL

VU  
Strasbourg, le : 09 NOV. 2023  
Le Président du Jury,

Professeur M. MINOUX

VU 09 NOV. 2023  
Strasbourg, le :  
Le Doyen de la Faculté  
de Chirurgie Dentaire de Strasbourg,

Professeur F. MEYER

## Références bibliographiques

1. Reitan K. Principles of retention and avoidance of posttreatment relapse. *Am J Orthod.* juin 1969;55(6):776-90.
2. Sinclair PM, Little RM. Maturation of untreated normal occlusions. *Am J Orthod.* févr 1983;83(2):114-23.
3. Bishara SE, Treder JE, Damon P, Olsen M. Changes in the dental arches and dentition between 25 and 45 years of age. *Angle Orthod.* 1996;66(6):417-22.
4. Proffit WR. *Contemporary orthodontics.* 6th edition. Philadelphia, IL: Elsevier; 2018.
5. Johnston CD, Littlewood SJ. Retention in orthodontics. *Br Dent J.* 16 févr 2015;218(3):119-22.
6. Philippe J. *Dictionnaire d'orthognathodontie - Orthodontie, orthopédie dento-faciale.* 3e édition. Paris : SFODF: SFODF; 2015. 251 p.
7. Littlewood SJ, Millett DT, Doubleday B, Bearn DR, Worthington HV. Retention procedures for stabilising tooth position after treatment with orthodontic braces. *Cochrane Database Systematic Review* 2016. Issue 1. Art. No.: CD002283. DOI: 10.1002/14651858.CD002283.pub4.
8. Little RM. The irregularity index: a quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod.* nov 1975;68(5):554-63.
9. Kocher KE, Gebistorf MC, Pandis N, Fudalej PS, Katsaros C. Long-term Effectiveness of Maxillary and Mandibular Bonded Orthodontic Retainers. *Oral Health Prev Dent.* 8 juin 2020;18(1):633-41.
10. Hawley CA. A removable retainer. *Int J Orthod Oral Surg* 1919. 1 juin 1919;5(6):291-305.
11. Kesling HD. Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment. *Am J Orthod Oral Surg.* mai 1946;32:285-93.
12. Sheridan JJ, LeDoux W, McMinn R. Essix retainers: fabrication and supervision for permanent retention. *J Clin Orthod.* janv 1993;27(1):37-45.
13. Steegmans PAJ, Cavagnetto D, Reynders RAM. Which orthodontic retention protocol should I implement? A critical assessment of a randomised controlled trial. *Evid Based Dent.* déc 2022;23(4):162-5.
14. Bellini-Pereira SA, Aliaga-Del Castillo A, Dos Santos CCO, Henriques JFC, Janson G, Normando D. Treatment stability with bonded versus vacuum-formed retainers: a systematic

review of randomized clinical trials. *Eur J Orthod.* 30 mars 2022;44(2):187-96.

15. Katsaros C, Eliades T, éditeurs. *Stability, retention, & relapse in orthodontics.* Berlin: Quintessence Publishing; 2017. 212 p.
16. Madurantakam P, Kumar S. Fixed and removable orthodontic retainers and periodontal health. *Evid Based Dent.* 22 déc 2017;18(4):103-4.
17. Mai W, He J, Meng H, Jiang Y, Huang C, Li M, et al. Comparison of vacuum-formed and Hawley retainers: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* juin 2014;145(6):720-7.
18. Vagdouti G, Karvouni E, Bitsanis E, Koletsi D. Objective evaluation of compliance after orthodontic treatment using Hawley or vacuum-formed retainers: A 2-center randomized controlled trial over a 3-month period. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* déc 2019;156(6):717-726.e2.
19. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ, éditeurs. *Orthodontics: current principles and techniques.* Sixth edition. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2017. 1016 p.
20. Dogramaci EJ, Littlewood SJ. Removable orthodontic retainers: practical considerations. *Br Dent J.* juin 2021;230(11):723-30.
21. Lyros I, Tsolakis IA, Maroulakos MP, Fora E, Lykogeorgos T, Dalampira M, et al. Orthodontic Retainers-A Critical Review. *Child Basel Switz.* 28 janv 2023;10(2):230.
22. Raja TA, Littlewood SJ, Munyombwe T, Bubb NL. Wear resistance of four types of vacuum-formed retainer materials: a laboratory study. *Angle Orthod.* juill 2014;84(4):656-64.
23. Bonnet B. Un appareil de reposturation : l'Enveloppe Linguale Nocturne (E.L.N.). *Rev Orthopédie Dento-Faciale.* 1 sept 1992;26(3):329-47.
24. B-Ortho [Internet]. [cité 28 oct 2023]. Enveloppe Linguale Nocturne. Disponible sur: <http://www.b-ortho.fr/portfolio/enveloppe-linguale-nocturne/>
25. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. *J Dent Res.* déc 1955;34(6):849-53.
26. Knierim R. Invisible lower cuspid to cuspid retainer. *Angle Orthod.* avr 1973;43(2).
27. Zachrisson BU. Clinical experience with direct-bonded orthodontic retainers. *Am J Orthod.* avr 1977;71(4):440-8.
28. Zachrisson BU. Multistranded wire bonded retainers: from start to success. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* nov 2015;148(5):724-7.
29. Engeler OG, Dalstra M, Arnold DT, Steineck M, Verna C. *In vitro* comparison of the torsional load transfer of various commercially available stainless-steel wires used for fixed retainers in orthodontics. *J Orthod.* juin 2021;48(2):118-26.

30. Arnold DT, Dalstra M, Verna C. Torque resistance of different stainless steel wires commonly used for fixed retainers in orthodontics. *J Orthod.* juin 2016;43(2):121-9.
31. Padmos JAD, Fudalej PS, Renkema AM. Epidemiologic study of orthodontic retention procedures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* avr 2018;153(4):496-504.
32. Diamond M. Resin fiberglass bonded retainer. *J Clin Orthod.* mars 1987;21(3):182-3.
33. Wolf M, Schumacher P, Jäger F, Wego J, Fritz U, Korbmacher-Steiner H, et al. Novel lingual retainer created using CAD/CAM technology: evaluation of its positioning accuracy. *J Orofac Orthop.* mars 2015;76(2):164-74.
34. Tap N, B A, Hs B, Reg J. Present and Theoretical Applications of Poly-Ether-Ether-Ketone (PEEK) in Orthodontics: A Scoping Review. *Mater Basel Switz [Internet].* 22 oct 2022 [cité 8 déc 2022];15(21). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36363004/>
35. Egli F, Bovali E, Kiliaridis S, Cornelis MA. Indirect vs direct bonding of mandibular fixed retainers in orthodontic patients: Comparison of retainer failures and posttreatment stability. A 2-year follow-up of a single-center randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* janv 2017;151(1):15-27.
36. Kučera J, Littlewood SJ, Marek I. Fixed retention: pitfalls and complications. *Br Dent J.* juin 2021;230(11):703-8.
37. Aye ST, Liu S, Byrne E, El-Angbawi A. The prevalence of the failure of fixed orthodontic bonded retainers: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Orthod.* 12 oct 2023;cjad047.
38. Jedliński M, Grocholewicz K, Mazur M, Janiszewska-Olszowska J. What causes failure of fixed orthodontic retention? - systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Head Face Med.* 24 juill 2021;17(1):32.
39. Kau CH, Breuning KH. *Digital Planning and Custom Orthodontic Treatment.* John Wiley & Sons; 2017. 138 p.
40. Delavierre A, Siebert T, Lefebvre F, Bolender Y. Pratiques des orthodontistes en matière de contention en France. 2018 [cité 20 oct 2023]; Disponible sur: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.24245.12006>
41. Gunay F, Oz AA. Clinical effectiveness of 2 orthodontic retainer wires on mandibular arch retention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* févr 2018;153(2):232-8.
42. Bearn DR. Bonded orthodontic retainers: a review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* août 1995;108(2):207-13.
43. Störmann I, Ehmer U. A prospective randomized study of different retainer types. *J Orofac Orthop.* janv 2002;63(1):42-50.

44. Renkema AM, Al-Assad S, Bronkhorst E, Weindel S, Katsaros C, Lisson JA. Effectiveness of lingual retainers bonded to the canines in preventing mandibular incisor relapse. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* août 2008;134(2):179e1-8.
45. Artun J, Spadafora AT, Shapiro PA. A 3-year follow-up study of various types of orthodontic canine-to-canine retainers. *Eur J Orthod.* oct 1997;19(5):501-9.
46. Oesterle LJ, Shellhart WC, Henderson S. Enhancing wire-composite bond strength of bonded retainers with wire surface treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* juin 2001;119(6):625-31.
47. Sfondrini MF, Fraticelli D, Castellazzi L, Scribante A, Gandini P. Clinical evaluation of bond failures and survival between mandibular canine-to-canine retainers made of flexible spiral wire and fiber-reinforced composite. *J Clin Exp Dent.* avr 2014;6(2):e145-149.
48. Renkema AM, Renkema A, Bronkhorst E, Katsaros C. Long-term effectiveness of canine-to-canine bonded flexible spiral wire lingual retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* mai 2011;139(5):614-21.
49. Green JIJ. Dental materials: The multi-stranded wire retainer. *BDJ Team.* 24 avr 2015;1(1):16-9.
50. Dahl EH, Zachrisson BU. Long-term experience with direct-bonded lingual retainers. *J Clin Orthod JCO.* oct 1991;25(10):619-30.
51. Rucker BK, Kusy RP. Elastic flexural properties of multistranded stainless steel versus conventional nickel titanium archwires. *Angle Orthod.* août 2002;72(4):302-9.
52. Katsaros C, Livas C, Renkema AM. Unexpected complications of bonded mandibular lingual retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* déc 2007;132(6):838-41.
53. Charavet C, Vives F, Aroca S, Dridi SM. « Wire Syndrome » Following Bonded Orthodontic Retainers: A Systematic Review of the Literature. *Healthc Basel Switz.* 17 févr 2022;10(2):379.
54. Masel Penta One [Internet]. Orthoshop. [cité 24 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.orthoshop.co.za/wp-content/uploads/2014/06/Masel-Penta-One.jpg>
55. Reliance Orthodontic Products [Internet]. [cité 23 oct 2023]. Bond-A-Braid. Disponible sur: <https://www.relianceorthodontics.com/Bond-A-Braid>
56. Reliance Orthodontic Products [Internet]. [cité 28 oct 2023]. Retainium. Disponible sur: <https://www.relianceorthodontics.com/Retainium>
57. D-Rect y Force 9 | Productos Dentales Peru [Internet]. [cité 24 oct 2023]. Disponible sur: <https://productosdentalesperu.com/producto/d-rect-y-force-9/>
58. Reliance orthodontic products [Internet]. Orthoshop. [cité 24 oct 2023]. Disponible sur:

<https://www.orthoshop.co.za/index.php/bonding/>

59. Reliance Orthodontic Products [Internet]. [cité 23 oct 2023]. Ortho FlexTech. Disponible sur: <https://www.relianceorthodontics.com/Ortho-FlexTech>
60. Sifakakis I, Eliades T, Bourauel C. Residual stress analysis of fixed retainer wires after *in vitro* loading: can mastication-induced stresses produce an unfavorable effect? *Biomed Tech (Berl)*. déc 2015;60(6):617-22.
61. OrthoDepot Shop NL [Internet]. [cité 22 oct 2023]. Ortho-FlexTech™ Retainer Chain (Stainless Steel). Disponible sur: <https://www.orthodepot.nl/ORTHODONTIE/Draden---retainer/Retainer/-Ortho-Flex-Tech--Retainer-Chain--Gold---Reliance-Orthodontics.html>
62. Lee KD, Mills CM. Bond failure rates for V-loop vs straight wire lingual retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. avr 2009;135(4):502-6.
63. Adanur-Atmaca R, Çokakoğlu S, Öztürk F. Effects of different lingual retainers on periodontal health and stability. *Angle Orthod*. 1 juill 2021;91(4):468-76.
64. Çokakoğlu S, Adanur-Atmaca R, Çakır M, Öztürk F. Stability and failure rate during 3 years of fixed retention: A follow-up of an randomized clinical trial on adolescents with four different lingual retainers. *Orthod Craniofac Res*. 3 oct 2023;
65. Ohtonen J, Lassila L, Säilynoja E, Vallittu PK. The Effect of Material Type and Location of an Orthodontic Retainer in Resisting Axial or Buccal Forces. *Mater Basel Switz*. 29 avr 2021;14(9):2319.
66. Tacken MPE, Cosyn J, De Wilde P, Aerts J, Govaerts E, Vannet BV. Glass fibre reinforced versus multistranded bonded orthodontic retainers: a 2 year prospective multi-centre study. *Eur J Orthod*. avr 2010;32(2):117-23.
67. Kravitz ND, Grauer D, Schumacher P, Jo Y min. Memotain: A CAD/CAM nickel-titanium lingual retainer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. avr 2017;151(4):812-5.
68. Tsoukala E, Lyros I, Tsolakis AI, Maroulakos MP, Tsolakis IA. Direct 3D-Printed Orthodontic Retainers. A Systematic Review. *Child Basel Switz*. 3 avr 2023;10(4):676.
69. Monich PR, Berti FV, Porto LM, Henriques B, Novaes de Oliveira AP, Fredel MC, et al. Physicochemical and biological assessment of PEEK composites embedding natural amorphous silica fibers for biomedical applications. *Mater Sci Eng C Mater Biol Appl*. 1 oct 2017;79:354-62.
70. Charavet C, Graveline L, Gourdain Z, Lupi L. What Are the Cleaning and Disinfection Methods for Acrylic Orthodontic Removable Appliance? A Systematic Review. *Child Basel Switz*. 26 oct 2021;8(11):967.
71. Formlabs [Internet]. [cité 28 oct 2023]. Introduction to Vacuum Forming. Disponible

sur: <https://formlabs.com/blog/introduction-to-vacuum-forming/>

72. Ergül T, Güleç A, Göymen M. The Use of 3D Printers in Orthodontics - A Narrative Review. *Turk J Orthod*. 22 juin 2023;36(2):134-42.
73. Kiatwarawut K, Kuvatanasuchati J, Thaweboon B, Sirisoontorn I. Comparison of Various Antimicrobial Agents for Thermoplastic Polymeric Retainers. *Polymers*. 8 sept 2022;14(18):3753.
74. Charavet C, Gourdain Z, Graveline L, Lupi L. Cleaning and Disinfection Protocols for Clear Orthodontic Aligners: A Systematic Review. *Healthc Basel Switz*. 10 févr 2022;10(2):340.
75. Kiatwarawut K, Rokaya D, Sirisoontorn I. Antimicrobial Activity of Various Disinfectants to Clean Thermoplastic Polymeric Appliances in Orthodontics. *Polymers*. 31 mai 2022;14(11):2256.
76. Peter E, J M, George SA. Bisphenol-A release from thermoplastic clear aligner materials: A systematic review. *J Orthod*. sept 2023;50(3):276-86.
77. Iliadi A, Koletsi D, Papageorgiou SN, Eliades T. Safety Considerations for Thermoplastic-Type Appliances Used as Orthodontic Aligners or Retainers. A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical and In-Vitro Research. *Mater Basel Switz*. 14 avr 2020;13(8):1843.
78. Raghavan AS, Pottipalli Sathyanarayana H, Kailasam V, Padmanabhan S. Comparative evaluation of salivary bisphenol A levels in patients wearing vacuum-formed and Hawley retainers: An in-vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. mars 2017;151(3):471-6.
79. Yazdi M, Daryanavard H, Ashtiani AH, Moradinejad M, Rakhshan V. A systematic review of biocompatibility and safety of orthodontic clear aligners and transparent vacuum-formed thermoplastic retainers: Bisphenol-A release, adverse effects, cytotoxicity, and estrogenic effects. *Dent Res J*. 2023;20:41.
80. Nasef AA, El-Beialy AR, Mostafa YA. Virtual techniques for designing and fabricating a retainer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. sept 2014;146(3):394-8.
81. Cunha T de MA da, Barbosa I da S, Palma KK. Orthodontic digital workflow: devices and clinical applications. *Dent Press J Orthod*. 2021;26(6):e21spe6.
82. Cole D, Bencharit S, Carrico CK, Arias A, Tüfekçi E. Evaluation of fit for 3D-printed retainers compared with thermoform retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. avr 2019;155(4):592-9.
83. Esquenet M, Kamm Q, Bolender Y. Protocole d'étude : comparaison du taux de

- décollement des contentions collées mandibulaires post-orthodontiques associées ou non à un microsablage préalable de l'émail : essai clinique contrôlé randomisé. Université de Strasbourg. 2021. (Mémoire présenté pour l'obtention du DES d'Orthopédie Dento-Faciale).
84. FixR - fil de contention numérique | Yoat Bender 2 [Internet]. [cité 22 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.contention-numerique.fr/etapes-conception>
  85. Bender 2 [Internet]. GI Dental. [cité 22 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.dental.graph-image.fr/produit/plieuse-de-fil-de-contention-bender-2/>
  86. Bovali E, Kiliaridis S, Cornelis MA. Indirect vs direct bonding of mandibular fixed retainers in orthodontic patients: a single-center randomized controlled trial comparing placement time and failure over a 6-month period. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* déc 2014;146(6):701-8.
  87. Muller C, Hitmi L, Roussarie F, Attal JP. [A simple and quick method for indirect retention]. *Orthod Francaise.* juin 2009;80(2):233-8.
  88. Orthodontic Retainer - Clinical Applications | Ribbond [Internet]. [cité 21 oct 2023]. Disponible sur: <https://ribbond.com/applications-orthodontic-retainer.html#anchor>
  89. Solow RA. Bonded anterior orthodontic retainers. *Gen Dent.* 2014;62(3):21-4.
  90. Beretta M, Mangano A, Gianolio A, Negrini S, Canova FF, Cirulli N. A Fully Digital Workflow for PEEK Fixed Retainers. *J Clin Orthod JCO.* avr 2021;55(4):249-53.
  91. Kravitz ND, Groth C, Jones PE, Graham JW, Redmond WR. Intraoral digital scanners. *J Clin Orthod JCO.* juin 2014;48(6):337-47.
  92. Mohd Tahir N, Wan Hassan WN, Saub R. Comparing retainers constructed on conventional stone models and on 3D printed models: a randomized crossover clinical study. *Eur J Orthod.* 8 août 2019;41(4):370-80.
  93. Al Mortadi N, Jones Q, Eggbeer D, Lewis J, Williams RJ. Fabrication of a resin appliance with alloy components using digital technology without an analog impression. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* nov 2015;148(5):862-7.
  94. Kang SH, Kwon JS, Chung CJ, Cha JY, Lee KJ. Accuracy and stability of computer-aided customized lingual fixed retainer: a pilot study. *Prog Orthod.* 21 nov 2022;23(1):39.
  95. Shim H, Foley P, Bankhead B, Kim KB. Comparative assessment of relapse and failure between CAD/CAM stainless steel and standard stainless steel fixed retainers in orthodontic retention patients. *Angle Orthod.* 1 janv 2022;92(1):87-94.
  96. Koller S, Craveiro RB, Niederau C, Pollak TL, Knaup I, Wolf M. Evaluation of digital construction, production and intraoral position accuracy of novel 3D CAD/CAM titanium retainers. *J Orofac Orthop.* 31 mars 2022;

97. Ardila CM, Elorza-Durán A, Arrubla-Escobar D. Efficacy of CAD/CAM Technology in Interventions Implemented in Orthodontics: A Scoping Review of Clinical Trials. *BioMed Res Int.* 2022;2022:5310555.
98. Bardideh E, Ghorbani M, Shafae H, Saeedi P, Younessian F. A comparison of CAD/CAM-based fixed retainers versus conventional fixed retainers in orthodontic patients: a systematic review and network meta-analysis. *Eur J Orthod.* 18 sept 2023;45(5):545-57.
99. Jowett AC, Littlewood SJ, Hodge TM, Dhaliwal HK, Wu J. CAD/CAM nitinol bonded retainer versus a chairside rectangular-chain bonded retainer: A multicentre randomised controlled trial. *J Orthod.* 4 sept 2022;14653125221118935.
100. Shaughnessy TG, Proffit WR, Samara SA. Inadvertent tooth movement with fixed lingual retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* févr 2016;149(2):277-86.
101. Baysal A, Uysal T, Gul N, Alan MB, Ramoglu SI. Comparison of three different orthodontic wires for bonded lingual retainer fabrication. *Korean J Orthod.* févr 2012;42(1):39-46.
102. Aycan M, Goymen M. Comparison of the different retention appliances produced using CAD/CAM and conventional methods and different surface roughening methods. *Lasers Med Sci.* mars 2019;34(2):287-96.
103. Taner T, Aksu M. A prospective clinical evaluation of mandibular lingual retainer survival. *Eur J Orthod.* août 2012;34(4):470-4.
104. Roser CJ, Bauer C, Hodecker L, Zenthöfer A, Lux CJ, Rues S. Comparison of six different CAD/CAM retainers vs. the stainless steel twistflex retainer: an *in vitro* investigation of survival rate and stability. *J Orofac Orthop.* 28 juin 2023;
105. Kiliñ DD, Sayar G. The effect of prior sandblasting of the wire on the shear bond strength of two different types of lingual retainers. *Int Orthod.* juin 2018;16(2):294-303.
106. Arnone R. Bonding orthodontic lower 3 to 3 retainers with a rubber dam: a second generation step-by-step procedure. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* oct 1999;116(4):432-4.
107. Bolla E, Cozzani M, Doldo T, Fontana M. Failure evaluation after a 6-year retention period: a comparison between glass fiber-reinforced (GFR) and multistranded bonded retainers. *Int Orthod.* mars 2012;10(1):16-28.
108. Lindauer SJ, Browning H, Shroff B, Marshall F, Anderson RH, Moon PC. Effect of pumice prophylaxis on the bond strength of orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* juin 1997;111(6):599-605.
109. Black RB. Technique for Nonmechanical Preparation of Cavities and Prophylaxis. *J Am Dent Assoc.* 1 août 1945;32(15):955-65.

110. Canay S, Kocadereli I, Akca E. The effect of enamel air abrasion on the retention of bonded metallic orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* janv 2000;117(1):15-9.
111. Türköz C, Ulusoy C. Evaluation of different enamel conditioning techniques for orthodontic bonding. *Korean J Orthod.* févr 2012;42(1):32-8.
112. Baumgartner S, Koletsi D, Verna C, Eliades T. The Effect of Enamel Sandblasting on Enhancing Bond Strength of Orthodontic Brackets: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Adhes Dent.* 2017;19(6):463-73.
113. Reisner KR, Levitt HL, Mante F. Enamel preparation for orthodontic bonding: a comparison between the use of a sandblaster and current techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* avr 1997;111(4):366-73.
114. Brosh T, Strouthou S, Sarne O. Effects of buccal versus lingual surfaces, enamel conditioning procedures and storage duration on brackets debonding characteristics. *J Dent.* févr 2005;33(2):99-105.
115. Reicheneder C, Hofrichter B, Faltermeier A, Proff P, Lippold C, Kirschneck C. Shear bond strength of different retainer wires and bonding adhesives in consideration of the pretreatment process. *Head Face Med.* 28 nov 2014;10:51.
116. Salehi P, Zarif Najafi H, Roeinpeikar SM. Comparison of survival time between two types of orthodontic fixed retainer: a prospective randomized clinical trial. *Prog Orthod.* 11 sept 2013;14:25.
117. Phonchareun E, Kamm Q, Esquenet M, Rafflenbeul F, Severac F, Bolender Y. Comparaison du taux de décollement des contentions mandibulaires après micro-sablage de l'émail ou brossage à la pierre ponce : essai clinique contrôlé randomisé incluant 88 patients suivis sur 18 mois. 2023.
118. Laspos C, Seehra J, Katsaros C, Pandis N. Survival of conventionally bonded mandibular retainers with or without enamel sandblasting in orthodontic patients over a 12-month period. A single-centre, split-mouth randomized clinical trial. *Eur J Orthod.* 27 mai 2022;cjac028.
119. Padula T, Wilhelmsson T, Naoumova J. Failure frequency of fixed mandibular retainers after pre-treatment of the enamel surface with pumice versus sandblasting-a randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 10 avr 2023;cjad010.
120. Bazargani F. Retention With Three Different Bonded Retainers: a Multicenter, Randomized Controlled Trial With 5-year Follow-up [Internet]. *clinicaltrials.gov*; 2021 sept [cité 24 oct 2022]. Report No.: NCT04828096. Disponible sur:

<https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT04828096>

121. Sfondrini MF, Gallo S, Turcato B, Montasser MA, Albelasy NF, Vallittu PK, et al. Universal Adhesive for Fixed Retainer Bonding: *In Vitro* Evaluation and Randomized Clinical Trial. *Mater Basel Switz*. 10 mars 2021;14(6):1341.
122. Bearn DR, McCabe JF, Gordon PH, Aird JC. Bonded orthodontic retainers: the wire-composite interface. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. janv 1997;111(1):67-74.
123. Milheiro A, de Jager N, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. *In vitro* debonding of orthodontic retainers analyzed with finite element analysis. *Eur J Orthod*. oct 2015;37(5):491-6.
124. Pandis N, Fleming PS, Kloukos D, Polychronopoulou A, Katsaros C, Eliades T. Survival of bonded lingual retainers with chemical or photo polymerization over a 2-year period: a single-center, randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. août 2013;144(2):169-75.
125. Janošević P, Stojanović S, Stojanović I, Janošević M, Najman S. Comparative *In Vitro* Biocompatibility Study of the Two Orthodontic Bonding Materials of Different Types. *Polymers*. 18 nov 2022;14(22):4998.
126. Al-Nimri K, Al-Nimri J. Shear bond strength of different fixed orthodontic retainers. *Aust Orthod J*. nov 2015;31(2):178-83.
127. Uşümez S, Büyükyılmaz T, Karaman AI. Effects of fast halogen and plasma arc curing lights on the surface hardness of orthodontic adhesives for lingual retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. juin 2003;123(6):641-8.
128. Nosouhian M, Monirifard M, Gharibpour F, Sadeghian S. Lingual retainer materials: Comparative evaluation of wear resistance of flowable nanocomposites and universal composite: An *in vitro* study. *Dent Res J*. 2021;18:69.
129. Talic NF. Failure Rates of Orthodontic Fixed Lingual Retainers bonded with Two Flowable Light-cured Adhesives: A Comparative Prospective Clinical Trial. *J Contemp Dent Pract*. 1 août 2016;17(8):630-4.
130. Kamala C, Ujwala P, Sasidhar YN, Sudheer B. A comparative evaluation of mechanical wear of adhesives used for bonded retainers that underwent brushing for 1 hour under 36 mm of linear action, using computer-aided 3D scan-an *in vitro* study. *Clin Oral Investig*. oct 2023;27(10):5805-12.
131. Scribante A, Gallo S, Turcato B, Trovati F, Gandini P, Sfondrini MF. Fear of the Relapse: Effect of Composite Type on Adhesion Efficacy of Upper and Lower Orthodontic Fixed Retainers: *In Vitro* Investigation and Randomized Clinical Trial. *Polymers*. 21 avr 2020;12(4):963.

132. Uysal T, Baysal A, Usumez S, Ulker M. Microleakage between composite-wire and composite-enamel interfaces of flexible spiral wire retainers. Part 1: comparison of three composites. *Eur J Orthod.* déc 2009;31(6):647-51.
133. Uysal T, Ulker M, Baysal A, Usumez S. Microleakage between composite-wire and composite-enamel interfaces of flexible spiral wire retainers. Part 2: comparison of amorphous calcium phosphate-containing adhesive with conventional lingual retainer composite. *Eur J Orthod.* déc 2009;31(6):652-7.
134. Nimbalkar-Patil S, Vaz A, Patil PG. Comparative evaluation of microleakage of lingual retainer wires bonded with three different lingual retainer composites: an *in vitro* study. *J Clin Diagn Res JCDR.* nov 2014;8(11):ZC83-87.
135. Kavousinejad S, Hosseinzadeh Nik T, Saffar Shahroudi A. Comparison of microleakage and shear bond strength of ribbon and twisted wire retainers bonded on human mandibular incisors with two different types of adhesives with and without primer: An *in vitro* study. *Int Orthod.* déc 2022;20(4):100693.
136. Schütz-Fransson U, Lindsten R, Bjerklin K, Bondemark L. Mandibular incisor alignment in untreated subjects compared with long-term changes after orthodontic treatment with or without retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* févr 2019;155(2):234-42.
137. Bahije L, Ennaji A, Benyahia H, Zaoui F. A systematic review of orthodontic retention systems: The verdict. *Int Orthod.* sept 2018;16(3):409-24.
138. Al-Moghrabi D, Pandis N, Fleming PS. The effects of fixed and removable orthodontic retainers: a systematic review. *Prog Orthod.* déc 2016;17(1):24.
139. Sauget E, Covell DA, Boero RP, Lieber WS. Comparison of occlusal contacts with use of Hawley and clear overlay retainers. *Angle Orthod.* 1997;67(3):223-30.
140. Wouters C, Lamberts TA, Kuijpers-Jagtman AM, Renkema AM. Development of a clinical practice guideline for orthodontic retention. *Orthod Craniofac Res.* mai 2019;22(2):69-80.
141. Moslemzadeh SH, Sohrabi A, Rafighi A, Farshidnia S. Comparison of Stability of the Results of Orthodontic Treatment and Gingival Health between Hawley and Vacuum-formed Retainers. *J Contemp Dent Pract.* 1 avr 2018;19(4):443-9.
142. Saleh M, Hajeer MY, Muessig D. Acceptability comparison between Hawley retainers and vacuum-formed retainers in orthodontic adult patients: a single-centre, randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 1 août 2017;39(4):453-61.
143. Alkan Ö, Kaya Y, Keskin S. Computerized occlusal analysis of Essix and Hawley retainers used during the retention phase: a controlled clinical trial. *J Orofac Orthop.* sept

2020;81(5):371-81.

144. Rolland A, Sorel O, Gebeile-Chauty S. Développement de recommandations professionnelles sur la contention en orthodontie : version courte: L'Orthodontie Fr. 1 mars 2023;94(1):55-68.

145. Ben Mohim H, Bahije L, Zaoui F, Halimi A, Benyahia H. Is systematic mandibular retention mandatory? A systematic review. *Int Orthod.* mars 2018;16(1):114-32.

146. Outhaisavanh S, Liu Y, Song J. The origin and evolution of the Hawley retainer for the effectiveness to maintain tooth position after fixed orthodontic treatment compare to vacuum-formed retainer: A systematic review of RCTs. *Int Orthod.* juin 2020;18(2):225-36.

147. Al Rahma WJ, Kaklamanos EG, Athanasiou AE. Performance of Hawley-type retainers: a systematic review of randomized clinical trials. *Eur J Orthod.* 6 avr 2018;40(2):115-25.

148. Patnaik P, Nanda SB, Mishra S. « Comparing the effectiveness, acceptability and oral hygiene status between vacuum formed retainer and Begg's retainer »: a pilot study. *BMC Oral Health.* 9 mai 2023;23(1):266.

149. Krämer A, Sjöström M, Apelthun C, Hallman M, Feldmann I. Post-treatment stability after 5 years of retention with vacuum-formed and bonded retainers-a randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 10 févr 2023;45(1):68-78.

150. Al-Moghrabi D, Johal A, O'Rourke N, Donos N, Pandis N, Gonzales-Marin C, et al. Effects of fixed vs removable orthodontic retainers on stability and periodontal health: 4-year follow-up of a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* août 2018;154(2):167-174.e1.

151. Horowitz SL, Hixon EH. Physiologic recovery following orthodontic treatment. *Am J Orthod.* janv 1969;55(1):1-4.

152. Segner D, Heinrici B. Bonded retainers--clinical reliability. *J Orofac Orthop.* 2000;61(5):352-8.

153. O'Rourke N, Albeedh H, Sharma P, Johal A. Effectiveness of bonded and vacuum-formed retainers: A prospective randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* sept 2016;150(3):406-15.

154. Krämer A, Sjöström M, Hallman M, Feldmann I. Vacuum-formed retainer versus bonded retainer for dental stabilization in the mandible-a randomized controlled trial. Part I: retentive capacity 6 and 18 months after orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 3 nov 2020;42(5):551-8.

155. Hotchandani KD, Thangadurai J, Parate AS, Nixon JZ, Kamble RH, Meghalapriya P.

The Effects of Fixed Versus Removable Orthodontic Retainers on Stability and Periodontal Health: 4-Year Follow-Up of a Randomized Controlled Trial. *J Pharm Bioallied Sci.* juill 2023;15(Suppl 1):S502-7.

156. Naraghi S, Ganzer N, Bondemark L, Sonesson M. Stability of maxillary anterior teeth after 2 years of retention in adolescents: a randomized controlled trial comparing two bonded and a vacuum-formed retainer. *Eur J Orthod.* 3 avr 2021;43(2):152-8.

157. Al-Dboush R, Al-Zawawi E, El-Bialy T. Do orthodontic fixed retainers guarantee the stability of dental alignment at the end of orthodontic treatment? *Evid Based Dent.* déc 2021;22(4):148-9.

158. Liu S, Silikas N, Ei-Angbawi A. Analysis of the effectiveness of the fiber-reinforced composite lingual retainer: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 26 août 2022;S0889-5406(22)00432-2.

159. Quinzi V, Carli E, Mummolo A, De Benedictis F, Salvati SE, Mampieri G. Fixed and removable orthodontic retainers, effects on periodontal health compared: A systematic review. *J Oral Biol Craniofacial Res.* 2023;13(2):337-46.

160. Ierardo G, Luzzi V, Lesti M, Vozza I, Brugnoletti O, Polimeni A, et al. Peek polymer in orthodontics: A pilot study on children. *J Clin Exp Dent.* oct 2017;9(10):e1271-5.

161. Li B, Xu Y, Lu C, Wei Z, Li Y, Zhang J. Assessment of the effect of vacuum-formed retainers and Hawley retainers on periodontal health: A systematic review and meta-analysis. *PloS One.* 2021;16(7):e0253968.

162. Storey M, Forde K, Littlewood SJ, Scott P, Luther F, Kang J. Bonded versus vacuum-formed retainers: a randomized controlled trial. Part 2: periodontal health outcomes after 12 months. *Eur J Orthod.* 27 juill 2018;40(4):399-408.

163. Booth FA, Edelman JM, Proffit WR. Twenty-year follow-up of patients with permanently bonded mandibular canine-to-canine retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* janv 2008;133(1):70-6.

164. Arn ML, Dritsas K, Pandis N, Kloukos D. The effects of fixed orthodontic retainers on periodontal health: A systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* févr 2020;157(2):156-164.e17.

165. Forde K, Storey M, Littlewood SJ, Scott P, Luther F, Kang J. Bonded versus vacuum-formed retainers: a randomized controlled trial. Part 1: stability, retainer survival, and patient satisfaction outcomes after 12 months. *Eur J Orthod.* 27 juill 2018;40(4):387-98.

166. Buzatta LN, Shimizu RH, Shimizu IA, Pachêco-Pereira C, Flores-Mir C, Taba M, et al. Gingival condition associated with two types of orthodontic fixed retainers: a meta-analysis.

Eur J Orthod. 1 août 2017;39(4):446-52.

167. Knaup I, Wagner Y, Wego J, Fritz U, Jäger A, Wolf M. Potential impact of lingual retainers on oral health: comparison between conventional twistflex retainers and CAD/CAM fabricated nitinol retainers : A clinical *in vitro* and *in vivo* investigation. J Orofac Orthop. mars 2019;80(2):88-96.

168. Kartal Y, Kaya B, Polat-Özsoy Ö. Comparative evaluation of periodontal effects and survival rates of Memotain and five-stranded bonded retainers: A prospective short-term study. J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie. janv 2021;82(1):32-41.

169. Nagani NI, Ahmed I. Comparison of multistranded wire and fiber-reinforced composite retainers effects on periodontium: A randomized clinical trial. Dent Press J Orthod. 2023;28(1):e2319380.

170. Kaji A, Sekino S, Ito H, Numabe Y. Influence of a mandibular fixed orthodontic retainer on periodontal health. Aust Orthod J. mai 2013;29(1):76-85.

171. Levin L, Samorodnitzky-Naveh GR, Machtei EE. The association of orthodontic treatment and fixed retainers with gingival health. J Periodontol. nov 2008;79(11):2087-92.

172. Littlewood SJ, Millett DT, Doubleday B, Bearn DR, Worthington HV. Retention procedures for stabilising tooth position after treatment with orthodontic braces. Cochrane Database Syst Rev. 25 janv 2006;(1):CD002283.

173. Littlewood SJ, Kandasamy S, Huang G. Retention and relapse in clinical practice. Aust Dent J. mars 2017;62 Suppl 1:51-7.

174. Cornelis MA, Egli F, Bovali E, Kiliaridis S, Cattaneo PM. Indirect vs direct bonding of mandibular fixed retainers in orthodontic patients: Comparison of retainer failures and posttreatment stability. A 5-year follow-up of a single-center randomized controlled trial. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1 août 2022;162(2):152-161.e1.

175. Cerny R. The reliability of bonded lingual retainers. Aust Orthod J. mai 2007;23(1):24-9.

176. Cooke ME, Sherriff M. Debonding force and deformation of two multi-stranded lingual retainer wires bonded to incisor enamel: an *in vitro* study. Eur J Orthod. déc 2010;32(6):741-6.

177. Mheissen S, Spinelì LM. Is there a difference among different bonded retainers in regard to survival rate? Evid Based Dent. déc 2022;23(4):156-7.

178. Węgrodzka E, Kornatowska K, Pandis N, Fudalej PS. A comparative assessment of failures and periodontal health between 2 mandibular lingual retainers in orthodontic patients. A 2-year follow-up, single practice-based randomized trial. Am J Orthod Dentofacial Orthop.

oct 2021;160(4):494-502.e1.

179. Iliadi A, Kloukos D, Gkantidis N, Katsaros C, Pandis N. Failure of fixed orthodontic retainers: A systematic review. *J Dent.* août 2015;43(8):876-96.
180. Nagani NI, Ahmed I, Tanveer F, Khursheed HM, Farooqui WA. Clinical comparison of bond failure rate between two types of mandibular canine-canine bonded orthodontic retainers- a randomized clinical trial. *BMC Oral Health.* 29 juin 2020;20(1):180.
181. Rose E, Frucht S, Jonas IE. Clinical comparison of a multistranded wire and a direct-bonded polyethylene ribbon-reinforced resin composite used for lingual retention. *Quintessence Int Berl Ger* 1985. sept 2002;33(8):579-83.
182. Sobouti F, Rakhshan V, Saravi MG, Zamanian A, Shariati M. Two-year survival analysis of twisted wire fixed retainer versus spiral wire and fiber-reinforced composite retainers: a preliminary explorative single-blind randomized clinical trial. *Korean J Orthod.* mars 2016;46(2):104-10.
183. Ahmed A, Fida M, Habib S, Javed F, Ali US. Effect of Direct versus Indirect Bonding Technique on the Failure Rate of Mandibular Fixed Retainer-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int Orthod.* déc 2021;19(4):539-47.
184. Gökçe B, Kaya B. Periodontal effects and survival rates of different mandibular retainers: comparison of bonding technique and wire thickness. *Eur J Orthod.* 15 nov 2019;41(6):591-600.
185. Klaus K, Xirouchaki F, Ruf S. 3D-analysis of unwanted tooth movements despite bonded orthodontic retainers: a pilot study. *BMC Oral Health.* 4 nov 2020;20(1):308.
186. Kučera J, Marek I. Unexpected complications associated with mandibular fixed retainers: A retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* févr 2016;149(2):202-11.
187. Seide M, Kruse T, Graf I, Bourauel C, Lapatki BG, Jäger R, et al. Inadvertent side effects of fixed lingual retainers : An *in vitro* study. *J Orofac Orthop.* 11 nov 2022;
188. Sifakakis I, Pandis N, Eliades T, Makou M, Katsaros C, Bourauel C. In-vitro assessment of the forces generated by lingual fixed retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* janv 2011;139(1):44-8.
189. Al-Moghrabi D, Colonio Salazar FB, Johal A, Fleming PS. Factors influencing adherence to vacuum-formed retainer wear: A qualitative study. *J Orthod.* sept 2019;46(3):212-9.
190. Frawley T, Parkin N, Kettle J, Longstaff S, Benson P. Young people's experiences of orthodontic retainers: A qualitative study. *J Orthod.* déc 2022;49(4):394-402.
191. Wilson S, Idicula D, Littlewood SJ, Barber S. Orthodontic retention experience of

university students: A qualitative study. *J Orthod.* juin 2023;50(2):177-87.

192. Chen J, Wan J, You L. Speech and orthodontic appliances: a systematic literature review. *Eur J Orthod.* 23 janv 2018;40(1):29-36.

193. Roser C, Hilgenfeld T, Sen S, Badrow T, Zingler S, Heiland S, et al. Evaluation of magnetic resonance imaging artifacts caused by fixed orthodontic CAD/CAM retainers-an *in vitro* study. *Clin Oral Investig.* mars 2021;25(3):1423-31.

194. Sonesson M, Naraghi S, Bondemark L. Cost analysis of two types of fixed maxillary retainers and a removable vacuum-formed maxillary retainer: a randomized controlled trial. *Eur J Orthod.* 30 mars 2022;44(2):197-202.

195. Bibona K, Shroff B, Best AM, Lindauer SJ. Factors affecting orthodontists' management of the retention phase. *Angle Orthod.* mars 2014;84(2):225-30.

196. Carneiro NCR, Nóbrega MTC, Meade MJ, Flores-Mir C. Retention decisions and protocols among orthodontists practicing in Canada: A cross-sectional survey. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* juill 2022;162(1):51-7.

197. Karlı N, Ocak I, Gülnar B, Tüzüner T, Littlewood SJ. Patient perceptions and attitudes regarding post-orthodontic treatment changes. *Angle Orthod.* 1 juill 2023;93(4):440-6.

PHONCHAREUN (Estelle) – État des lieux sur la contention orthodontique : revue de la littérature  
(Thèse : 3ème cycle Sci. odontol. : Strasbourg : 2023 ; N°78)  
N°43.22.23.78

Résumé :

À la dépose de l'appareil orthodontique, les dents ont tendance à vouloir retourner à leur position initiale. Ceci explique l'importance de mettre en place une contention immédiate afin d'éviter cette récurrence, le temps du remaniement des tissus.

Le maintien des résultats est une demande importante de la part de nos patients et constitue un défi majeur à relever. Ainsi, la contention va aussi permettre de contrer les changements potentiellement induits par la croissance, et de prévenir le phénomène d'encombrement mandibulaire normal et physiologique, causé par la maturation et le vieillissement des tissus.

Divers moyens de contention sont apparus au cours du temps, d'abord amovibles, puis fixes avec l'essor du collage. Aujourd'hui, le développement du numérique et des nouvelles technologies permet l'émergence de dispositifs de contention dont la conception et la fabrication sont assistées par ordinateur (CFAO). Cependant, il n'existe pour le moment aucun consensus officiel sur la technique de contention la plus efficace.

L'un des principaux objectifs de ce travail est de réaliser une revue de littérature sur les données actuelles concernant la contention orthodontique. Après exposition des différents moyens de contention, nous aborderons leur protocole de mise en place et nous comparons leurs caractéristiques, leur stabilité à long terme et la survenue d'échecs ou effets indésirables (syndrome du fil, décollement, etc.).

Rubrique de classement : Orthopédie Dento-Faciale

Mots-clés : orthodontie, contention orthodontique, revue, contention amovible, contention fixe, contention collée, collage, conception et fabrication assistées par ordinateur (CFAO)

MeSH : orthodontics, orthodontic retainers, review, removable retainer, bonded retainer, dental bonding, computer-aided design and manufacturing (CAD/CAM)

Jury :

Président : Professeur MINOUX Maryline

Assesseurs : Docteur BOLENDER Yves  
Docteur WAGNER Delphine  
Docteur KOL Elia

Membre invité : Docteur KAMM Quentin

Coordonnées de l'auteur :

Estelle PHONCHAREUN  
1 Place de l'Hôpital 67000 STRASBOURG  
ephonchareun@gmail.com