



HAL
open science

Orthodontie linguale individualisée et expansion transversale d'arcade : revue systématique de la littérature

Berkand Erdem Ari

► **To cite this version:**

Berkand Erdem Ari. Orthodontie linguale individualisée et expansion transversale d'arcade : revue systématique de la littérature. Sciences du Vivant [q-bio]. 2023. dumas-04266160

HAL Id: dumas-04266160

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04266160>

Submitted on 31 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

U.F.R. D'ODONTOLOGIE

Année 2023

Thèse n°64

THÈSE POUR L'OBTENTION DU

**DIPLÔME D'ÉTAT de DOCTEUR EN CHIRURGIE
DENTAIRE**

Présentée et soutenue publiquement

Par ARI, Berkand Erdem

Né(e) le 10 juillet 1996 à Ankara

Le 15/09/2023

**Orthodontie linguale individualisée et expansion
transversale d'arcade : revue systématique de la littérature**

Sous la direction de : Dr. Antoine LAFITTE

Membres du jury :

Mme BOILEAU, Marie-José
M. BARDINET, Étienne
M. DARQUÉ, François
M. AMELINE, Adrien

Professeur des Universités
Maitre de conférences des universités
Maitre de conférences des universités
Assistant hospitalo-universitaire

Président
Rapporteur
Assesseur
Assesseur

UNIVERSITE DE BORDEAUX

MAJ
01/01/2023

Président M. LEWIS Dean
Directeur de Collège des Sciences de la Santé M. PELLEGRIN Jean-Luc

COLLEGE DES SCIENCES DE LA SANTE UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE DES SCIENCES

Directrice Mme BERTRAND Caroline 58-01
Directeur Adjoint à la Pédagogie M. DELBOS Yves 56-01
Directeur Adjoint – Chargé de la Recherche M. CATROS Sylvain 57-01
Directeur Adjoint – Chargé des Relations Internationales M. SEDARAT Cyril 57-01

ENSEIGNANTS DE L'UFR

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Mme	Caroline	BERTRAND	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Marie-José	BOILEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Sylvain	CATROS	Chirurgie orale	57-01
M.	Raphaël	DEVILLARD	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Bruno	ELLA NGUEMA	Sciences anatomiques et physiologiques - Biomatériaux	58-01
M.	Jean- Christophe	FRICAIN	Chirurgie orale	57-01

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme	Elise	ARRIVÉ	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Audrey	AUSSEL	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
Mme	Cécile	BADET	Biologie Orale	57-01
M.	Etienne	BARDINET	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Michel	BARTALA	Prothèse dentaire	58-01
M.	Cédric	BAZERT	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Christophe	BOU	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Sylvie	BRUNET	Chirurgie orale	57-01
M.	Jacques	COLAT PARROS	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M, Jean- Christophe		COUTANT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	François	DARQUE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	François	DE BRONDEAU	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Yves	DELBOS	Odontologie pédiatrique	56-01
M, Emmanuel		D'INCAU	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Mathilde	FENELON	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Hélène	FRON-CHABOUIS	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Elsa	GAROT	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Dominique	GILLET	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Olivia	KEROUREDAN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Jean-François	LASSERRE	Prothèse dentaire	58-01
M.	Yves	LAUVERJAT	Parodontologie	57-01
M.	Adrien	NAVEAU	Prothèse dentaire	58-01

M.	Philippe	POISSON	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
M.	Patrick	ROUAS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	François	ROUZÉ L'ALZIT	Prothèse dentaire	58-01
M.	Johan	SAMOT	Biologie Orale	57-01
Mme	Maud	SAMPEUR	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Cyril	SEDARAT	Parodontologie	57-01
Mme	Rawen	SMIRANI	Parodontologie	57-01
Mme	Noélie	THEBAUD	Biologie Orale	57-01
M.	Eric	VACHEY	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01

PRATICIENS HOSPITALIER-UNIVERSITAIRE

M.	Pierre-Hadrien	DECAUP	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Julia	ESTIVALS	Odontologie pédiatrique	56-01

AUTRES ENSEIGNANTS

M.	Maxime	BOITEAUD	CDD 2e degré Santé publique	56-02
----	--------	----------	-----------------------------	-------

CCU-AH (Chefs de Clinique Universitaire - Assistant des Hôpitaux)

M.	Adrien	AMELINE	Orthopédie dento-faciale	56-02
M.	William	AUMAILLEY	Prothèse dentaire	58-01
M.	Baptiste	BERGES	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Virginie	CHUY	Prévention épidémiologie – Economie de la santé – Odontologie légale	56-02
Mme	Diane	DELADRIERE	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Mathieu	DELOLME	Parodontologie	57-01
M.	Quentin	DESPERIEZ	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Laura	DONNET	Biologie Orale	57-01
Mme	Laurie	FUCHS	Odontologie pédiatrique	56-01
M.	Joran	GARDIN	Parodontologie	57-01
M.	Paul	GIRARDEAU	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	Pierre-André	GUILLAUD	Parodontologie	57-01
M.	Louis	HUAULT	Sciences anatomiques et physiologiques	58-01
M.	Jean-Baptiste	IRIBARREN	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
M.	Aymeric	JOUBERT DU CELLIER	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Sarah	KAWCHAGIE	Prothèse Dentaire	58-01
Mme	Camille	LACAULE	Orthopédie dento-faciale	56-01
M.	Xavier	LAGARDE	Chirurgie Orale	57-01
M.	Clément	LEBRET	Chirurgie Orale	57-01
Mme	Mathilde	LEVRIER	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Léa	MASSE	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Chiara	PASCALI	Prothèse dentaire	58-01
Mme	Imane	RAMDANI	Dentisterie restauratrice et endodontie	58-01
Mme	Ana	RIBEIRO MAGALHES	Odontologie pédiatrique	56-01
Mme	Florianne	VILLAT	Dentisterie restauratrice et endodontie	5801
M.	Clément	VACHEY	Odontologie conservatrice – Endodontie	58-01

Remerciements

À Mme le Professeur Marie-José Boileau

Professeur des universités

Pour votre enseignement, implication et motivation au cours de ces années et pour avoir réussi à avoir transmis votre passion pour l'orthodontie Je vous remercie d'avoir accepté de présider mon jury. Veuillez recevoir mes plus respectueux remerciements.

À M. le Docteur Etienne Bardinnet

Maitre de conférences des universités

Pour votre enseignement qui m'a appris à « toujours aller au plus simple pour ne pas s'embêter ». Pour votre touche d'humour du vendredi et pour nous avoir empêché de mourir de faim les après-midis. Je vous remercie d'avoir accepté le rôle de rapporteur pour ce travail.

À M. le Docteur François Darqué

Maitre de conférences des universités

Pour votre vision unique de la spécialité et votre capacité à trouver des solutions à des cas qui semblent impossibles. A votre utilisation des accessoires inédite, nos discussions biomécaniques des mardis et mes convocations au tableau en plein milieu des rendez-vous. Je vous remercie de votre enseignement et d'avoir accepté d'être dans mon jury.

À M. le Docteur Antoine Lafitte

Ancien chef de clinique

Merci de ton implication au cours de ces années, de nous avoir appris en clinique en te mettant à notre place et en nous expliquant les bases du pourquoi et comment et de toujours avoir été à l'écoute. Rapidement je t'ai considéré comme un ami et collègue en plus d'enseignant et on s'est retrouvé à tenter des techniques en clinique (IZC TMTC).

À M. le Docteur Adrien Ameline

Chef de clinique

Par où commencer ? Tu as été une des raisons pour laquelle j'ai pu aussi bien m'intégrer dans une ville totalement inconnue. A nos soirées pendant le couvre-feu Covid, nos soirées rugby, nos sorties ski dans les Alpes à la dernière minute, aux têtes pas possibles que tu tires à la salle pendant que tu t'arraches les biceps et notre circuit de prédilection Rockwood-MM-Appart car nous sommes des personnes originales. Je te considère plus comme un membre de famille qu'un ami, à notre fraternité !

Aileme

Anne, Baba,

Sınırsız sevginiz için teşekkür ederim. Bugün buralara gelebildiysem sizin sayenizde. Bana inancınızı hiç yitirmediniz be hep arkamda olduğumuzu biliyorum. Bu tez o uzun senelerin meyvesi.

Anne, hep bana inandın, kızdığım zamanlarda bile beni anlamaya çalıştın, evladın olmakla gurur duyuyorum. Eee elinde sonunda ilk aşkım sensin.

Baba, birçok konuya farklı bakış açılarımızın olduğunu düşünüyordum eskiden. Fakat zaman geçtikte aynı felsefelere inandığımızı anlıyorum. Bana iyi iş çıkartmak ve başarılı olmak için disiplinli ve titiz olmak gerektiğini öğrettin.

İlsu, dünyanın en iyi kız kardeşine. Karakterlerimiz çok değişik, ama bu değişiklik bizim gücümüz. Fransızca'da "qui aime bien châtie bien » deđimi tam bize uyuyor bence. Küçüklüğümüzden beri çatışmalarımız birbirimize olan sevgiyi gösteriyor ve bizim iki kardeş olarak ne kadar büyüdüğümüzü de gösteriyor. Ben ne kadar başarılı olduysam sen o kadar daha başarılı oldun. İkinizin de çok parlak gelecekleri olacağını düşünüyorum ve seni çok seviyorum.

Anne-anne ve Dede, ikinizin sevgisi sonsuz, küçüklüğümden beri benimle ilgilendiniz, yemeklerimizle, derslerimizle uğraştınız. İkiniz benim için ikinci bir anne banasınız ve sizden çok şeyler öğrendim. Antalya bizim ikinci evimiz ve orada o kadar güzel anılar yaşadık. Sizin sayenizde de olduğum yere ulaşabildim. İkinizi de çok seviyorum ve bu tezi size de adıyorum.

Rauf dede, rahmetli Baba Anne, ikinize de bu tezi ve çok seviyorum.

Kuzenlere,

Kutay, kahkahalarımıza, hep aynı şakaları yapıyoruz ve aynı ilgi alanlarına sahibiz. CS talimat merkez başkanısın, sayende yüksek ranklara çıkabildik. Üstün düellolarımıza ve pişti ustalığıımıza. Bordo maceramız daha bir ilkti, daha birçok maceramız olacağıına eminim.

Dilse, kahkahalarımıza, bana garip garip bakmalarına ve Don Kişot deđişlerine!

Nilüfer teyze ve Kemal dayı, ikinize de çok teşekkür ederim!

Barbaros dayı, “delikanlı dayı”. Sana da teşekkür ederim, her ailede bir “crazy uncle” olduğu söylenir, bu rolde senin olmuş, hiç değişme!

A la famille du 67,

Aux quatre mousquetaires, aussi connus sous le nom des quatre sorcières de la jungle, quel sacré quatuor de choc ! Je sais que notre lien est soudé pour toujours !

A **Léon**, à mon acolyte de soirée, co-congressiste UNECD, co-champion du CRIT, collègue de l'amicale et futur co-aventurier des îles, à tes capacités à te transformer en tour de contrôle au ski, tes blagues que je ne comprends pas toujours et que tu dois m'expliquer, à nos soirées passées et à venir, ne change jamais !

A **Antoine**, alias BuBu, confrère de la vacation de chir du vendredi matin qui était la meilleure vacation tu sais pourquoi (quand on y était car post-soirée), à nos délires, nos soirées tech et notre CRIT légendaire, à ton style de ski qui casse la montagne en deux et au fait que les gens pensaient que tes pecs étaient sortis de prison. Je sais qu'un jour on va percer ensemble dans la crypto et dans l'immobilier et on va se balader sur des yachts en faisant des podcast torse nu comme les frères Tate.

A **Xavier**, cet homme qui faisait des prises d'escalade en clinique car il s'ennuyait et qu'il avait mieux à faire. Grand duelliste Yu-Gi-Oh! tu es mon nemesis, le Seto Kaiba de Yugi. A tes vanes qui sortent de nulle part et au fait qu'on se regarde en silence 2 secondes avant de se rouler par terre de rire, à tes playlists qui ont animé un nombre de soirées incalculables et à notre kiff pour le mode zombie et les jeux SSX. N'oublie pas de m'appeler le jour où tu tentes El Capitan en free solo.

Les groupe des quatre mousquetaires a évolué, maintenant nous sommes six poules dans une volière pas très domestique.

A **Jules**, cet homme aux multiples talents cachés, DJ beatboxer, mannequin pour les déguisements les plus inédits et humoriste professionnel.

A **Maxou**, du haut de tes 3m50, depuis ce nouvel an où nous avons fait connaissance, tu as su devenir ma balise haute visibilité en soirée ou festival techno. Je sais que je saurai toujours retrouver le droit chemin en voyant ta tête dépasser dans une foule de 800 personnes avec des masséters de fer.

Aux **Burgart**, SoSo, Quentin, que je considère comme frère et sœur, Gisèle et Jean-Marc Carpe, je vous compte comme famille, vous avez toujours été là dans mes galères et j'ai toujours été accueilli comme un des vôtres, que ce soit la semaine légendaire en Autriche et aux après-skis, ou quand j'ai raté mon

avion et que j'ai dû revenir à Barr pour attendre (et bronzer car il faisait beau) puis prendre le prochain vol vous avez ma plus profonde gratitude.

A la bande de bg Strasbourgeois, Caro, Vic, Amélie, Inès (plutôt bordelaise maintenant), Claire Tho KyKy, Arnaud, Jocelyn, Théo, Clément, Lukas, Alexia, Louise-Line, Julie, merci à tous pour ces années remplies de fous rires et de bons souvenirs ! Aux membres de l'équipe de ski pour la tradition des nouvel-an qu'on adore !

A mes drôles de dames,

A **Clara « Perro »**, la best binôme, partenaire en crime pour les bêtises les plus farfelues, à notre délire sur Johnny parfois mené trop loin, à notre kiff pour Pokémon, Yu-Gi-Oh!, A tes regards bizarres pour me mettre mal à l'aise sans aucune raison et à notre passion pour les Allongé avec du lait svp car on a créé une nouvelle boisson dans le menu du Relais H (+sucre touillette pour moi évidemment).

A **Camille**, ou petite sœur bis, il fallait bien qu'on trouve chacun quelqu'un à qui faire des remarques h24 pour se chamailler. Même si ça a quelquefois pris des grosses proportions car on a tous les deux des caractères pas faciles, avec le recul c'était bien rigolo, et j'en garderai un bon souvenir, et je n'hésiterai pas à continuer de te dire d'arrêter de râler dans le futur s'il le faut.

A **Jo**, concurrente n.1 de bronzage, à ton sens de l'humour, à nos nuggets à 3h du mat avec Camille qui dormait à côté. Toujours au top de la fashion et toujours des mots-fléchés dans la poche !

Aux **anciens DES3**, Manon (Bebew) pour nos fous rires en clinique et à tenter des techniques du sheitan, Camille, acolyte de soirée et de rugby, Luc pionnier de la technique NutellaPalaisPiston, Carlota le sang chaud espagnol, Sunny pour toujours avoir su remonter le moral et garder le sourire même si c'était l'apocalypse en clinique et Chloé !

Aux **anciennes DES2**, Marie, fan de F1 et Lewis (non il ne reviendra pas en tête) et acolyte de GP, râleuse en chef et que j'ai dû assister pour prendre une empreinte optique de son nez, Eva la reine de la ride, promis je respire avant de prendre les modules, Salomé « attends faut que je te raconte/non mais je t'ai pas dit », Clara la miss minivis et Cécile la voie de la sagesse.

Aux **DES2** ou les « **petits nouveaux** »,

A **Edouard**, le king de la ride, parce que lâcher un backflip lors de sa 1^e séance de wake ou m'emmener surfer dans du 2m avec 4s de période c'est facile. Merci d'avoir aidé à remonter le niveau de testosthérone à Bordeaux avec Thib, sans quoi j'aurais sûrement perdu ma tête. Partenaire incontesté de soirée, à tes siestes à 1h du matin pour repartir de plein feu et à nos we ski avec 20 degrés plein soleil. Merci aussi de m'avoir rappelé comment coter les CSG en 3^e année.

A **Thib**, « el padre », la force tranquille. Pour m'avoir fait découvrir une passion pour le boudin noir aux pommes, à nos soirées vin/fromage entre « mecs » pour décompresser. Si les autres venaient me voir pour des conseils en ODF je venais te voir toi quand j'étais bloqué !

A **Claire**, toujours à 1000 à l'heure, reconnaissable aux bruits de tes pas dans le couloir. A nos délires et sorties parfois pas très originales (Ikea et Auchan), au fait que tu viennes toujours me piquer mon OrthoSolo et mes microbrush, à tes pas de danse qui enflamment la piste et à ton mot favori qu'on peut ressortir à toutes les sauces : « flemme »

A **Julie**, mon élève favori, je sais toujours à quoi m'attendre quand tu entres dans le cabinet et que j'entends un « Berkaaand » ou un « Bonjouuuuur ». A nos talents de karaoké, nos discussions sur tout et rien les midis et à nos siestes sur les fauteuils.

A **Sarah**, toujours avec le sourire et la bonne humeur, à tes capacités à tenir jusqu'au bout des soirées, à tes talents de SAM dans les rues de Monaco et à tes talents de chanteuse (malgré les cordes vocales limitées !)

A **Camille**, assistante de choc, la warrior du mercredi. Pour notre amour des lahmacun et baklavas, à tes danses sur des musiques orientales, grâce à ça j'ai toujours eu une touche du pays à Bordeaux. Merci pour ton soutien et ton enseignement, tu as beaucoup de mérite pour les cas du mercredi pas toujours faciles et surtout très très nombreux.

A **Myriam**, attachée mais avec les fonctions d'assistante car tu as su épauler tous les patients du jeudi à toi toute seule. A tes commentaires sans filtre sortis de nulle part du type « Berkand tu as des pieds énormes en fait ! »

A la team Bordeaux,

A **Tom**, imité jamais égalé, maestro de karaoké au jacmé et barman assaisonné. A nos soirées pas très intellectuelles et les after tacos et à ton immunité acquise au jus de citron. Les rageux diront que le bad n'est pas un sport pour les hommes mais on garde pied ferme.

A **Nath**, la montagne, aux moments fatidiques où j'ai essayé de faire pareil que toi mais où j'ai rapidement regretté. A tes homards innombrables, à NVNH.

A **Pierre**, « parce qu'il y a toujours la place pour un 2^e tacos ».

A **Mathieu**, acolyte de bad et de soirée. A tes sifflements de 200 dB.

A **Amine** « Daou », à tes talents de tamtam et de barman, je sais que tu seras présent à tous les congrès à venir. Futur confrère je sais qu'on fera des merveilles. Finalement je ne suis pas le seul américain de la bande.

Et aux autres de l'équipe rugby, **Herme, Fab, Marlot !**

A mes potes du lycée, Sasha, Majit, Shengyu, Alberto, Mr S, Khan, Ales et Rosa merci pour ces années de lycée qui auraient été dures à vivre sans vous !

A l'équipe **CMF**, PAD et Mathias, pour vos cours et les cas traités en commun.

Aux **DESCO**, Xavier, Emma, Lélia, Douley, Quentin, Paul, Chloé (plus médecin du sommeil maintenant). Pour les DDS et tractions dentaires parfois galères.

Aux **MBD**, Sarah, Joran, Devit, Mathieu, Solène et le paquet de latérales riziformes adressés.

Aux **Drs De Brondeau et Bazert** pour leurs précieux conseils en clinique et leur enseignement.

Aux **Aides-Soignantes du PQR**, Flo, Valérie, Sandrine je sais que je ne suis pas facile tous les jours et qu'apparemment je laisse mon cabinet comme ma chambre d'ado, mais je vous apprécie toutes grandement ! Je considère que nous avons passé de belles années !

Table des matières

1.1	DIAGNOSTIC DU DEFICIT TRANSVERSAL	18
1.1.1	<i>Examen clinique</i>	18
1.2	SPECIFICITES CLINIQUES DU DEFICIT TRANSVERSAL	22
1.2.1	<i>Anomalies basales</i>	22
1.2.2	<i>Anomalies alvéolaires</i>	24
1.2.3	<i>Anomalies cinétiques</i>	25
1.3	PARTICULARITES BIOMECANIQUES EN TECHNIQUE LINGUALE	25
1.4	APPAREIL LINGUAL PERSONNALISE ET GESTION DU SENS TRANSVERSAL.....	25
1.4.1	<i>Expansion basale</i>	25
1.4.2	<i>Expansion alvéolaire</i>	29
1.4.3	<i>Expansion, compensation alvéolaire et limites physiologiques</i>	31
1.5	EFFETS PARASITES FREQUENTS ET SENS TRANSVERSAL	33
1.5.1	<i>Effet de palatoversion ou « rabitting »</i>	33
1.5.2	<i>Effet de cintrage (bowing effect)</i>	34
1.5.3	<i>Perte du 1^e et 2^e ordre dans les cas d'extractions</i>	37
1.6	CONCLUSION	38
2.1	CONTEXTE DE L'ÉTUDE	39
2.2	OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	40
2.3	MATERIELS ET METHODE	40
2.3.1	<i>Méthode de recherche des études</i>	40
2.3.2	<i>Critères d'inclusion</i>	40
2.3.3	<i>Critères d'exclusion</i>	41
2.3.4	<i>Stratégie et équation de recherche</i>	41
2.3.5	<i>Évaluation de la qualité des études incluses</i>	42
2.4	RESULTATS	44
2.4.1	<i>Description des études</i>	44
2.4.2	<i>Prédictibilité au niveau des canines</i>	48
2.4.3	<i>Prédictibilité au niveau des secteurs postérieurs</i>	50
2.5	DISCUSSION	54
2.5.1	<i>Biais présents dans les différentes études</i>	54
2.5.2	<i>Perte de contrôle sur les dents postérieures</i>	58
2.5.3	<i>Comparaison de l'efficacité par rapport aux aligneurs et notion de surcorrection</i>	61

2.5.4 Proposition de conduite à tenir pour une meilleure prédictibilité des set-up en technique linguale personnalisée..... 62

Introduction

L'orthodontie de l'adulte est un domaine de l'orthodontie qui est en constante augmentation de nos jours. Le fait d'avoir un beau sourire occupe une place de plus en plus prédominante dans notre société. La majorité des patients adultes qui souhaitent un traitement orthodontique ont également une demande esthétique de ce traitement.

Cela a conduit à l'essor des techniques orthodontiques invisibles, notamment l'orthodontie linguale, où les brackets sont collés derrière les dents. Une telle technique permet de camoufler quasi totalement le traitement en cours, d'où sa popularité de plus en plus importante parmi nos patients adultes.

La technique linguale étudiée dans cette thèse est la technique personnalisée, c'est-à-dire que les brackets ainsi que les arcs – de nivellement jusqu'à l'arc de finition – sont fabriqués sur-mesure à partir d'un set-up de l'occlusion finale souhaitée obtenu à partir d'une empreinte silicone ou numérique. La biomécanique de la technique linguale est particulière comparée à l'edgewise vestibulaire du fait de la position différente de l'attache au niveau de la dent.

La technique linguale est réputée pour la prédictibilité des mouvements dentaires, notamment lorsque l'on compare le set-up et le résultat clinique final obtenu. Ces mouvements tels que le contrôle du torque incisif ou la levée de la supraclusion ont été étudiées de nombreuses fois dans la littérature. Cependant, l'expansion transversale d'arcade par les arcs n'a pas été étudiée de manière approfondie.

L'objectif principal de cette thèse est d'évaluer la prédictibilité de la technique linguale à réaliser une expansion transversale d'arcade par l'action unique des arcs, à travers une revue systématique de la littérature. Le contrôle du sens transversal lors de certaines phases de traitement sera également abordé.

I. Le sens transversal en technique linguale: définitions et traitements

Les anomalies du sens transversal sont très fréquentes et sont généralement d'apparition précoce. Ces malocclusions affectent de 8% à 18% des malocclusions observées en consultation orthodontique(1). Les anomalies du sens transversal se manifestent dans la majeure partie par un déficit transversal maxillaire où les articulés inversés bilatéraux représentent 3%-6% de la population et sont dus à un hypodéveloppement du maxillaire(2).

Le déficit transversal est une malocclusion tridimensionnelle rarement isolée. Il rentre dans une malocclusion globale et est indissociable des composantes verticales et sagittales. Ce déficit est étroitement lié au contexte fonctionnel et plus spécifiquement au trouble ventilatoire en général, de par le fait que le plafond de l'os maxillaire correspond au plancher des fosses nasales.(3)

La prise en charge du déficit transversal concerne en général une intervention au niveau maxillaire. Cette action est précoce et orthopédique. Cependant, lorsqu'un adulte se présente avec un déficit transversal l'orthopédie n'est plus possible car la suture intermaxillaire est complètement ossifiée. Plusieurs options s'offrent au praticien et seront abordées ultérieurement.

1.1 Diagnostic du déficit transversal

Le diagnostic du déficit transversal s'intègre dans le diagnostic global de la malocclusion. Plusieurs spécificités sont à noter pour le diagnostic du déficit transversal.

1.1.1 Examen clinique

1.1.1.1 Examen clinique exo-buccal

Apprécié dans sa globalité puis au niveau de chaque étage de la face, l'examen exo-buccal met en évidence des anomalies au niveau des bases osseuses. Il doit prendre en compte les éléments suivants lors du diagnostic des anomalies transversales :

- Typologie faciale transversale, verticale et sagittale : l'hypomaxillie est plus présente chez les sujets hyperdivergents associé à un « long face syndrome » et chez les sujets présentant une Classe III squelettique
- Latérodéviations mandibulaires en occlusion qui disparaissent en position de relation centrée
- Analyse au sourire : présence de corridors buccaux inesthétiques, qui témoignent d'un défaut transversal maxillaire postérieur

1.1.1.2 Examen clinique endo-buccal et fonctionnel

Cet examen clinique repose sur les éléments suivants :

- Présence d'occlusion inversée uni/bilatérale ou d'occlusion en ciseaux
- Forme de la voûte palatine pour objectiver un défaut basal (voûte étroite) ou alvéolaire (voûte normale)
- Orientation des procès alvéolaires et courbe de Wilson : vers le bas et dedans dans le cas d'endoalvéolie maxillaire, vers l'extérieur au maxillaire et le dedans à la mandibule notamment dans les cas de Classes III avec compensation transversale alvéolaire
- Examen des fonctions (ventilation, déglutition, mastication, habitudes nocives et occlusion dynamique)

1.1.1.3 Examens complémentaires

1.1.1.3.1 Empreintes optiques

L'empreinte optique a quasi entièrement remplacé l'utilisation de moulages en plâtre en pratique orthodontique. L'intégration directe de ces empreintes aux logiciels permettent l'obtention rapide de données cliniques diagnostiques tels que les distances inter-canine, inter-molaire et la dysharmonie dento-dentaire (DDD).

La précision des dernières générations d'empreintes optiques(4) permet également de les exporter en format STL de les envoyer aux sociétés qui réalisent les set-up numériques et fabriquent l'appareil lingual sur-mesure. Cela permet d'éviter au patient de revenir au cabinet pour réaliser des empreintes plus précises (empreintes PVS double-mélange).

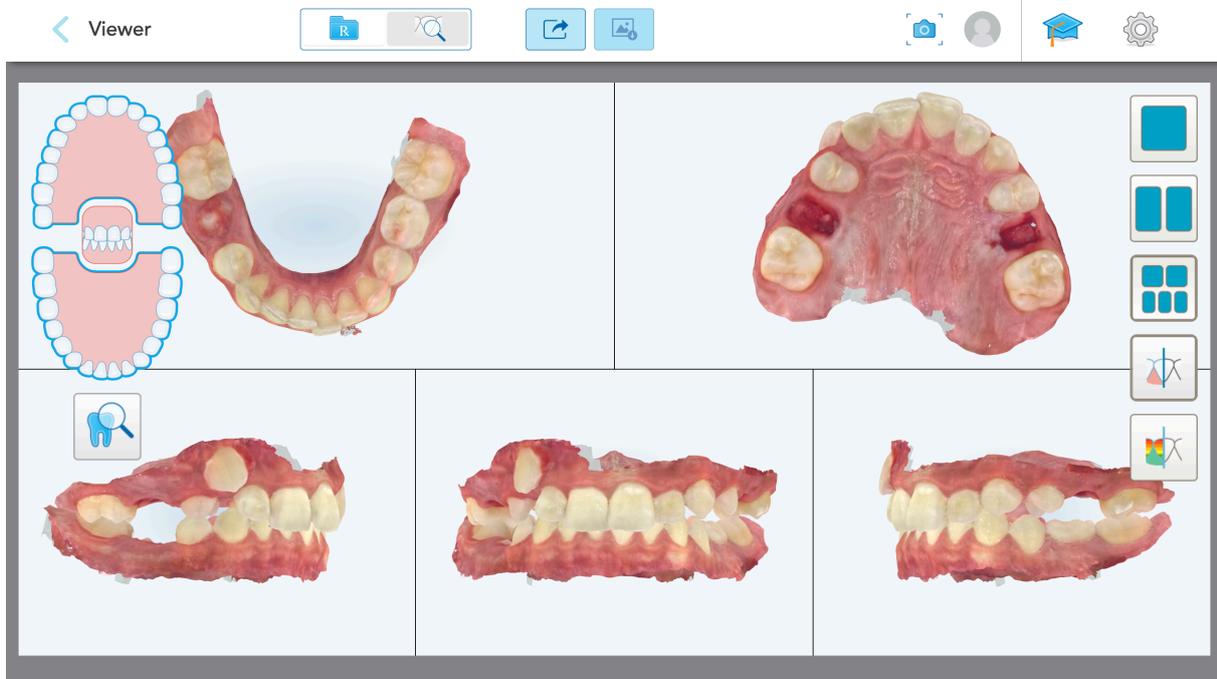


Figure 1 : Capture d'écran issu de l'application Myltero comprenant les empreintes d'un patient faites avec la caméra optique Itero 5D. Chaque élément est manipulable afin d'observer la malocclusion sous différents angles. (collection personnelle)

1.1.1.3.2 Imagerie

Radiographie de face

L'examen bidimensionnel le plus utilisé est la téléradiographie de face. Cet examen permet d'analyser selon Ricketts les normes céphalométriques suivantes(5) :

- Largeur nasale
- Largeur du maxillaire entre les deux points jugaux (J)
- Orientation des procès alvéolaires

- Largeur mandibulaire entre les deux antégonions (Ga/Ag)

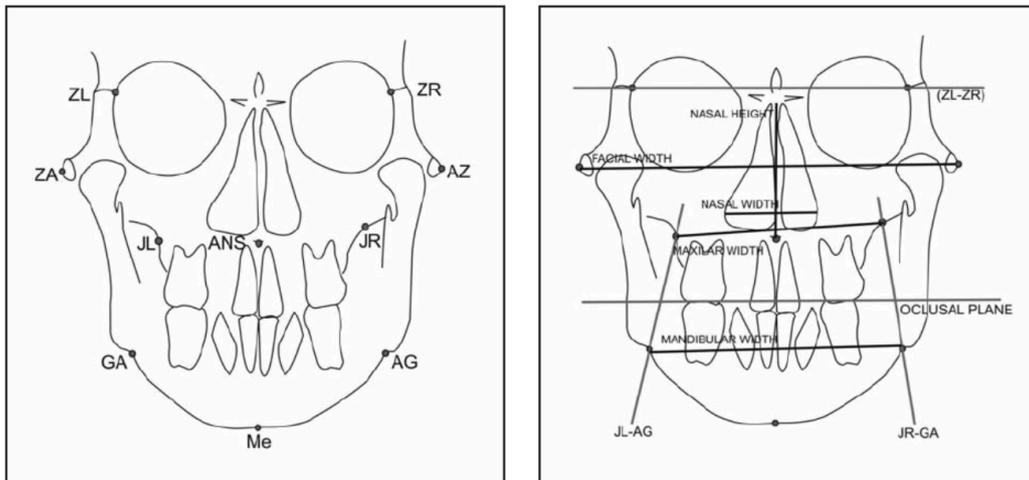


Figure 2: Points et ligne de référence céphalométriques selon Ricketts(5)

Imagerie tridimensionnelle

Le CBCT permet d'analyser :

- La maturation de la suture médiane palatine (classification d'Angelieri)(6)
- Orientation des procès alvéolaires
- Position des dents au sein de leur corticale

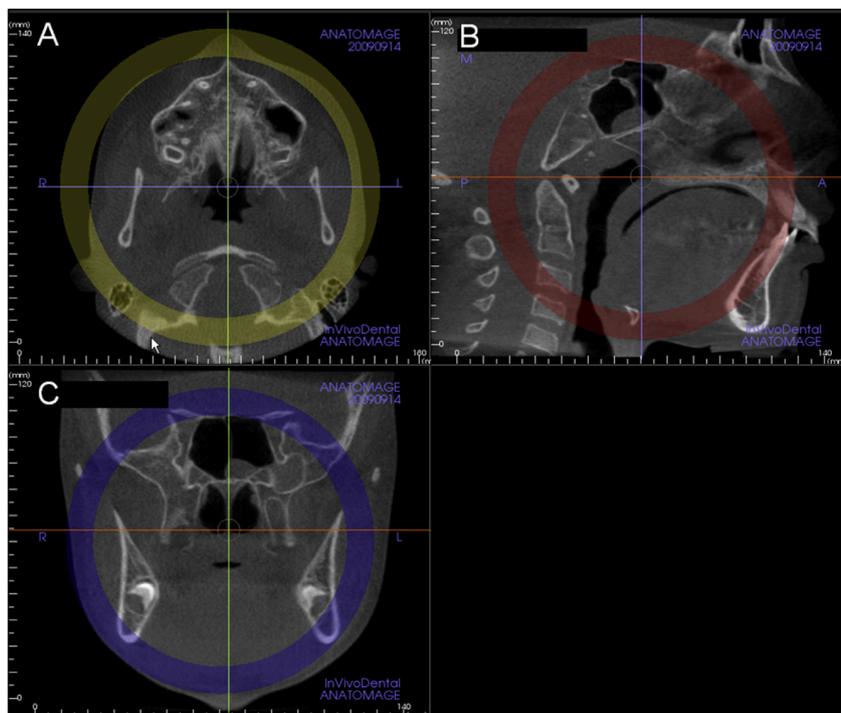


Figure 3 : Utilisation de CBCT pour déterminer le stade de maturation de la suture palatine transverse(6)

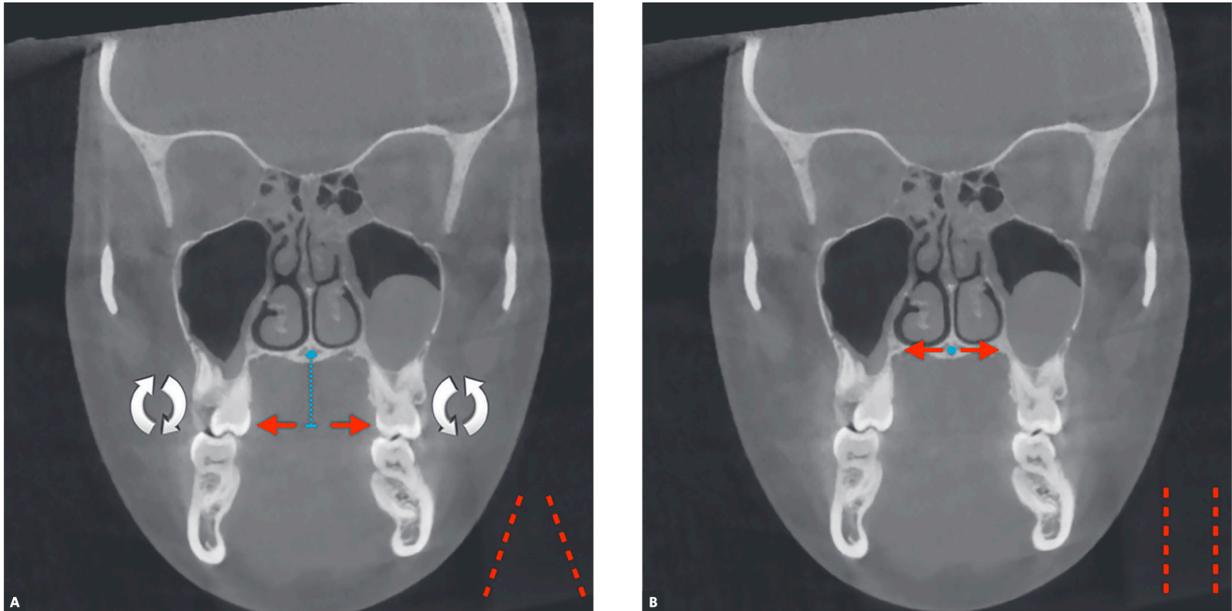


Figure 4 : Le CBCT permet d'apprécier de manière précise l'orientation des procès alvéolaires, de la quantité de corticale présente ainsi que de la maturation de la suture palatine (7)

1.2 Spécificités cliniques du déficit transversal

Caractérisées par un défaut du développement transversal, elles peuvent concerner les différentes structures du complexe crâniofacial :

- Bases osseuses maxillaire et mandibulaire
- Zones alvéolaires
- Arcades dentaires

1.2.1 Anomalies basales

L'endognathie est un défaut de la base osseuse qui peut concerner le maxillaire et la mandibule. L'endognathie maxillaire reste cependant la plus fréquente.

Endognathie maxillaire

L'endognathie maxillaire est une insuffisance du développement de la base osseuse maxillaire. Elle est soit isolée, soit intégrée dans un hypodéveloppement tridimensionnel du maxillaire, souvent rencontré dans les contextes de CI III.

Elle est très souvent associée aux troubles ventilatoires et surtout à la ventilation orale et linguale citées précédemment.



Figure 5 : Endognathie maxillaire avec occlusion inversée bilatérale, cas de Classe III (collection personnelle)



Figure 6 : Endognathie maxillaire avec occlusion inversée unilatérale droite, cas de Classe II.2 (collection personnelle)

Endognathie mandibulaire

Beaucoup plus rare, elle est présente notamment dans les grands syndromes tels que la séquence de Pierre-Robin, syndrome de Nager et le syndrome 18p. Elle est associée à un défaut dans les 3 dimensions de l'espace et conduit donc à une hypomandibulie.

Exognathie maxillaire

Rare également, elle se présente lors de syndrome de Brodie ou occlusion en ciseaux d'un secteur prémolo-molaire entier. Il faut être précis lors du diagnostic car il peut être relatif, notamment lors d'une présence d'endognathie mandibulaire, de fente labio-palatine et de Classe II squelettique.



Figure 7 : Exognathie maxillaire (collection personnelle)

Exognathie mandibulaire

Elle peut être vraie, dans le cas de langues basses et syndromes mais aussi relative, dans une grande partie des Classes III squelettiques.

1.2.2 Anomalies alvéolaires

Le clinicien met en évidence ces anomalies en observant l'orientation des procès alvéolaires qui sont orientés vers le bas et en dedans. Les anomalies alvéolaires sont le reflet de leur environnement musculaire, plus spécifiquement l'environnement buccinatolingual. En effet, une langue dysfonctionnelle ou une activité myoélectrique accrue des buccinateurs (sujets hypodivergents) modèlent les procès alvéolaires et aboutissent à une endoalvéolie(8).

Ces anomalies peuvent soit être à l'origine de l'anomalie occlusale, soit compenser un défaut squelettique.

Il est du rôle du clinicien, à travers la connaissance de chacune de ces anomalies, de leurs caractéristiques et manifestations clinique, de faire le diagnostic différentiel entre les anomalies alvéolaires et squelettiques afin de déterminer exactement de quel type de défaut transversal il s'agit, car la thérapeutique diffère de manière importante et une erreur diagnostique peut conduire à un résultat thérapeutique erroné.

1.2.3 Anomalies cinétiques

En présence de prématurités occlusales (en général canins et molaires), un défaut transversal voire même une occlusion inversée associée à une déviation des milieux peut apparaître en occlusion. Cette anomalie transversale s'efface ou disparaît lors de l'ouverture buccale, et les milieux se recentrent. Cette anomalie correspond à la latérodéviation mandibulaire et son diagnostic différentiel se fait avec la latérogнатhie mandibulaire(9).

1.3 Particularités biomécaniques en technique linguale

Le centre de résistance des dents est indépendant de la technique utilisée, cependant, les attaches étant positionnées en linguale, de nouveaux concepts biomécaniques ont dû être développés car celles-ci sont positionnées différemment par rapport au centre de résistance des dents.

Les particularités biomécaniques du secteur antérieur ne seront pas développées dans ce travail car ils n'ont pas d'impact sur le sens transversal.

Concernant le secteur postérieur, l'attache linguale se situe légèrement plus proche du centre de résistance de la dent (surtout au niveau molaire), donc le contrôle transversal est d'avantage maîtrisé qu'en technique vestibulaire.

1.4 Appareil linguale personnalisé et gestion du sens transversal

1.4.1 Expansion basale

1.4.1.1 Expansion basale non chirurgicale

Dans les cas d'endomaxillies chez les patients dont la suture palatine est encore active (adolescents), nous pouvons associer un disjoncteur à l'appareil linguale personnalisé grâce à des bagues molaires à double insertion, une pour le tube de disjoncteur et une pour l'arc linguale. Grâce à cette double insertion, les arcs linguaux peuvent être insérés en même temps que la disjonction, afin d'assurer un

contrôle du torque molaire et limiter l'effet parasite de vestibuloversion et d'augmentation du sens vertical.



Figure 8 : Disjoncteur amovible sur double tube molaire(10)

Les disjoncteurs à appui osseux sont particulièrement adaptés à l'orthodontie linguale car ils permettent concomitamment la pose des brackets et du dispositif d'expansion.



Figure 9 : disjoncteur à appui osseux (source Google Images)

Selon Jeon et al.(11), on peut obtenir une séparation de la suture médiane de manière prédictible jusqu'à environ 20-25 ans. Pour les groupes d'âges plus élevés, la prédictibilité diminue drastiquement, surtout pour le groupe hommes. Dans ces cas-là, une disjonction orthopédico-chirurgicale est indiquée.

Chun et al. ont montré suite à une étude clinique comparant la disjonction classique vs par mini implants, que l'expansion basale était plus importante dans le groupe avec vis, et que la récurrence était moindre. Cela s'expliquerait par le fait que la présence de vis dans le disjoncteur permettrait un meilleur maintien de la nouvelle dimension transversale et de la nouvelle consolidation osseuse(12).

Le risque principal de la disjonction sur minivis est l'absence de séparation de la suture. On obtient alors uniquement des effets alvéolaires, avec vestibuloversion molaire voire des déhiscences osseuses ainsi que l'absence de formation d'un diastème. Face à cet échec, un Lefort est nécessaire afin de recréer artificiellement la suture. Cependant Kee lors de sa conférence pour l'American Association of Orthodontists propose un nouveau protocole pour les adultes qui consiste à réaliser une activation lente dans un premier temps pendant 2 semaines, puis analyser par une radiographie rétro-alvéolaire la suture pour voir si elle s'est séparée. Dans le cas d'une non-séparation, il propose d'interrompre les activations pendant 4 semaines, ce qui permettrait l'initiation du remodelage osseux, ce qui réactiverait la suture intermaxillaire. Il note qu'il faut ensuite continuer avec des activations lentes jusqu'à avoir la quantité d'expansion souhaitée. (Kee dans AAO 2021)

Cette technique présente cependant quelques complications :

- Perte/fracture des vis
- Gonflements muqueux et infections
- Fractures des bases osseuses suite à des activations trop rapides ou mauvaise indication de l'appareil
- Disjonctions asymétriques

Le succès de cette technique repose grandement sur l'indication correcte de cet appareillage et permet notamment aux patients qui ne sont plus en croissance d'éviter une chirurgie orthognatique première pour la correction du sens transversal.

1.4.1.2 Expansion basale chirurgicale

L'expansion basale chirurgicale peut être faite soit avec une ostéotomie de Lefort I associée à la pose d'un disjoncteur classique, soit en per-opératoire jusqu'à une expansion de 6mm. Le disjoncteur peut soit être amovible sur des doubles tubes molaires, soit fixé sur l'arc(13).

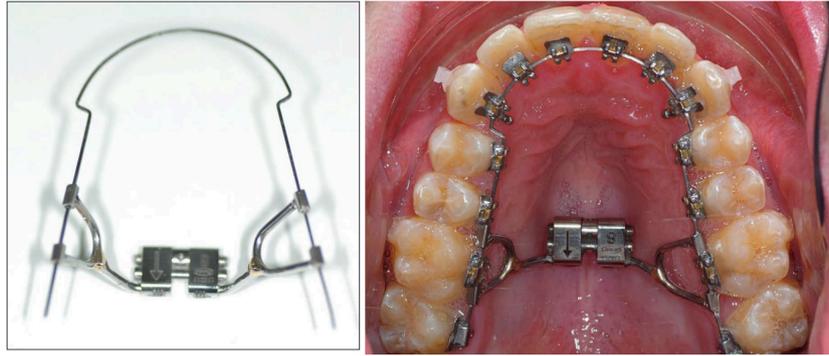


Figure 10 : Disjoncteur fixé sur l'arc avant une ostéotomie de Lefort I pour expansion basale transversale(13)

La difficulté de l'expansion per-opératoire est la contention transversale post-opératoire afin d'éviter les récives du déficit transversal. En technique linguale, cette contention peut se faire de différentes manières :

- Arc transpalatin
- Plaque palatine +/- vissée
- Mini-implants palatins avec plaque solidarisée
- Gouttière de contention thermoformée

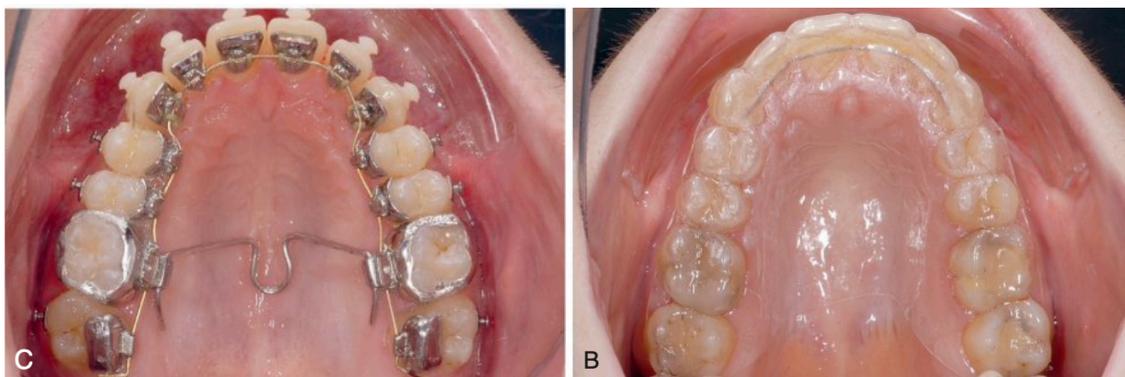


Figure 11 : Arc transpalatin sur double tube et gouttière thermoformée en guise de contention palatine post-opératoire, il est important de noter que la gouttière recouvre le palais et a une épaisseur suffisante qui lui confère une rigidité suffisante pour le maintien de la dimension transversale(10)

1.4.2 Expansion alvéolaire

Expansion demandée sur le set-up

Lorsque le déficit transversal correspond à une endoalvéolie, l'expansion peut se faire de manière orthodontique, avec des arcs en expansion maxillaire et/ou en contraction mandibulaire associées à des élastiques inter-maxillaires en criss-cross. L'avantage de l'expansion alvéolaire est qu'elle n'est pas dépendante de l'âge mais des limites parodontales.

Le praticien demande lors de la commande de l'appareil une modification des distances inter-molaire et inter-canine de la quantité qu'il désire.

Si l'expansion est demandée sur le set-up final, les arcs NiTi, acier et TMA seront tous en expansion par rapport au cas initial. Les premiers arcs NiTi feront de la version non contrôlée, et l'ajout de torque sur les dents se fera à partir des arcs rectangulaires NiTi et acier. Pour surcorriger le sens transversal, le praticien peut demander des arcs acier en surexpansion, de l'ordre de 1cm ou 2cm au total. Il faut noter que l'arc de finition en TMA n'aura pas de surexpansion et correspondra au set-up final. L'insertion en ribbonwise permet à travers son insertion verticale pleine taille un contrôle très satisfaisant du torque radiculaire.

Dirk Wiechmann lors d'une réunion des utilisateurs Win, a présenté un protocole de correction d'un déficit transversal allant jusqu'à 5mm, en utilisant des arcs acier avec 2cm d'expansion au maxillaire et 1cm de contraction a la mandibule, associé à des élastiques criss-cross.

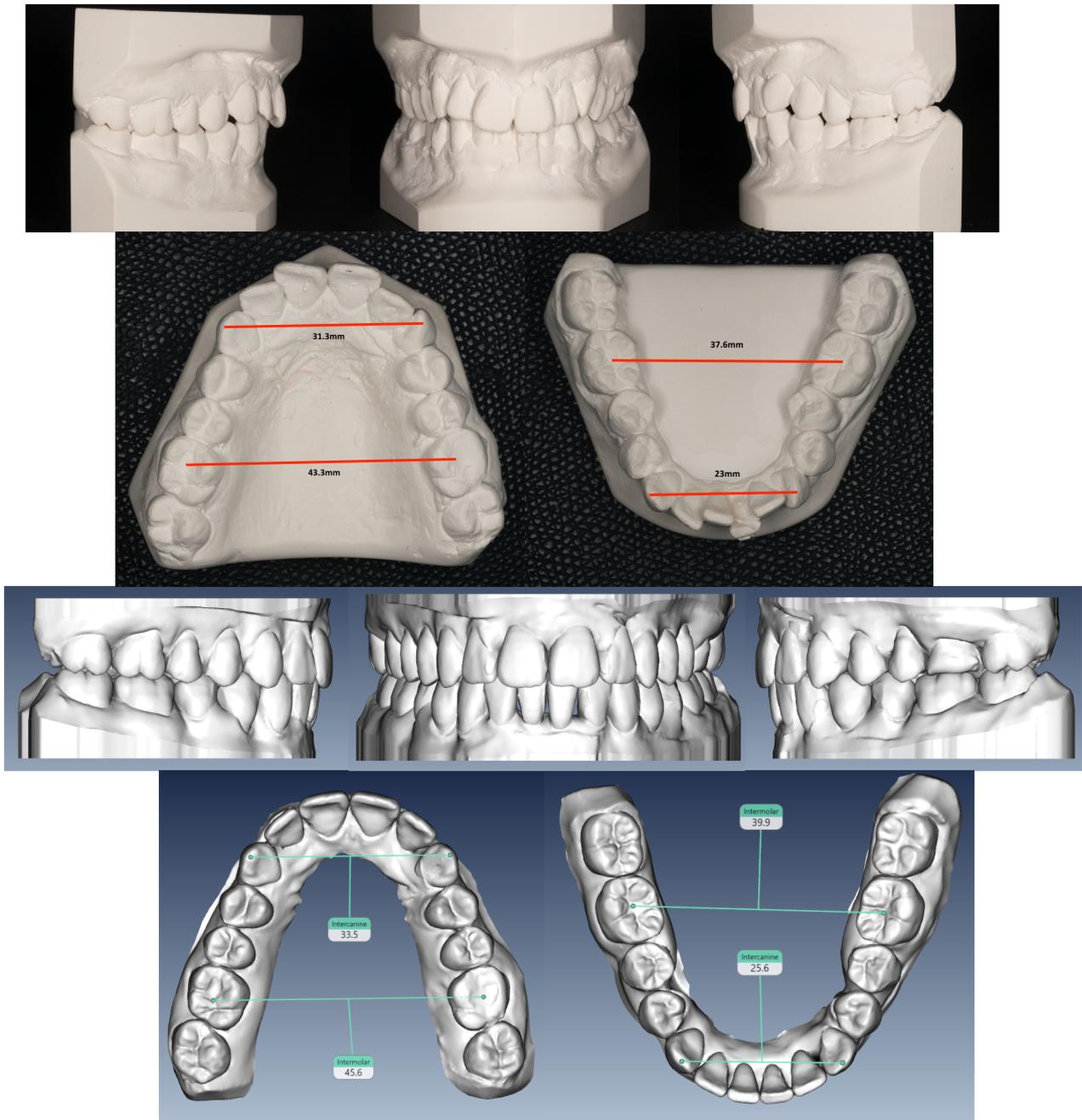


Figure 12 : Set-up d'une patiente présentant des arcades contractées. Le set-up a été demandé avec des augmentations des distances inter-molaires et inter-canines afin de corriger la forme d'arcade. Il en a résulté une augmentation de ces distances de 2.2mm et 2.3mm au maxillaire et de 2.6mm et 2.3mm a la mandibule (collection personnelle)

Expansion demandée sur arcs pour compenser un effet parasite

Le fait d'avoir des arcs sur mesure permet également de commander des arcs avec des paramètres spécifiques. Comme mentionné précédemment, lors de la phase de rétraction en masse incisive, des moments parasites de rabitting et de bowing transversal sont observés(14). Pour compenser ces effets parasites, il est possible de commander des arcs avec de la surcorrection de torque radiculo-palatin (13 degrés extra-torque ou 21 degrés extra-extra-torque) et d'expansion transversal (1cm ou 2cm d'expansion).

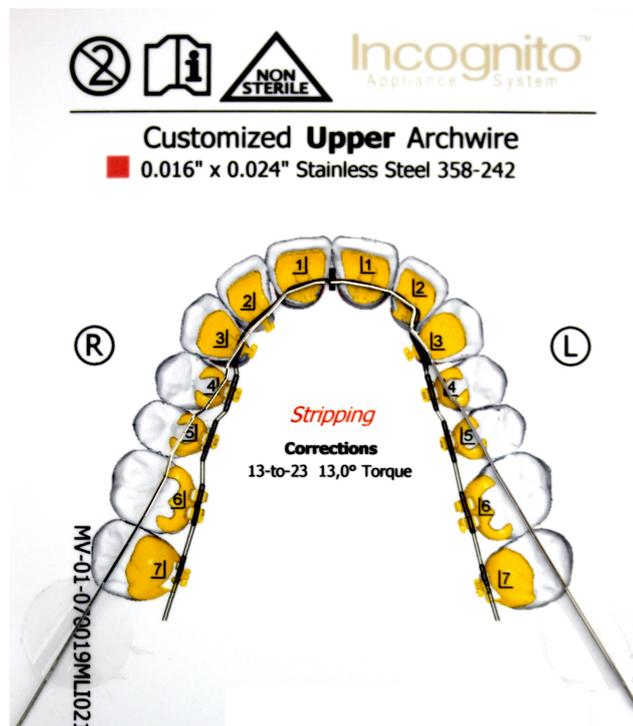


Figure 13 : Arc 16.24 acier avec 13 degrés de torque radiculo-palatin et 1cm d'expansion transversale totale en technique Incognito (collection personnelle)

1.4.3 Expansion, compensation alvéolaire et limites physiologiques

La relation étroite entre la dent, son parodonte et l'os alvéolaire l'englobant fait que des mouvements excessifs au-delà des limites anatomiques conduit à une destruction et une instabilité des tissus parodontaux. Plusieurs études se sont intéressées aux effets délétères des traitements orthodontiques sur les tissus parodontaux.(15–19)

Garib et al. ont étudié l'effet de l'expansion transversale d'arcade au maxillaire à travers des examens cliniques et des CBCT. Ils ont comparé des coupes CBCT pré et post-thérapeutiques et ont identifié plusieurs zones de déhiscence osseuse et une réduction de 0.6mm à 0.9mm de l'épaisseur de la corticale vestibulaire des dents baguées.(15) Nous pouvons également noter des changements plus importants des niveaux de l'os crestal et à la survenue d'une déhiscence osseuse après l'expansion si les parois vestibulaires en début de traitement étaient plus fines au début du traitement. Cependant, ces résultats ont été mesurés immédiatement après le traitement orthodontique et ne tiennent pas compte du remaniement osseux et parodontal à long terme après les mouvements orthodontiques. Certaines études se sont intéressées aux effets à long terme des mouvements orthodontiques sur les tissus parodontaux. Une étude rapporte la prévalence d'une récession gingivale sur une ou plusieurs dents dans les groupes d'expansion maxillaire rapide et d'appareils fixes était respectivement de 20% et 6%.

Greenbaum et al. ont en revanche montré que l'expansion transversale conduisait à une augmentation significative des dimensions transversales d'arcade sans avoir des effets délétères à moyen et long terme.(19) D'autres études comme celle de Ballanti et al. concluent au même résultat, cependant la méthodologie est critiquable car l'épaisseur osseuse est mesurée au niveau de la furcation radiculaire et non au niveau des régions marginales où les lésions parodontales auraient pu se produire.(17)

Billings a analysé l'épaisseur des corticales vestibulaires et linguales en pré et post-thérapeutique orthodontique. L'auteur rapporte que les traitements orthodontiques réalisent de l'expansion transversale d'arcade et que l'épaisseur de la corticale vestibulaire diminue d'environ 1mm après le traitement et que l'épaisseur de la corticale linguale augmente de 1mm en moyenne. Cette étude suggère que l'os basal ne se remanie pas de manière significative car il y a perte et gain de 1mm de part et d'autre de la dent, et que l'expansion est limitée par l'enveloppe osseuse initiale de la dent.(16)

Motoyoshi a conclu également dans son étude, que 1mm d'expansion mandibulaire s'accompagnait de 5 degrés de version latérale de la molaire, et suggère que ces valeurs sont la limite de l'expansion mandibulaire afin d'éviter les lésions parodontales.(18)

1.5 Effets parasites fréquents et sens transversal

1.5.1 Effet de palatoversion ou « rabbiting »

Lors de la rétraction antérieure en masse, les résultats biomécaniques sont aussi différents entre les systèmes vestibulaires et linguaux. Lorsque les attaches sont en lingual, le moment résultant de rotation horaire des incisives est nettement plus marqué, conduisant à une palatoversion ou rabbiting beaucoup plus important que lors de la rétraction avec les techniques vestibulaires. Afin de pallier cela, il faut augmenter le moment d'ingression et diminuer la force de rétraction en appliquant du torque radiculo-palatin. En technique individualisée, cela se fait en commandant des arcs en acier avec 13 degrés voire 21 degrés de surcorrection de torque radiculo-palatin, ce sont les arcs extra-torque (ET) ou extra-extra-torque (EET)(20,21).

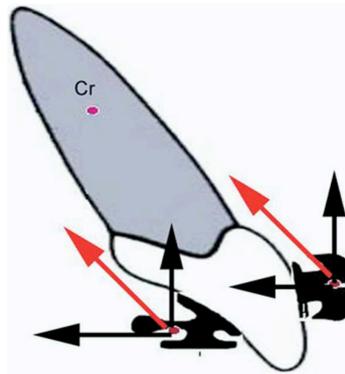


Figure 14 : Comparaison des forces appliquées lors de la rétraction incisive(20)

Pour pallier cet effet de rabbiting, une méthode de contrôle est de tracter plus proche du centre de résistance des incisives maxillaires. Inami et al proposent un système constitué d'un power-arm antérieur, d'un arc transpalatin et de mini-implant médian schématisé ci-dessous(14). Il est intéressant

de noter que l'arc transpalatin permet un maintien de la dimension transversale et contre l'effet parasite de bowing transversal.

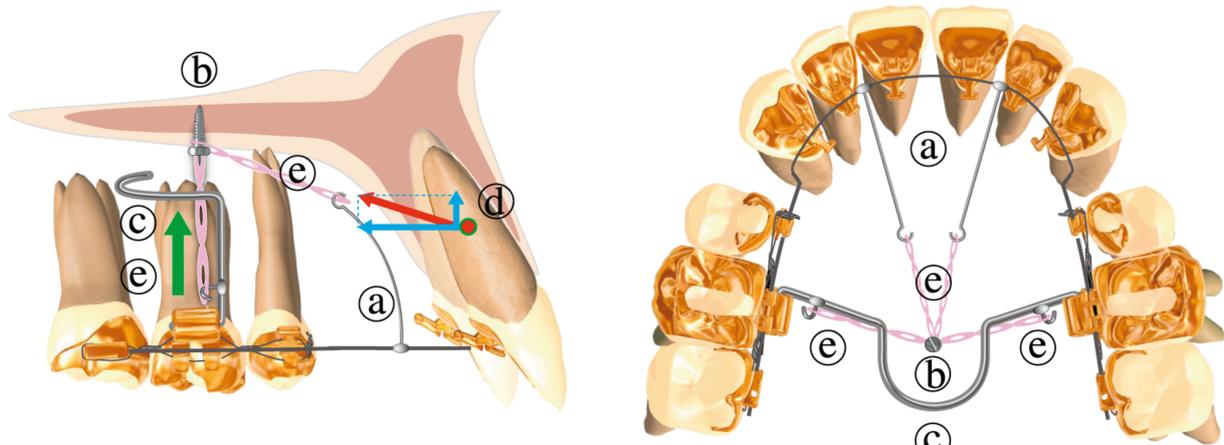


Figure 15 : Utilisation de power-arm pour se rapprocher du centre de résistance du bloc incisif lors de la rétraction en masse(14)

1.5.2 Moments parasites liés à l'expansion avec les arcs

En technique linguale, lorsqu'un arc est inséré en expansion, le vecteur de force passe en dessous et en arrière du centre de résistance (Cr) des dents. De ce fait, un moment parasite de vestibulo-version est induit, et une version coronaire apparaît et augmente par ailleurs le sens vertical à cause de l'égression de la cuspide palatine.

Pour contrer ce moment, du torque radiculo-vestibulaire doit être incorporé dans l'arc afin de supprimer le moment parasite et obtenir uniquement de la translation. Les techniques linguales à insertion ribbonwise permettent de contrôler remarquablement le torque du fait de leur insertion pleine gorge, cependant la rigidité transversale de l'arc est diminuée donc la force d'expansion est moindre. (Figure 16)

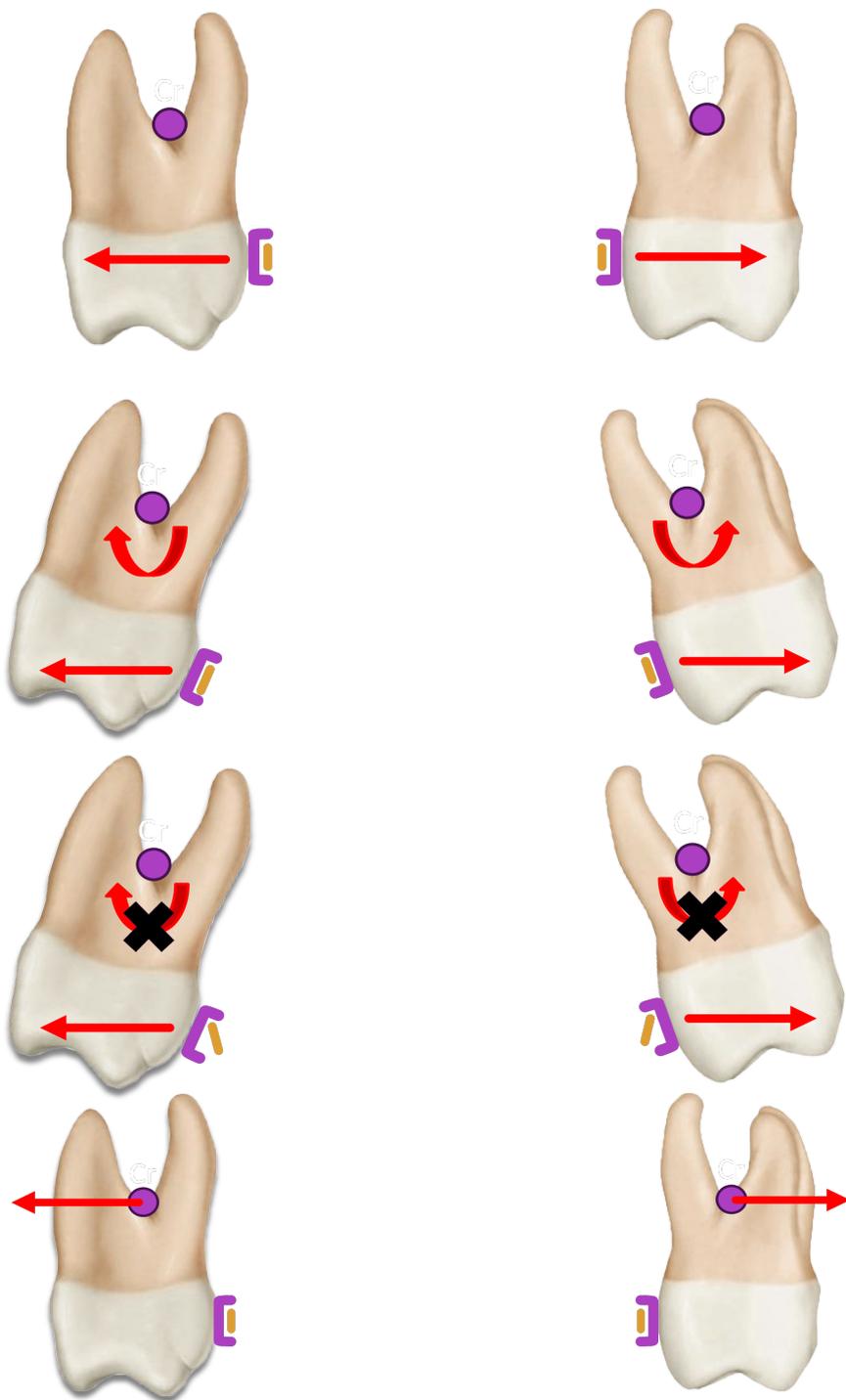


Figure 16 : Schématisation des mouvements d'expansion sur les molaires maxillaires

1.5.3 Effet de cintrage (bowing effect)

L'effet bowing correspond à une pliure de l'arc dans sa section la plus grande. Elle est plus majoritairement rencontrée dans les cas d'extraction, où il y a une longueur d'arc plus grande qui ne rentre pas dans un bracket et donc qui n'est pas soutenue et est plus élastique.

1.5.3.1 Bowing transversal

Le bowing transversal concerne les techniques à insertion ribbonwise, notamment les techniques Win et Incognito. La grande section se situant sur le plan vertical, lors des phases de rétraction en masse, on observe une pliure de l'arc dans le sens transversal e qui conduit à :

- Expansion au niveau de la prémolaire non extraite
- Rotation de la molaire conduisant à l'apparition d'une endoalvéolie postérieure et risque parodontal accru du fait de la projection de la racine mésio-vestibulaire vers la corticale vestibulaire

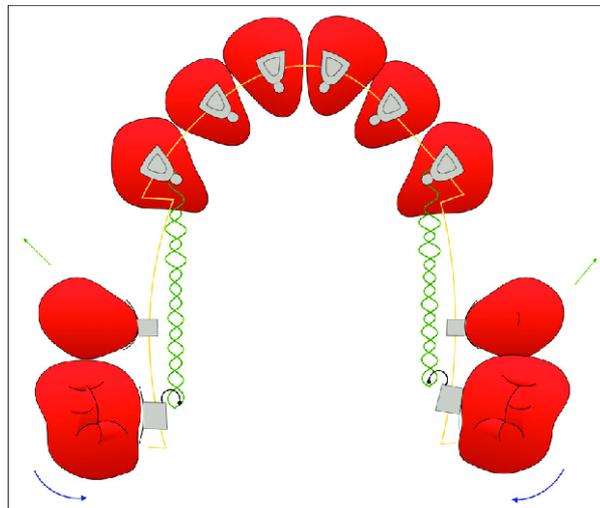


Figure 17 : Schématisation de l'effet bowing transversal (source Google Images)

Cet effet parasite est particulièrement difficile à corriger et nécessite donc une anticipation de la part du clinicien. En général dans les cas d'extraction, plutôt que de solliciter l'ancrage molaire et risquer le bowing, on utilise des mini implants situés en palatin, avec plus ou moins des power-arm pour se rapprocher du centre de résistance du bloc incisif.



Figure 18 : Rétraction antérieure en masse à l'aide de 2 mini implants palatins (collection personnelle)

1.5.4 Perte du 1^e et 2^e ordre dans les cas d'extractions

Dans les arcs avec extractions de prémolaires, les arcs NiTi ainsi que l'arc acier ont des secteurs latéraux droits, c'est-à-dire sans déformations du 2^e ordre afin de favoriser le glissement. De ce fait, après les phases de fermeture des espaces, on observe une perte des informations du 1^e et 2^e ordre, notamment des rotations prémolaires et canines. Cette perte de contrôle du 1^e ordre peut aussi être étendu au sens transversal, en effet nous pouvons nous retrouver avec des occlusions bout à bout au niveau des prémolaires par exemple. Ces informations sont récupérées lors de la phase de finitions ou l'on insère l'arc en β -titanium (TMA) pleine gorge qui contient les pliures du 1^e ordre. Il est important de noter que cet arc de finition doit être laissé longtemps en bouche, afin que les informations contenues dans le fil s'expriment en totalité.



Figure 19 : Perte du 1^e ordre au niveau des 2^e prémolaires dans un cas d'extraction (collection personnelle)

1.6 Conclusion

Le diagnostic du sens transversal reste essentiel dans le traitement de la. L'appréciation de l'origine du déficit transversal permet au clinicien d'adapter en technique linguale l'outil thérapeutique au problème transversal, que ce soit la résolution du déficit transversal par une thérapeutique basale ou alvéolaire avant la pose de l'appareil ou pendant la thérapeutique orthodontique par l'action des arcs.

De plus, le diagnostic précis, ainsi que le plan de traitement choisi orientent le praticien dans le choix des arcs en technique personnalisée, et permettent d'anticiper les différents effets parasites liés à la particularité de la technique linguale ou à la mécanique choisie pour la résolution de la malocclusion (distalisation, fermeture d'espaces d'extraction, utilisation d'élastiques inter-maxillaires).

Ces effets parasites ont une répercussion significative sur le résultat de traitement en technique linguale, notamment lorsque l'on compare le set-up pré thérapeutique au résultat final, leur anticipation permet de compenser ces effets dès le set-up, d'optimiser le temps de traitement et d'arriver à un résultat le plus optimal d'un point de vue occlusal, fonctionnel et esthétique.

II. Revue systématique de la littérature

2.1 Contexte de l'étude

Le traitement des déficits transversaux peut constituer un défi thérapeutique majeur pour l'orthodontiste. Le tableau clinique peut varier grandement entre chaque patient, en fonction de la sévérité du déficit ou de l'excès transversal, la thérapeutique utilisée sera différente et le succès thérapeutique repose sur un diagnostic précis de la malocclusion.

Parallèlement, l'essor des techniques orthodontiques esthétiques, notamment de l'orthodontie linguale personnalisée a conduit à une augmentation de la population adulte au sein des cabinets, dont les exigences sont importantes tant au niveau de l'esthétique pendant le traitement mais aussi sur le résultat final.

L'évolution de la technique linguale personnalisée, notamment en termes de fabrication des brackets plus précis, l'utilisation de biomatériaux de plus en plus performants, a permis de repousser les limites conventionnelles de l'orthodontie.

L'analyse de la prédictibilité et de la fiabilité des mouvements en utilisant la technique linguale personnalisée constitue un axe de recherche important. Cette technique est basée sur un modèle prospectif, qui peut être soit en plâtre soit virtuel : le set-up final. Ce set-up représente le résultat final du traitement, et constitue une étape clé du traitement. Elle doit être étudiée par le clinicien qui doit ensuite le valider. Les arcs orthodontiques sont ensuite fabriqués sur mesure, en étant adaptés au set-up validé.

La technique linguale a su montrer sa performance en termes de prédictibilité sur la correction de la supraclusion et de la gestion du torque antérieur, cependant peu d'études se sont intéressées sur la prédictibilité du sens transversal.

Nous avons donc voulu étudier la prédictibilité du sens transversal avec la technique de l'orthodontie linguale personnalisée, entre le set-up initial et le résultat clinique final, et proposer un arbre décisionnel pour aider le clinicien à la prise de décision face à un déficit transversal.

2.2 Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est d'évaluer l'efficacité et la précision de la thérapeutique par technique linguale personnalisée dans le cadre de l'expansion transversale d'arcade. Les mouvements étudiés étaient la version coronaire dans le sens transversal (torque) et la translation vestibulaire.

2.3 Matériels et méthode

2.3.1 Méthode de recherche des études

Une revue systématique a été effectuée à partir des bases de données bibliographiques suivantes : Pubmed, Google Scholar et Elsevier Masson. Cette recherche a été complétée par une recherche manuelle portant sur la bibliographie des articles initialement sélectionnés. Les recherches ont été réalisées par un seul opérateur dans chaque base de données.

2.3.2 Critères d'inclusion

Types d'études

Les publications sélectionnées devaient nécessairement disposer d'un résumé accessible directement sur la base de données utilisée. Les articles en anglais, français et allemand ont été inclus. Les méta-analyses, les revues systématiques, les essais cliniques randomisés ou non, les études de cohorte et les études avec groupes contrôles ont été retenus.

Type de participants

Aucune restriction concernant l'âge ni le sexe des patients n'a été émise lors de la sélection.

Type d'intervention

Les articles qui ont été retenus étudient l'efficacité, la précision et la prédictibilité des mouvements dentaires chez des patients traités par orthodontie linguale personnalisée, quel que soit le système utilisé. Ces articles doivent avoir une méthodologie claire et suffisamment décrite, avec une analyse statistique appropriée.

2.3.3 Critères d'exclusion

Les articles de plus de 20 ans, écrits dans une autre langue que le français, l'anglais et l'allemand ont été exclus. Les études relatant de cas syndromiques, ou orthodontico-chirurgicaux, les études de cas isolés, les études expérimentales sur l'animal, les débats et opinions d'auteurs ont également été exclus.

Critères d'inclusion	Critères d'exclusion
Articles récents et originaux (2002-2022)	Études sur patient avec malformation crânio-faciale et syndromes sévères
Études prospectives ou rétrospectives, revues systématiques, méta-analyses, in vitro	Études de cas
Études sur l'orthodontie linguale personnalisée	Résumés d'articles
Études avec matériels et méthodes suffisamment décrits	Études sur l'animal
Études avec analyse statistique adéquate	

Tableau 1 : Critères d'inclusion et d'exclusion

2.3.4 Stratégie et équation de recherche

Une recherche bibliographique a été effectuée sur Pubmed, Google Scholar et Elsevier Masson, les études allant de décembre 2002 à décembre 2022. L'enjeu a été de trouver une équation de recherche étudiant la prédictibilité des set-up dans les techniques linguales personnalisées.

Il n'a pas fallu omettre certains articles qui traitaient du sujet de manière plus globale ou plus spécifique (traitant une partie des notions abordées).

Les références bibliographiques des articles originaux ont été entrecroisées afin de retrouver des études supplémentaires.

Des recherches manuelles ont été réalisées dans un certain nombre de revues :

- International orthodontics
- Journal of Clinical Orthodontics
- L'orthodontie française
- Revue d'orthopédie dento-faciale

- American Journal of Orthodontics
- The Angle Orthodontist

Les essais cliniques en cours de réalisation et non publiés ont été recherchés sur le site www.clinicaltrials.gov à l'aide des mots clés « lingual », « orthodontics ».

L'équation de recherche utilisée dans les bases de recherches était :

("lingual" and "appliance" or "therap" or "treatment" or "technique" or "method" or "system" or "bracket" or "brace") and ("orthodontic") and ("efficacy" or "accuracy" or "efficiency" or "outcome assessment" or "outcome quality") not ("aligner" or "invisalign")

Le système PICO a été utilisé pour extraire les différentes données des articles sélectionnés. Ainsi, les données concernant la population (participants), l'intervention (ou l'exposition pour les études observationnelles), les éléments de comparaison et les résultats ont été révélés.

2.3.5 Évaluation de la qualité des études incluses

L'évaluation de la qualité des études a été faite selon les grades de la HAS établies en 2013 qui sont comme suit.

Niveau de preuve	Description
Fort	<ul style="list-style-type: none"> - le protocole est adapté pour répondre au mieux à la question posée - la réalisation est effectuée sans biais majeur - l'analyse statistique est adaptée aux objectifs - la puissance est suffisante
Intermédiaire	<ul style="list-style-type: none"> - le protocole est adapté pour répondre au mieux à la question posée - puissance nettement insuffisante (effectif insuffisant ou puissance a posteriori insuffisante)
Faible	Autres types d'études

Tableau 2 : Description des différents niveaux de preuve selon la HAS

Un grade des recommandations est associé au niveau de preuve fourni par la littérature. Les articles ont ensuite été classés comme indiqué dans le tableau suivant :

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	Niveau 1 - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B Présomption scientifique	Niveau 2 - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
C Faible niveau de preuve scientifique	Niveau 3 - études cas-témoins.
	Niveau 4 - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Tableau 3 : Évaluation de la qualité des études selon la HAS

2.4 Résultats

Après élimination des articles ne correspondant pas aux critères d'inclusion la recherche dans la littérature a identifié 9 articles comme finalement pertinents. La figure 37 correspond au diagramme de flux correspondant à la revue systématique de la littérature.

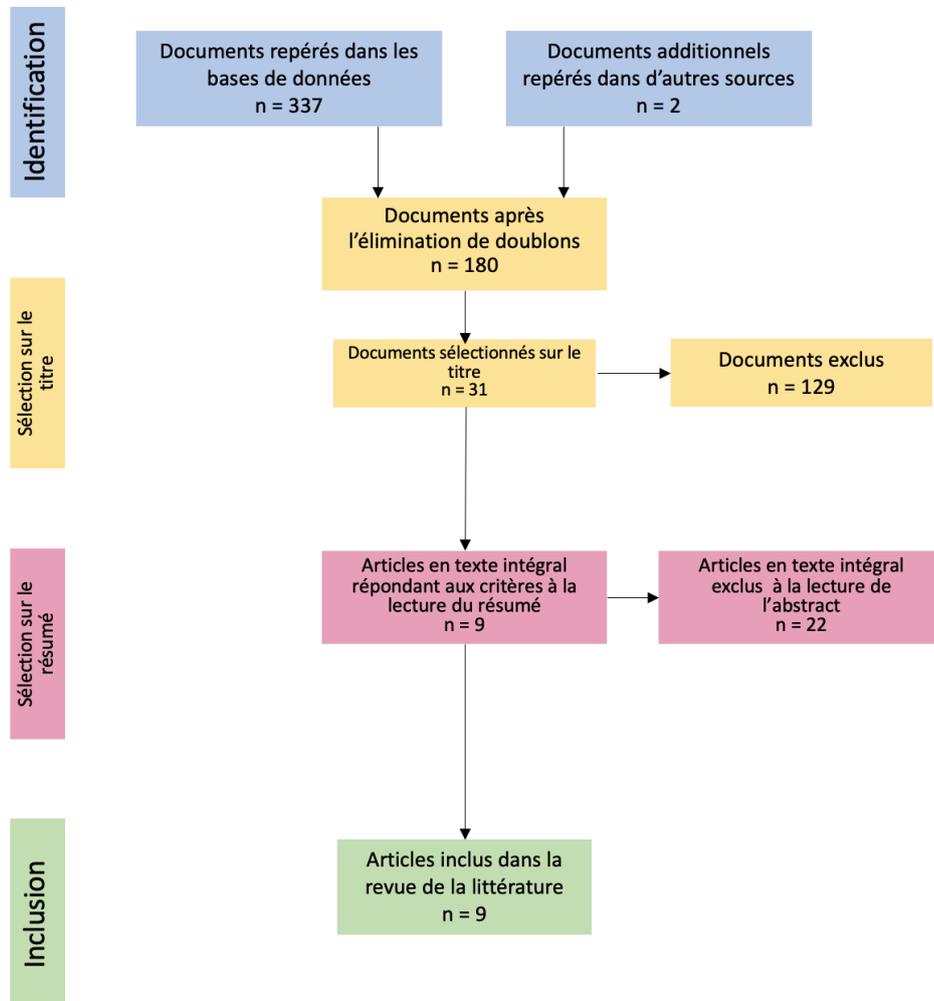


Figure 20 : Diagramme de flux de sélection des articles

2.4.1 Description des études

Les neuf articles mis en évidence dans cette revue sont tous des études cliniques rétrospectives non randomisées, sauf pour celle de Mistakidis qui est une revue systématique de la littérature réalisée en 2016. Les populations incluses dans les études étaient hétérogènes, avec certains articles incluant des sujets en période de croissance.

Le détail des articles est résumé sous la forme d'un tableau récapitulatif complet (tableau 4) détaillant les matériels et méthodes ainsi que les conclusions des auteurs.

La figure 21 représente la répartition des études par année.

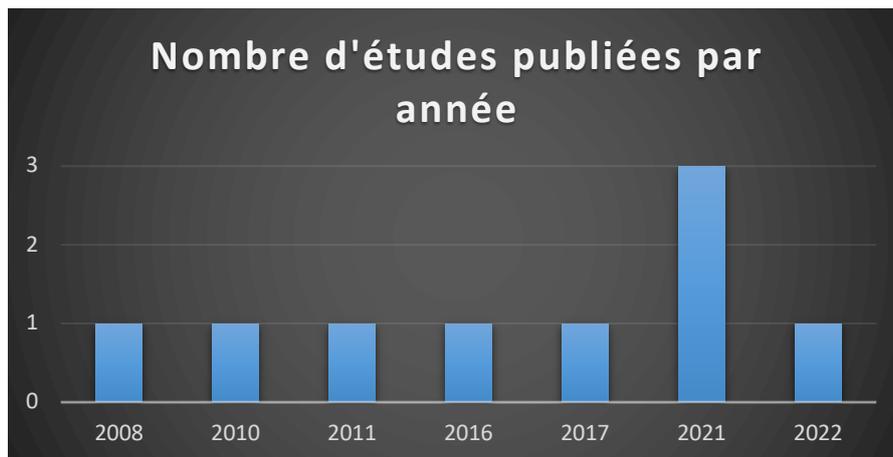


Figure 21 : Répartition des études par année

Le tableau 4 expose les articles étudiés associés à leur grade de preuve scientifique en fonction des critères précédemment définis, tirés de la HAS.

Étude	Grade (puissance de l'étude)
Grauer, 2011	C
Fontinha, 2021	C
Pauls, 2010	C
Pauls, 2017	C
Albertini, 2022	C
Thalheim, 2008	C
Palone, 2021	C
AlQatami, 2021	C
Mistakidis, 2016	B

Tableau 4 : Puissance des études

Études	Type	Participants	Intervention	Résultats	Conclusion
Grauer 2011 (22)	Cohorte rétrospective	94 patients	3M Incognito (insertion ribbonwise) Comparaison entre le résultat clinique final et le set-up pré-thérapeutique (superposition de fichiers STL)	<ul style="list-style-type: none"> - Les différences de positionnement entre le set-up et résultat clinique étaient petites (moins de 1mm et 4°) excepté les 2° molaires. - L'expansion d'arcade au niveau postérieur était supérieure dans le set-up surtout au niveau des 2° molaires 	L'orthodontie linguale totalement personnalisée permet de produire des résultats cliniques prédictibles excepté l'expansion transversale d'arcade et la version au niveau des 2° molaires
Fontinha 2021 (23)	Cohorte rétrospective	32 patients	3M Incognito (insertion ribbonwise) Comparaison entre le résultat clinique final et le set-up pré-thérapeutique (superposition de fichiers STL)	Résultats statistiquement significatifs au niveau du torque entre le set-up et le résultat clinique final au niveau des incisives inférieures et molaires, et au niveau des distances inter-2° prémolaires et inter-molaires	L'orthodontie linguale totalement personnalisée permet un résultat prédictible sauf au niveau des torques des 2° prémolaires et molaires
Pauls 2010 (24)	Cohorte rétrospective	25 patients	3M Incognito (insertion ribbonwise) Comparaison entre le résultat clinique final et le set-up pré-thérapeutique (superposition de fichiers STL)	<ul style="list-style-type: none"> - Déviations entre le set-up et résultat clinique final sont minimales et cliniquement non significatives, excepté au niveau des 2° molaires (translation axe y et z). - La faisabilité du set-up a également diminué dans le sens du segment antérieur a postérieur (2° de rotation et 1mm de translation) avec les 2° molaires qui avaient le résultat le moins satisfaisant 	Le résultat clinique final correspond de manière satisfaisante au set-up pré-thérapeutique malgré le fait que la prédictibilité diminue au niveau des dents les plus postérieures
Pauls 2017 (25)	Cohorte rétrospective	20 patients	WIN (insertion ribbonwise) Comparaison entre le résultat clinique final et le set-up pré-thérapeutique (superposition de fichiers STL)	Déviations entre set-up et résultat clinique final : <ul style="list-style-type: none"> - Incisives : moins de 3° de déviations angulaires et moins de 0.3mm de déviations en termes de translation - Secteurs postérieurs : valeurs plus importantes, moins de 5.2° de rotation et moins de 0.70mm de translation 	Le système WIN permet d'obtenir un résultat thérapeutique en accord avec le set-up avec une précision importante. La précision est cependant moindre dans les secteurs postérieurs.
Albertini 2022 (26)	Cohorte rétrospective	40 patients	ORMCO STb (insertion edgewise) Comparaison entre le résultat clinique final et le set-up pré-thérapeutique (superposition de fichiers STL)	<ul style="list-style-type: none"> - Différence croissante entre le set-up et résultat final au niveau du torque sauf pour les molaires maxillaires. - Précision du set-up supérieure à 84% en termes de torque, tip et rotation pour les incisives - Les set-up présentaient une dimension transversale supérieure au résultat final, sauf au niveau des 2° molaires ou une diminution a été observée 	Les mouvements planifiés par le set-up ont eu lieu, sauf au niveau des 2° molaires. L'expansion planifiée sur le set-up ne s'est exprimé que partiellement.
Thalheim 2008 (27)	Cohorte rétrospective	20 patients	3M Incognito (insertion ribbonwise) Comparaison entre le résultat clinique final et le set-up pré-thérapeutique (superposition de fichiers STL), analyse de la distance inter-canine uniquement	<ul style="list-style-type: none"> - Les déviations entre le set-up et le résultat clinique final pour les distances inter-canine à la mandibule étaient de 0.44mm ± 0.29mm - La sur-correction moyenne était de 0.45mm - La sous-correction moyenne était de 0.52mm 	Le système 3M Incognito permet d'obtenir un résultat clinique prédictible en termes de distance inter-canine

Palone 2021 (28)	Cohorte rétrospective	12 patients	Suresmile (insertion edgewise) Comparaison entre le résultat clinique final et le set-up pré-thérapeutique (superposition de fichiers STL)	La précision du set-up par rapport au résultat final en termes de torque étaient : - 53.72% et 59.97% pour les régions antérieures et postérieures du maxillaire - 67.18% et 59.61% pour les régions antérieures et postérieures de la mandibule	La technique Suresmile permet de traiter efficacement les malocclusions, cependant le set-up ne semble pas avoir une prédictibilité suffisamment importante. La demande de sur correction lors du set-up semble important pour atteindre les objectifs de traitement voulus
AlQatami 2021 (29)	Cohorte rétrospective	66 patients	Win (insertion ribbonwise) Comparaison des scores OGS entre la malocclusion initiale, le set-up et le résultat clinique final obtenu	Les scores OGS entre les set-up et résultats cliniques finaux sont similaires et les différences n'ont pas de significativité clinique sauf en termes de rotation et torque : - 4.35 ± 1.71 points perdus sur le résultat contre 2.24 ± 1.4 sur le set-up pour l'alignement et les rotations - 4.62 ± 2.13 points perdus sur le résultat contre 2.17 ± 1.55 sur le set-up pour les torques	La qualité du set-up ainsi que du résultat clinique final est élevé. 88% des cas traités ont un score final OGS satisfaisant l'examen ABO OGS. Différences entre les set-up et résultats en termes de rotations/alignement et torque
Mistakidis 2016 (30)	Revue systématique de la littérature	16 articles	Étudier l'efficacité des systèmes d'orthodontie linguale	L'orthodontie linguale personnalisée permet d'obtenir des résultats précis surtout dans les régions antérieures. Les régions postérieures (surtout les molaires) perdent en précision, surtout en termes de torque.	Les résultats de l'étude montrent que l'orthodontie linguale a des résultats encourageants en termes de précision des set-ups et résultats finaux obtenus.

Tableau 5 : Récapitulatif des articles inclus dans la revue systématique

2.4.2 Prédicibilité au niveau des canines

Il est important de noter que peu d'articles traitent de la dimension transversale d'arcade au sens pur, que ce soit en termes de distance inter-canine, prémolaire ou molaire. Les articles traitent surtout des différences de position entre le set-up et le résultat final, sans mentionner la quantité d'expansion demandée au départ, ce qui est en général laissé au technicien qui réalise le set-up. La prédicibilité du sens transversal sera appréciée en termes de torque et translation vestibulo-lingual. Les différents articles s'accordent sur le fait que le résultat clinique est prédictible si une dent se place à moins de 1mm du set-up en termes de translation mésio-distale, vestibulo-linguale et vertical et à moins de 4° en termes de torque, angulation mésio-distale et rotation axiale.

Lors de la création d'un set-up, le technicien aplatit la forme d'arcade. Cela conduit à une forme plus ronde, et plus large au niveau des canines à travers de l'expansion.

Grauer, Fontinha, Pauls, Albertini et Thalheim(22,23,25–27) rapportent dans leur étude que les appareils linguaux permettent de modifier la position des canines de manière prédictible avec une déviation d'environ 3° en termes de torque et 0.2mm en translation.

	Grauer(22)		Fontinha(23)		Pauls(25)		Albertini(31)		Thalheim(27)	
	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)
Maxillaire	0.49	3.78	/	2.4 +/- 3.3	0.26 +/- 0.28	3.65 +/- 2.71	/	-0.08 +/- 4.15	/	/
Mandibulaire	0.39	3.61	/	0.8 +/- 4.7	0.20 +/- 0.19	4.96 +/- 2.64	/	-0.57 +/- 2.95		

Tableau 6 : Prédicibilité des set-up au niveau des canines

Thalheim(27) ne s'est intéressé dans son étude princeps qu'aux canines mandibulaires. Il rapporte que les déviations moyennes vont de -0.8mm à 0.9mm. Il a noté également que la valeur moyenne de sur-correction par rapport au set-up était de 0.45mm et celle de sous-correction est de 0.52mm. L'auteur explique ces résultats par le fait que dans certains cas le traitement a été terminé avant expression complète du sens transversal par les arcs et que la distance inter-canine mandibulaire dépend majoritairement de la distance inter-canine maxillaire et qu'un manque transversal maxillaire

s'exprime obligatoirement par un défaut de correction a la mandibule afin d'avoir un guide canin satisfaisant.

Pauls(24) dans son étude de 2010 rapporte que la prédictibilité au niveau des segments antérieurs est satisfaisante (sans pour autant donner des valeurs chiffrées pour les canines).

Palone(28) étudie la précision des mouvements dentaires en calculant le rapport entre la position finale clinique des dents et la position idéale du set-up associé. Il rapporte les résultats suivants au niveau du secteur antérieur (incisives et canines regroupées) :

- Maxillaire : 53.72% +/- 28.39% de précision
- Mandibule : 67.18% +/- 27.09% de précision

Fontinha et Albertini(23,26) se sont aussi intéressés à la variation des distances transversales d'arcade pour étudier les variations de la forme. Ainsi, ils rapportent les résultats suivants :

- Pour Fontinha : 0.0mm +/- 0.6mm en distance inter-canine maxillaire et 0.4mm +/- 1mm distance inter-canine mandibulaire.
- Albertini : précision variant de 70% à 90% entre la distance inter-canine obtenue vs sur le set-up (une augmentation du sens transversal était demandée à travers tous les set-up)

L'appareil lingual personnalisé permet donc une bonne gestion du sens transversal canin et permet d'avoir une prédictibilité remarquable.

2.4.3 Prédicibilité au niveau des secteurs postérieurs

2.4.3.1 Secteur prémolaire

Quatre études (Grauer, Fontinha, Pauls et Albertini) (22,23,25,26) se sont intéressées à la prédictibilité des mouvements au niveau des prémolaires.

	Grauer(22)		Fontinha(23)		Pauls(25)		Albertini(31)	
	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)
Maxillaire	0.82	4.18	/	2.9	0.35	3.40	/	0.13
Mandibulaire	0.55	4.04	/	0.4	0.38	6.63	/	-1.05

Tableau 7 : Prédicibilité des set-up au niveau des 1e prémolaires

Au niveau des premières prémolaires maxillaires, les déviations en termes de torque et translation vestibulo-linguale sont faibles entre les set-up et résultat final. Grauer, Fontinha, Albertini et Pauls rapportent des déviations faibles en termes de torque (entre 3° et 4°) et de translation vestibulo-linguale (entre 0.2mm et 0.8mm). Albertini rapporte également une précision du mouvement de 85%. En ce qui concerne la mandibule, on observe des déviations plus importantes entre le set-up et le résultat final, mais la déviation retrouvée est assez homogène entre les études, entre 3.4° et 5.5° pour le torque et entre 0.2mm et 0.5mm.

	Grauer(22)		Fontinha(23)		Pauls(25)		Albertini(31)	
	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)
Maxillaire	1.03	4.37	/	6.1	0.86	4.47	/	1.12
Mandibulaire	0.62	3.64	/	-0.7	0.55	4.89	/	-0.29

Tableau 8 : Prédicibilité des set-up au niveau des 2^e prémolaires

Pour les 2^e prémolaires, les résultats divergent entre les différentes études :

- Au maxillaire, Grauer rapporte des différences de torque de 4.37° alors que Pauls rapporte des déviations de 2.50° pour la 15 et de 3.94° pour la 25. Fontinha rapporte des déviations de torque plus importants en moyenne de 6.1° alors que Albertini montre une différence de

torque de 1.12° avec une précision de 87%. En termes de translation, les résultats se raccordent entre les différentes études, avec des valeurs de translation vestibulo-lingual allant de 0.4mm à 1mm.

- A la mandibule, les études de Fontinha et Albertini rapportent des déviations faibles de torque d'environ -0.5°. Cependant ces résultats divergent de manière importante par rapport aux résultats trouvés par Pauls et Grauer qui vont de 4.4° à 5.4°. En termes de translation ces deux études se rejoignent et présentent des valeurs comprises entre 0.4mm et 0.6mm.

Concernant la variation de la dimension transversale au niveau du secteur prémolaire, Fontinha présente les résultats suivants :

- Au maxillaire : déviations moyennes des distances entre set-up et résultat clinique allant de 0.1mm à 0.5mm
- A la mandibule : déviations moyennes allant de 0.2mm à 0.3mm

Sur le secteur prémolaire, les distances inter-prémolaires ainsi que les valeurs de translation vestibulo-lingual sont prédictibles. Cependant le torque semble être moins prédictible entre les set-up et les résultats cliniques finaux.

2.4.3.2 Secteur molaire

Les différentes études se raccordent sur le fait que la prédictibilité des mouvements diminue d'avant en arrière et ainsi cette baisse de prédictibilité s'exprime le plus au niveau des molaires.

2.4.3.2.1 Premières molaires

Les premières molaires présentent des valeurs de prédictibilité qui restent dans les limites cliniques acceptables.

	Grauer(22)		Fontinha(23)		Pauls(25)		Albertini(31)	
	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)
Maxillaire	1.24	3.62	/	4.9	0.75	2.7	/	3.96
Mandibulaire	0.82	3.94	/	-2.6	0.90	5.0	/	-1.45

Tableau 9 : Prédictibilité des set-up au niveau des 1^e molaires

Pour Grauer(22) :

- Maxillaire : 1.24mm de déviation moyenne en termes de translation et 3.62° pour le torque
- Mandibule : 0.82mm de déviation pour la translation et 3.94° pour le torque

Pour Fontinha(23) :

- Maxillaire : 4.9° de déviation pour le torque exprimé en fin de traitement par rapport au set-up
- Mandibule : -2.6° de déviation pour le torque

Pour Pauls(25) :

- Maxillaire : 2.7° pour le torque et 0.75mm pour la translation
- Mandibule : 5.0° pour le torque et 0.90mm pour la translation

Pour Albertini(26) :

- Maxillaire : 3.96° pour le torque avec une précision de 60%
- Mandibule : -1.45° pour le torque avec une précision de 81%

En ce qui concerne les distances inter-molaires, Fontinha(23) montre qu'il y a une déviation moyenne de 1.1mm au maxillaire et de 0.4mm à la mandibule (sans avoir étudié la prédictibilité au niveau des 2^e molaires). Albertini rapporte aussi dans son étude qu'une augmentation générale des largeurs d'arcade a été mesurée sur les set-up, allant de 1.4mm à 2.5mm, et sur les modèles finaux ces augmentations des largeurs d'arcade allaient de 0.4mm à 1.4mm. Il note également que la précision du set-up était comprise entre 46% et 70%.

Les valeurs de prédictibilité diminuent au niveau des 1^e molaires pour le torque et la translation vestibulo-linguale. L'expansion obtenue est toujours inférieure d'environ 1mm à celle du set-up pré-thérapeutique.

2.4.3.2.2 Deuxièmes molaires

Les 2^e molaires sont le plus souvent des dents terminales, et sont donc sujets à un effet bras de levier plus important. Les études montrent que la prédictibilité des mouvements varie grandement au niveau des 2^e molaires, que ce soit en termes de torque ou de translation. De nombreux effets parasites sont observés et leurs causes seront mentionnés lors de la discussion de la revue systématique.

	Grauer(22)		Pauls(25)		Albertini(31)	
	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)	TVL (mm)	Torque (°)
Maxillaire	2.01	5.80	1.10	5	/	7.17
Mandibulaire	0.39	3.61	1.50	13.50	/	-3.68

Tableau 10 : Prédicibilité des set-up au niveau des 2^e molaires

Pour Grauer(32) :

- Maxillaire : 2.01mm de déviation pour la translation et 5.80° pour le torque
- Mandibule : 0.95mm de déviation en translation et 7.48° en torque

Pour Albertini(33) :

- Maxillaire : 7.17° de déviation de torque avec une précision de 52%
- Mandibule : -3.68° de déviation de torque avec une précision de 75%

Pour Pauls(25) :

- Maxillaire : environ 5° de déviation moyenne de torque et 1.10mm de déviation de translation
- Mandibule : 13.50° pour le torque et 1.50mm pour la translation

Il est intéressant de noter qu'Albertini montre qu'il y a même une constriction de l'arcade au niveau maxillaire sur les 2^e molaires, avec des valeurs de précision moyennes qui étaient négatives. Grauer mentionne également cela en disant qu'il y avait une tendance observée sur les résultats qui montraient que les molaires se retrouvaient dans une position plus en constriction et les incisives dans une position plus vestibuloversée que dans le set-up, ce qui suppose que l'aplatissement de l'arcade prévue dans le set-up ne s'exprime pas en totalité.

Les 2^e molaires sont les dents les moins prédictibles lors des traitements par appareils linguaux personnalisés. Des déviations importantes sont observées et une constriction de l'arcade au niveau postérieure est notable pour les 2^e molaires maxillaires

2.4.3.3 Prédicibilité globale

Mistakidis et al. concluent dans leur revue systématique de la littérature que l'orthodontie linguale personnalisée est une technique prédictible, sans pour autant préciser la prédictibilité de la dimension transversale. Ils notent également que les études qui ont été incluses présentaient des risques de biais majeurs. Selon eux, des études prospectives randomisées sont nécessaires afin d'affiner la validité scientifique des propos tenus en termes de prédictibilité.(30)

Alqatami et al. se sont intéressés à la prédictibilité de la technique Win en termes de score OGS. En effet le système OGS est utilisé pour évaluer la qualité des cas cliniques finis selon différents critères, dont l'expansion transversale et le torque. L'auteur rapporte que la technique linguale personnalisée est une technique de haute précision, ou 88% des cas finis auraient un score OGS satisfaisant pour réussir aux examens de l'ABO.(29) Plus précisément, en termes de torque, nous pouvons remarquer les résultats suivants en termes de points perdus lors de l'analyse OGS :

- 2.17 +/- 1.55 pour le set-up pré-thérapeutique
- 4.62 +/- 2.13 pour le résultat clinique final

Le résultat ne correspond donc pas tout à fait au set-up, et vu que le nombre de points perdus est supérieur, la fin du traitement est moins satisfaisante que le set-up.

2.5 Discussion

2.5.1 Biais présents dans les différentes études

2.5.1.1 Absence de randomisation et biais de sélection

Suite à l'analyse des articles, le premier biais constaté est l'absence de randomisation pour toutes les études(22,24,25,27–29,33,34). Les études étant des cohortes rétrospectives, les populations étudiées sont choisies à l'avance, et ne comprennent que les traitements finis et réussis, en effet, certaines études ont même exclu des patients qui n'ont pas fini le traitement en Classe I.(29) Des études prospectives et si possible randomisées sont nécessaires afin d'augmenter la puissance des études ainsi que leur validité scientifique.

2.5.1.2 Biais d'effet centre

Plusieurs études incluses n'ont été réalisées que dans un seul centre et par un seul praticien, ce qui conduit à un biais d'effet centre car l'expérience du praticien avec la technique étudiée influe de manière importante les résultats cliniques obtenus.

Une étude a inclus des traitements réalisés par des internes supervisés par des praticiens expérimentés.

2.5.1.3 Nombre de sujets présents dans les études et caractéristiques des populations

Les études incluses dans cette revue systématique présentent des populations étudiées de nombre très variable, allant de 12 patients à 94 patients. Les puissances des études sont donc variables, et afin de pouvoir conclure de manière scientifique des échantillons plus importants sont nécessaires.

De plus, la majorité des études sont de grade C selon les critères de la HAS, cette faible puissance diminue la fiabilité des conclusions apportées par les études.

Les populations étudiées dans les articles sont également hétérogènes, ce qui peut influencer les résultats. En effet, certaines études ont choisi d'inclure des patients mineurs(24–26,29). Or chez les mineurs, les déplacements dentaires sont facilités, ce qui permet une meilleure expression des informations contenues dans les arcs et le brackets, ce qui peut influencer la prédictibilité du traitement.

Les études présentent des populations non homogènes, avec une plus grande prévalence de femmes que d'hommes(22,24–26,28). Ceci est expliqué par le fait qu'à l'âge adulte, les femmes sont plus soucieuses de l'esthétique que les hommes, et ont donc recours plus facilement aux alternatives esthétiques. L'étude de Fontinha(23) ne présente aucunement les caractéristiques de la population étudiée.

2.5.1.4 Malocclusion initiale, type de traitement et accessoires utilisés

La malocclusion initiale influe grandement les résultats thérapeutiques. **En effet, plus elle est importante, plus les mouvements dentaires à réaliser sont importants et plus l'erreur augmente.** La majorité des études de cette revue présentent des malocclusions initiales variées afin d'obtenir le panel le plus représentatif possible de la population, or vu le nombre réduit de sujets la représentativité est relative et les valeurs de prédictibilité sont variables. Dans ces études, certains cas étaient même des cas avec extractions de prémolaires, ou une mécanique de fermeture d'espace a été mise en place.

Seule l'étude réalisée par Albertini et al. a essayé d'avoir une population initiale comparable (malgré le fait que la comparabilité n'ait pas été testée) afin de déterminer les valeurs de prédictibilité à la seule action de l'appareil lingual personnalisé. Ils ont inclus des patients en Classe I ou Classe II très légère.

De plus, la majorité des études ont inclus des traitements où des accessoires tels que des élastiques inter-arcades ont été utilisés. Or l'usage de ce type d'élastiques influence la position des dents qui supportent l'élastique, particulièrement les molaires par exemple où une utilisation d'élastiques de Classe II entraîne une mésio-rotation, égression de la cuspside distale ainsi qu'une inclinaison coronolinguale de la molaire mandibulaire si l'élastique est porté en vestibulaire, (en palatin l'effet inverse se produit pour la rotation et le torque).

Également, plusieurs études utilisent le plan d'occlusion maxillaire et mandibulaire pour effectuer les différentes mesures de positionnement des dents. En effet, les inclinaisons des molaires sont utilisées pour définir le plan d'occlusion de chaque arcade, or le plan d'occlusion est un élément variable qui évolue lors de traitements orthodontiques, surtout lors d'utilisation importante d'accessoires comme les élastiques de Classe II et III. Plusieurs études mentionnent l'utilisation de ce type d'accessoires, sans préciser la force et la durée d'utilisation, ce qui influe sur la position finale des dents. Grauer et al. (32) ont utilisé un système de coordonnées spatiales locales pour pallier ce biais, ce qui augmente la précision des valeurs de déviation.

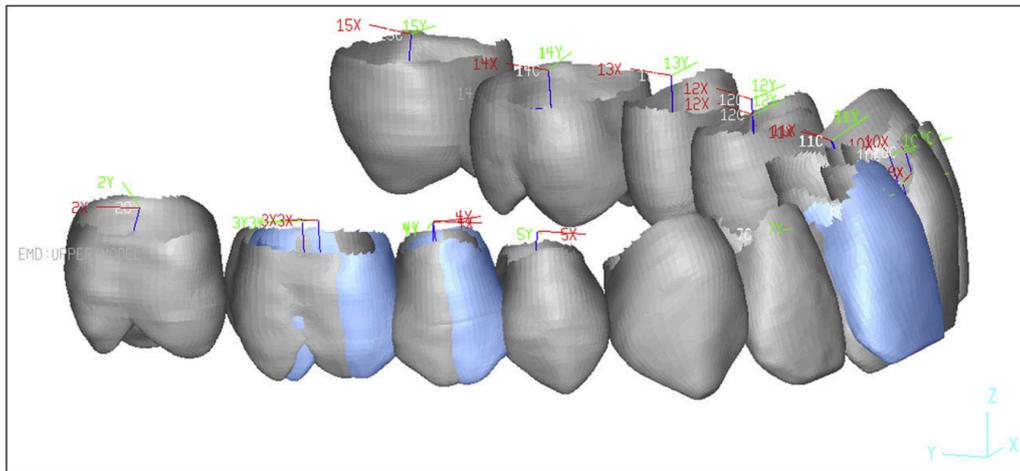


Figure 22 : Système de coordonnées locales pour mesurer la déviation de chaque dent

2.5.1.5 Utilisation d'empreintes en plâtre

Un biais retrouve de manière systématique dans les études est la perte de précision des mesures dues à l'utilisation de modèles dentaires en plâtre scannés. En effet, des empreintes conventionnelles sont réalisées, sans préciser le matériau d'empreinte, coulées en plâtre puis scannées à l'aide de scanners intra-oraux ou de laboratoire. Cette succession d'étapes avant d'arriver au modèle d'étude final en format STL conduit inévitablement à une perte d'information qui devient de plus en plus importante après chaque étape, et conduit donc à une perte de précision des mesures réalisées ce qui peut majorer ou minorer les valeurs de déviation obtenues. Hayashi et al. (35) ont montré que la performance des scanners intra-oraux est devenue extrêmement précise au cours de ces dernières années, et donc la prise d'empreinte numérique directement en bouche apporterait une plus grande précision lors des études futures.

2.5.1.6 Différents systèmes d'orthodontie linguale personnalisée étudiés

Plusieurs techniques d'orthodontie linguale personnalisée ont été incluses dans cette étude :

- Orthodontie linguale personnalisée par insertion ribbonwise (6 études)
- Orthodontie linguale personnalisée par insertion edgewise avec arcs personnalisés (1 étude)
- Orthodontie linguale personnalisée par insertion edgewise et arcs droits (1 étude)

Cela constitue un biais potentiel, car la biomécanique diffère entre l'insertion ribbonwise et edgewise. De plus, l'étude de Palone(28) présentait une particularité notable sur la technique utilisée. En effet, une phase préliminaire de nivellement était réalisée avec des arcs droits standardisés (après collage des attaches customisées), puis une fois ce nivellement réalisé après 4-5 mois, un nouveau scan des arcades dentaires était réalisé et c'est à ce stade que les arcs personnalisés étaient créés.

2.5.2 Perte de contrôle sur les dents postérieures

A travers toutes les études, les dents qui présentent les mouvements les moins prédictibles étaient les molaires maxillaires et mandibulaires.

Les déviations de position des molaires, plus particulièrement des 2^e molaires est en accord avec les articles publiés par l'American Board of Orthodontics(36,37), qui suggèrent que le nivellement des 2^e molaires peut être problématique et que par conséquent elles seraient les dents les plus déviées de leurs positions idéales thérapeutique.

De plus, nous observons des effets porte à faux important sur les secteurs terminaux du fil, qui correspondent aux zones de molaires. Ceci est dû à la moindre rigidité du fil et contribue à la perte d'information entre le set-up et le résultat thérapeutique final. Cet effet est d'autant plus marqué lors de l'utilisation des fils à insertion ribbonwise.

Une raison notable qui est à l'origine de ces déviations est l'utilisation fréquente de la chaînette élastomérique totale. L'effet parasite de la chaînette totale en lingual est le bowing transversal. Cet effet est le plus marqué au niveau des dents terminales, ce qui explique les valeurs de déviation importantes voire même les déviations négatives retrouvées sur les 2^e molaires, du fait de la constriction d'arcade causée par la chaînette. Cet effet est d'autant plus important si des extractions sont faites pour corriger la malocclusion, comme le montrent Komaki et al à travers leur analyse d'éléments finis tridimensionnel où ils ont simulé une fermeture d'espaces en technique linguale et vestibulaire avec des hauteurs de power-arm variables. Nous pouvons voir dans la figure une constriction importante des secteurs latéraux ce qui conduit à une perte d'information du sens transversal lors de la rétraction antérieure.(38) Cette étude est aussi en accord avec celle de Khattab et al. qui ont rapporté une diminution de la distance inter-molaire, une augmentation de la distance inter-canine ainsi qu'une diminution significative de la perte d'ancrage de la molaire maxillaire.(39)

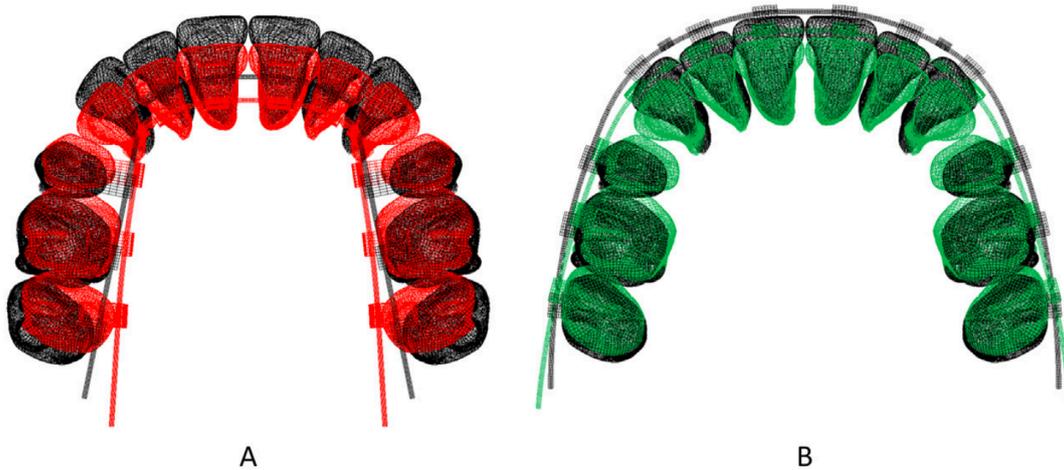


Figure 23 : Superpositions suite à la rétraction incisive en vestibulaire et lingual(39)

Il est important de mentionner également le lien entre l'application de torque au niveau des secteurs antérieurs et la perte du sens transversal. La technique linguale est réputée pour avoir un bon contrôle du torque antérieur, comme l'a montré Lossdörfer et al.(40) sur une étude menée sur tyodont en cire. L'étude a conclu qu'après un « jeu » initial entre l'arc et la gorge, l'arc full size exprimait en quasi-totalité l'information de torque qu'il contenait et que la relation entre le moment de torque et l'angle était quasiment linéaire.

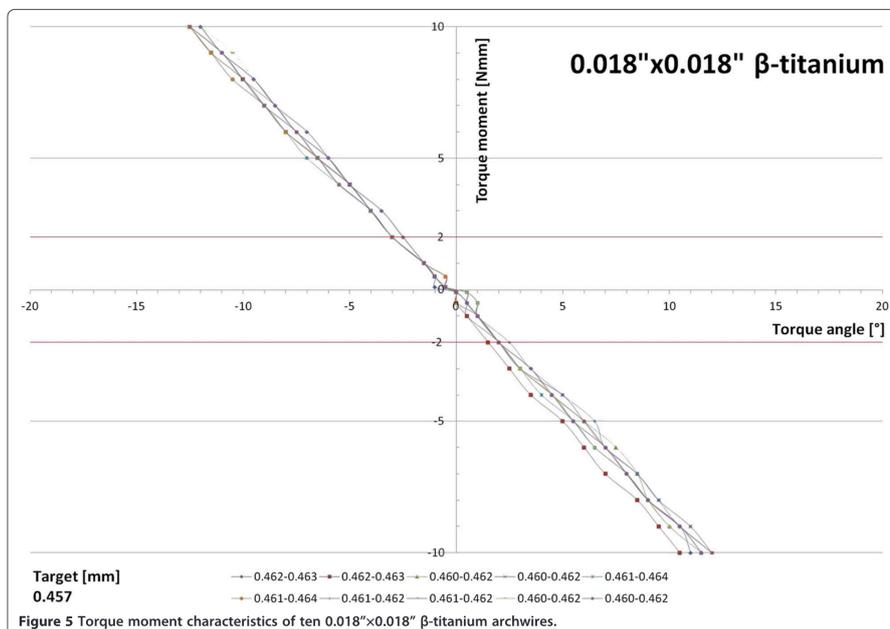


Figure 24 : Ratio moment de torque et angle pour un arc de finition 18.18 TMA

Par ailleurs, les articles de cette revue systématique montrent aussi une prédictibilité importante de la position finale des incisives par rapport au set-up, dans les 3 sens de l'espace. **Or, lorsque l'on insère un arc pré-torqué (torque radiculo-palatin) uniquement sur les secteurs antérieurs, le segment postérieur de l'arc passe au-dessus des couronnes des dents postérieures et a donc un effet d'ingression postérieur. Or les brackets étant linguaux, la force ingressive passe en lingual du centre de résistance entraînant un moment corono-palatin parasite, ce qui a pour résultat clinique une perte du sens transversal.** On observe cela couramment lors des phases de distalisation en masse avec application de torque antérieur ou lors des phases de fermeture d'espaces dans les cas d'extractions pour contrer l'effet de rabbiting incisif.

Pour pallier à cet effet parasite, Beyling et al suggèrent la rétraction par technique double câble sur 4 mini-implants maxillaires et l'application de 2cm d'expansion sur les arcs de rétraction.(41)



Figure 25 : Distalisation maxillaire en masse sur arc 16.24 acier avec 13 degrés d'extra torque radiculo-palatin et 2cm d'expansion postérieure

2.5.3 Comparaison de l'efficacité par rapport aux aligneurs et notion de surcorrection

Il est intéressant de comparer l'efficacité de la technique linguale à l'autre alternative orthodontique esthétique que sont les aligneurs transparents, notamment le système Invisalign. Nous pouvons également noter la présence accrue de littérature sur les aligneurs transparents par rapport à la technique linguale.

Plusieurs études se sont intéressées spécifiquement à l'expansion transversale avec le système Invisalign. (42–45) Chaque étude présentait la même conclusion : les aligneurs ne permettent pas de réaliser une expansion transversale de manière prédictible, en effet les valeurs de prédictibilité varient de 45% à 72%, et les variations entre le ClinCheck et le résultat clinique final sont statistiquement significativement différents. Les auteurs rapportent également un tipping molaire accentué(46), ainsi qu'une sous correction du sens transversal par rapport au ClinCheck. Ces études rejoignent les résultats trouvés par les études sur la technique linguale, où la précision diminue du secteur antérieur au secteur postérieur.

La surcorrection est une technique qui s'implémente de plus en plus sur les thérapies par aligneurs. En effet, le clinicien peut intégrer une surcorrection systématique dans ses préférences cliniques sur les mouvements les moins prédictibles, notamment la correction de la supraclusion, le torque, l'ingression et l'expansion. Bowman et al. (47) ont étudié la qualité des contacts occlusaux après traitement par aligneurs en comparant un groupe sans et un groupe avec des surcorrections appliquées lors du ClinCheck initial. **Ils rapportent qu'il y avait une différence statistiquement significative en termes de qualité des contacts occlusaux, surtout en postérieur, chez le groupe avec une surcorrection de l'expansion a été planifiée. Parallèlement, Palone et al. (48) ont conclu très récemment qu'une surcorrection d'environ 20% doit être incorporée dans le ClinCheck initial, afin d'obtenir le résultat clinique final obtenu, notamment sur les mouvements à risque comme le torque.**

Seulement 3 études de cette revue systématique ont mentionné la notion de surcorrection en orthodontie linguale(26,28,32), ce qui nous montre que cette notion n'est pas encore prise assez en compte dans cette technique, qui comme les gouttières transparentes, permettent un contrôle total du set-up par le clinicien. De plus, ces études ne quantifient pas la surcorrection nécessaire pour obtenir des résultats cliniques plus prédictibles.

2.5.4 Proposition de conduite à tenir pour une meilleure prédictibilité des set-up en technique linguale personnalisée

Tout d'abord, face à un déficit transversal supérieur ou égal à 3mm, un geste transversal pré-thérapeutique est essentiel car seul l'appareil lingual ne peut résoudre un tel déficit. La mise en place d'une disjonction orthopédico-chirurgicale, disjonction simple ou sur vis, ou un quadhélix peut s'avérer nécessaire afin de faciliter la phase d'orthodontie qui suit.

Compte tenu des résultats mis en valeurs lors de cette étude, et du fait que les techniques linguales personnalisées permettent au clinicien un contrôle accru des set-up pré-thérapeutiques, nous pouvons proposer les conduites à tenir suivantes afin d'augmenter la qualité des traitements en orthodontie linguale personnalisée, afin d'obtenir une expansion plus prédictible.

Lors des phases de **distalisation en masse ainsi que de fermeture d'espaces dans les cas d'extraction par rétraction antérieure**, pour éviter l'effet de contraction d'arcade :

- Commande **d'arcs pleine gorge avec surcorrection de torque antérieur** pour éviter l'effet rabbiting
- Ajouter **1-2cm d'expansion postérieure** lors de la commande de l'arc ou manuellement avant insertion en bouche
- **Éviter du mieux possible l'utilisation de chaînette élastomérique** couvrant toute l'arcade et préférer les chaînettes canine-canine. S'il y a besoin de fermer des espaces de manière réciproque, privilégier la technique double-câble, et réaliser une traction vestibulaire et linguale en même temps pour éviter l'effet bowing transversal.

Lorsque de l'expansion est demandée sur le set-up, demander les surcorrections suivantes sur les secteurs postérieurs :

Maxillaire	TVL (mm)	Torque (degrés)
Canines	/	/
Prémolaires	/	4
1 ^e molaire	1	4
2 ^e molaire	1.5	5

Tableau 11 : Valeurs de surcorrection maxillaires

Il est important de noter que ces valeurs sont des moyennes arbitraires, et que le clinicien doit adapter ces quantités de surcorrection à chaque cas, en fonction de la malocclusion initiale ainsi que des accessoires prévus d'être utilisés lors du traitement, de leur force ainsi que de leur intensité.

De plus, des valeurs de surcorrection ne seront pas données pour la mandibule du fait que l'arcade maxillaire « circonscrit » l'arcade mandibulaire, et que les déviations observées dans les études pourraient être causées par les déviations présentes sur les dents maxillaires. Il faudrait d'avantage d'études avec des valeurs plus prédictibles au maxillaire afin de voir s'il faut réaliser une surcorrection à la mandibule.

Ensuite, les études ont rapporté que les formes d'arcade finales étaient plus triangulaires que les set-up, c'est-à-dire que l'expansion ne s'est pas exprimée de manière suffisante. Les auteurs notent que cela est sûrement dû à une dépose de l'appareillage précoce, et que les arcs de finition devraient être laissés plus longtemps en bouche, afin que les informations des fils (en général en TMA pleine gorge) puissent être transmises aux dents. Cependant nous ne pouvons donner une valeur exacte au temps nécessaire afin que ces fils s'expriment en entièreté, car aucune étude ne s'est intéressée à cet aspect. Par ailleurs, les études ne précisent pas quel arc TMA est utilisé car plusieurs tailles existent.

Pour finir, afin de pallier un déficit transversal maxillaire, le praticien peut mettre en place le port d'élastiques en criss-cross. Cependant cela conduit plus à une version coronaire maxillaire et mandibulaire qu'à une expansion vraie, et augmente le sens vertical du fait des moments parasites d'égression. L'indication de ce type d'élastiques reste au bon jugement du clinicien.

Conclusion

L'orthodontie linguale personnalisée est une technique prédictible qui permet d'avoir des résultats cliniques finaux similaires au set-up dans sa globalité. Cependant cette prédictibilité diminue au niveau des secteurs postérieurs en termes d'expansion transversale. La littérature montre qu'il y a des déviations significatives entre les set-up et résultats cliniques. L'expansion est possible théoriquement, avec l'aide d'accessoires appropriés, mais le résultat en général est en deca de celui espéré et planifié.

L'expansion transversale d'arcade se fait principalement par version corono-vestibulaire et non par translation pure qui est en général voulue. Pour obtenir une expansion plus efficace il faut surcorriger les mouvements dentaires lors de la phase du set-up pré-thérapeutique, notamment en rajoutant de la translation vestibulo-linguale des couronnes ainsi que du torque radiculo-vestibulaire afin de pallier la version coronaire.

Dans tous les cas, l'efficacité de la technique linguale personnalisée est augmentée en réunissant les trois facteurs suivants : diagnostic précis, une planification cohérente et individualisée et une maîtrise de la biomécanique propre à la technique choisie.

D'avantages d'études sont cependant nécessaires afin d'affiner la précision des set-up, et afin de déterminer des valeurs de surcorrection de plus en plus précises qui pourraient peut-être un jour être directement intégrées par l'ingénieur qui réalise le set-up.

Bibliographie

1. Suri L, Taneja P. Surgically assisted rapid palatal expansion: A literature review. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008 Feb;133(2):290–302.
2. Agostino P, Ugolini A, Signori A, Silvestrini-Biavati A, Harrison JE, Riley P. Orthodontic treatment for posterior crossbites. *Cochrane Oral Health Group, editor. Cochrane Database of Systematic Reviews [Internet]*. 2014 Aug 8 [cited 2022 Jul 5]; Available from: <https://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD000979.pub2>
3. BOILEAU M-J, *Orthodontie de l'enfant et du jeune adulte. Principes et moyens thérapeutiques. Tome 1*. 2011.
4. Haddadi Y, Bahrami G, Isidor F. Accuracy of Intra-oral Scans Compared to Conventional Impression in Vitro. *Prim Dent J*. 2019 Sep;8(3):34–9.
5. Pérez IE, Chávez AK, Ponce D. CEPHALOMETRIC NORMS FROM POSTEROANTERIOR RICKETTS' CEPHALOGRAMS FROM HISPANIC AMERICANS PERUVIAN NON ADULT PATIENTS. *Acta Odontol Latinoam*. 2011;24:7.
6. Angelieri F, Cevidanes LHS, Franchi L, Gonçalves JR, Benavides E, McNamara Jr JA. Midpalatal suture maturation: Classification method for individual assessment before rapid maxillary expansion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013 Nov;144(5):759–69.
7. Brunetto DP, Sant'Anna EF, Machado AW, Moon W. Non-surgical treatment of transverse deficiency in adults using Microimplant-assisted Rapid Palatal Expansion (MARPE). *Dental Press J Orthod*. 2017 Feb;22(1):110–25.
8. Gomes SGF, Custodio W, Jufer JSM, Cury AADB, Garcia RCMR. Mastication, EMG Activity and Occlusal Contact Area in Subjects with Different Facial Types. *CRANIO®*. 2010 Oct;28(4):274–9.
9. Le Gall M, Philip C, Bandon D. Les anomalies maxillo-mandibulaires du sens transversal chez l'enfant. *Archives de Pédiatrie*. 2009 Feb;16(2):209–13.
10. CANAL P, DELSOL L, WIECHMANN D, *Orthodontie linguale*. 2016.
11. Jeon JY, Choi SH, Chung CJ, Lee KJ. The success and effectiveness of miniscrew-assisted rapid palatal expansion are age- and sex-dependent. *Clin Oral Invest*. 2022 Mar;26(3):2993–3003.
12. Chun JH, de Castro ACR, Oh S, Kim KH, Choi SH, Nojima LI, et al. Skeletal and alveolar changes in conventional rapid palatal expansion (RPE) and miniscrew-assisted RPE (MARPE): a prospective randomized clinical trial using low-dose CBCT. *BMC Oral Health*. 2022 Dec;22(1):114.
13. Bernard-Granger C, Filippi R, Cresseaux P. Une approche originale du sens transversal en technique linguale. Flageul F, editor. *Rev Orthop Dento Faciale*. 2018 Apr;52(2):135–45.
14. Inami T, Ito G, Miyazawa K, Tabuchi M, Goto S. Ribbon-wise customized lingual appliance and orthodontic anchor screw for the treatment of skeletal high-angle maxillary protrusion without bowing effect. *The Angle Orthodontist*. 2018 Nov 1;88(6):830–40.

15. Garib DG, Henriques JFC, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: A computed tomography evaluation. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2006 Jun;129(6):749–58.
16. Billings B, Helms L, Kula K, Utreja A, Eckert G, Ghoneima A. Three-dimensional evaluation of molar buccolingual inclinations after orthodontic treatment using edgewise mechanics. *International Orthodontics*. 2017 Sep;15(3):529–42.
17. Ballanti F, Lione R, Fanucci E, Franchi L, Baccetti T, Cozza P. Immediate and post-retention effects of rapid maxillary expansion investigated by computed tomography in growing patients. *Angle Orthod*. 2009 Jan;79(1):24–9.
18. Motoyoshi M, Shirai S, Yano S, Nakanishi K, Shimizu N. Permissible limit for mandibular expansion. *European Journal of Orthodontics*. 2005 Jan 1;27(2):115–20.
19. Greenbaum KR, Zachrisson BU. The effect of palatal expansion therapy on the periodontal supporting tissues. *American Journal of Orthodontics*. 1982 Jan;81(1):12–21.
20. Romano R. Concepts on Control of the Anterior Teeth Using the Lingual Appliance. *Seminars in Orthodontics*. 2006 Sep;12(3):178–85.
21. Geron S, Romano R, Brosh T. Vertical Forces in Labial and Lingual Orthodontics Applied on Maxillary Incisors—A Theoretical Approach. *Angle Orthodontist*. 2004;74(2):7.
22. Grauer D, Proffit WR. Accuracy in tooth positioning with a fully customized lingual orthodontic appliance. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2011 Sep;140(3):433–43.
23. Fontinha C, Cattaneo PM, Cornelis MA. How efficient is customized lingual orthodontics? An assessment of treatment outcome. *Orthod Craniofac Res*. 2021 May 31;ocr.12494.
24. Pauls AH. Therapeutic Accuracy of Individualized Brackets in Lingual Orthodontics. *J Orofac Orthop*. 2010 Sep;71(5):348–61.
25. Pauls A, Nienkemper M, Schwestka-Polly R, Wiechmann D. Therapeutic accuracy of the completely customized lingual appliance WIN: A retrospective cohort study. *J Orofac Orthop*. 2017 Jan;78(1):52–61.
26. Albertini P, Albertini E, Pellitteri F, Ghislanzoni LH, Lombardo L. Accuracy of planned tooth movement with lingual straight wire technique. *The Angle Orthodontist*. 2022 Nov 1;92(6):714–21.
27. Thalheim A, Schwestka-Polly R. Klinische Umsetzbarkeit eines Setups in der lingualen Orthodontie. *Inf Orthod Kieferorthop*. 2008 Dec;40(04):277–82.
28. Palone M, Scuro M, Albertini P, Lucci MA, Salvatore R, Cremonini F. Effectiveness of Fully Customized Lingual Orthodontic Treatment: A Retrospective Pilot Study. *Pesqui Bras Odontopediatria Clín Integr*. 2021;21(suppl 1):e0032.
29. AlQatami FM, Alouini O, Knösel M, Helms HJ, Schwestka-Polly R. Objective treatment outcome assessment of a completely customized lingual appliance: A retrospective study. *International Orthodontics*. 2021 Sep;19(3):445–52.

30. Mistakidis I, Katib H, Vasilakos G, Kloukos D, Gkantidis N. Clinical outcomes of lingual orthodontic treatment: a systematic review. *European Journal of Orthodontics*. 2016 Oct 1;38(5):447–58.
31. Albertini P, Mazzanti V, Mollica F, Lombardo L, Siciliani G. Comparative analysis of passive play and torque expression in self-ligating and traditional lingual brackets. *J Orofac Orthop*. 2022 Jan;83(1):13–22.
32. Grauer D, Proffit WR. Accuracy in tooth positioning with a fully customized lingual orthodontic appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 Sep;140(3):433–43.
33. Albertini P, Albertini E, Pellitteri F, Ghislanzoni LH, Lombardo L. Accuracy of planned tooth movement with lingual straight wire technique. *The Angle Orthodontist* [Internet]. 2022 Aug 29 [cited 2022 Oct 16]; Available from: <https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/doi/10.2319/031522-220.1/485304/Accuracy-of-planned-tooth-movement-with-lingual>
34. Fontinha C, Cattaneo PM, Cornelis MA. How efficient is customized lingual orthodontics? An assessment of treatment outcome. *Orthod Craniofac Res*. 2022 Feb;25(1):73–81.
35. Hayashi K, Sachdeva AUC, Saitoh S, Lee SP, Kubota T, Mizoguchi I. Assessment of the accuracy and reliability of new 3-dimensional scanning devices. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013 Oct;144(4):619–25.
36. Campbell CL, Roberts WE, Hartsfield JK, Qi R. Treatment outcomes in a graduate orthodontic clinic for cases defined by the American Board of Orthodontics malocclusion categories. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2007 Dec;132(6):822–9.
37. Yang-Powers LC, Sadowsky C, Rosenstein S, BeGole EA. Treatment outcome in a graduate orthodontic clinic using the American Board of Orthodontics grading system. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2002 Nov;122(5):451–5.
38. Komaki H, Hamanaka R, Tominaga J ya, Jinnai S, Nguyen TA, Kuga D, et al. Biomechanical features of tooth movement from a lingual appliance in comparison with a labial appliance during space closure in sliding mechanics. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2022 Sep;162(3):307–17.
39. Khattab TZ, Hajeer MY, Farah H, Al-Sabbagh R. Maxillary dental arch changes following the leveling and alignment stage with lingual and labial orthodontic appliances: a preliminary report of a randomized controlled trial. *J Contemp Dent Pract*. 2014 Sep 1;15(5):561–6.
40. Lossdörfer S, Bieber C, Schwestka-Polly R, Wiechmann D. Analysis of the torque capacity of a completely customized lingual appliance of the next generation. *Head Face Med*. 2014 Dec;10(1):4.
41. Beyling F, Klang E, Niehoff E, Schwestka-Polly R, Helms HJ, Wiechmann D. Class II correction by maxillary en masse distalization using a completely customized lingual appliance and a novel mini-screw anchorage concept – preliminary results. *Head Face Med*. 2021 Dec;17(1):23.
42. Lione R, Paoloni V, Bartolommei L, Gazzani F, Meuli S, Pavoni C, et al. Maxillary arch development with Invisalign system: The Angle Orthodontist. 2021 Jul 1;91(4):433–40.

43. Solano-Mendoza B, Sonnemberg B, Solano-Reina E, Iglesias-Linares A. How effective is the Invisalign® system in expansion movement with Ex30' aligners? *Clin Oral Invest.* 2017 Jun;21(5):1475–84.
44. Houle JP, Piedade L, Todescan R, Pinheiro FHSL. The predictability of transverse changes with Invisalign. *The Angle Orthodontist.* 2017 Jan 1;87(1):19–24.
45. Riede U, Wai S, Neururer S, Reistenhofer B, Riede G, Besser K, et al. Maxillary expansion or contraction and occlusal contact adjustment: effectiveness of current aligner treatment. *Clin Oral Invest.* 2021 Jul;25(7):4671–9.
46. Papageorgiou SN, Koletsi D, Iliadi A, Peltomaki T, Eliades T. Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. *European Journal of Orthodontics.* 2020 Jun 23;42(3):331–43.
47. Bowman E, Bowman P, Weir T, Dreyer C, Meade MJ. Occlusal contacts and treatment with the Invisalign appliance: a retrospective analysis of predicted vs achieved outcomes. *The Angle Orthodontist* [Internet]. 2023 Feb 13 [cited 2023 Feb 22]; Available from: <https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist/article/doi/10.2319/102822-738.1/490738/Occlusal-contacts-and-treatment-with-the>
48. Palone M, Pignotti A, Morin E, Pancari C, Spedicato GA, Cremonini F, et al. Analysis of overcorrection to be included for planning clear aligner therapy: a retrospective study. *The Angle Orthodontist.* 2023 Jan 1;93(1):11–8.

Table des figures

Figure 1 : Capture d'écran issu de l'application Myltero comprenant les empreintes d'un patient faites avec la caméra optique Itero 5D. Chaque élément est manipulable afin d'observer la malocclusion sous différents angles. (collection personnelle)	20
Figure 2: Points et ligne de référence céphalométriques selon Ricketts(5)	21
Figure 3 : Utilisation de CBCT pour déterminer le stade de maturation de la suture palatine transverse(6)	21
	22
Figure 4 : Le CBCT permet d'apprécier de manière précise l'orientation des procès alvéolaires, de la quantité de corticale présente ainsi que de la maturation de la suture palatine (7)	22
Figure 5 : Endognathie maxillaire avec occlusion inversée bilatérale, cas de Classe III (collection personnelle)	23
Figure 6 : Endognathie maxillaire avec occlusion inversée unilatérale droite, cas de Classe II.2 (collection personnelle)	23
Figure 7 : Exognathie maxillaire (collection personnelle)	24
Figure 8 : Disjoncteur amovible sur double tube molaire(10)	26
Figure 9 : disjoncteur à appui osseux (source Google Images)	26
Figure 10 : Disjoncteur fixé sur l'arc avant une ostéotomie de Lefort I pour expansion basale transversale(13)	28
Figure 11 : Arc transpalatin sur double tube et gouttière thermoformée en guise de contention palatine post-opératoire, il est important de noter que la gouttière recouvre le palais et a une épaisseur suffisante qui lui confère une rigidité suffisante pour le maintien de la dimension transversale(10)	28
Figure 12 : Set-up d'une patiente présentant des arcades contractées. Le set-up a été demandé avec des augmentations des distances inter-molaires et inter-canines afin de corriger la forme d'arcade. Il en a résulté une augmentation de ces distances de 2.2mm et 2.3mm au maxillaire et de 2.6mm et 2.3mm a la mandibule (collection personnelle)	30
Figure 13 : Arc 16.24 acier avec 13 degrés de torque radiculo-palatin et 1cm d'expansion transversale totale en technique Incognito (collection personnelle)	31
Figure 14 : Comparaison des forces appliquées lors de la rétraction incisive(20)	33
Figure 15 : Utilisation de power-arm pour se rapprocher du centre de résistance du bloc incisif lors de la rétraction en masse(14)	34
Figure 16 : Schématisation des mouvements d'expansion sur les molaires maxillaires	35

Figure 17 : Schématisation de l'effet bowing transversal (source Google Images)	36
Figure 18 : Rétraction antérieure en masse à l'aide de 2 mini implants palatins (collection personnelle)	37
Figure 19 : Perte du 1e ordre au niveau des 2e prémolaires dans un cas d'extraction (collection personnelle)	37
Figure 20 : Diagramme de flux de sélection des articles	44
Figure 21 : Répartition des études par année	45
Figure 22 : Système de coordonnées locales pour mesurer la déviation de chaque dent	57
Figure 23 : Superpositions suite à la rétraction incisive en vestibulaire et lingual(39)	59
Figure 24 : Ratio moment de torque et angle pour un arc de finition 18.18 TMA	59
Figure 25 : Distalisation maxillaire en masse sur arc 16.24 acier avec 13 degrés d'extra torque radiculo-palatin et 2cm d'expansion postérieure	60

Table des tableaux

Tableau 1 : Critères d'inclusion et d'exclusion	41
Tableau 2 : Description des différents niveaux de preuve selon la HAS.....	42
Tableau 3 : Évaluation de la qualité des études selon la HAS.....	43
Tableau 4 : Puissance des études	45
Tableau 5 : Récapitulatif des articles inclus dans la revue systématique	47
Tableau 6 : Prédicibilité des set-up au niveau des canines	48
Tableau 7 : Prédicibilité des set-up au niveau des 1 ^e prémolaires	50
Tableau 8 : Prédicibilité des set-up au niveau des 2 ^e prémolaires	50
Tableau 9 : Prédicibilité des set-up au niveau des 1 ^e molaires.....	51
Tableau 10 : Prédicibilité des set-up au niveau des 2 ^e molaires.....	53
Tableau 11 : valeurs de surcorrection maxillaires	63

Titre de la thèse : Orthodontie linguale individualisée et expansion transversale d'arcade : revue systématique de la littérature

Résumé :

Objectif : évaluer l'efficacité de l'appareil lingual personnalisé à réaliser de l'expansion transversale d'arcade par l'unique action des arcs orthodontiques à travers une revue systématique de la littérature. **Matériel et méthodes :** neuf articles provenant de différentes bases de données ont été inclus dans cette étude. Nous avons analysé l'expansion effectuée grâce à la comparaison entre la position finale des dents et celle présente sur le set-up pré-thérapeutique. **Résultats :** l'appareil lingual personnalisé permet d'obtenir une expansion satisfaisante sur le plan global. La position finale des dents correspond au set-up pré-thérapeutique. Cependant nous observons des erreurs de positionnement qui deviennent de plus en plus importantes en allant vers les secteurs postérieurs, ces erreurs étant les plus importantes au niveau des deuxièmes molaires. **Conclusion :** une sur correction doit être demandée lors des set-up afin d'obtenir un résultat clinique final identique à celui du set-up. Il faut également anticiper les effets parasites des différentes mécaniques tels que la rétraction incisive l'utilisation d'élastiques afin de contrôler au mieux l'expression des informations contenues dans les arcs.

Discipline :

Orthopédie dento-faciale

Mots clés français (fMeSH et Rameau) :

[Orthodontie ; Appareil lingual personnalisé ; Prédicibilité ; Set-up ; Expansion transversale]

English keywords (MeSH) :

[Orthodontics ; Customized lingual appliance ; Predictability ; Set-up ; Transversal expansion]

Vu, Le Président du Jury, Date, Signature :

Vu, la Directrice de l'UFR des Sciences Odontologiques, Date, Signature :

Vu, le Président de l'Université de Bordeaux, Date, Signature :

Collège des Sciences de la Santé

UFR des Sciences Odontologiques

Serment

En présence de mes Maîtres et de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de l'art dentaire.

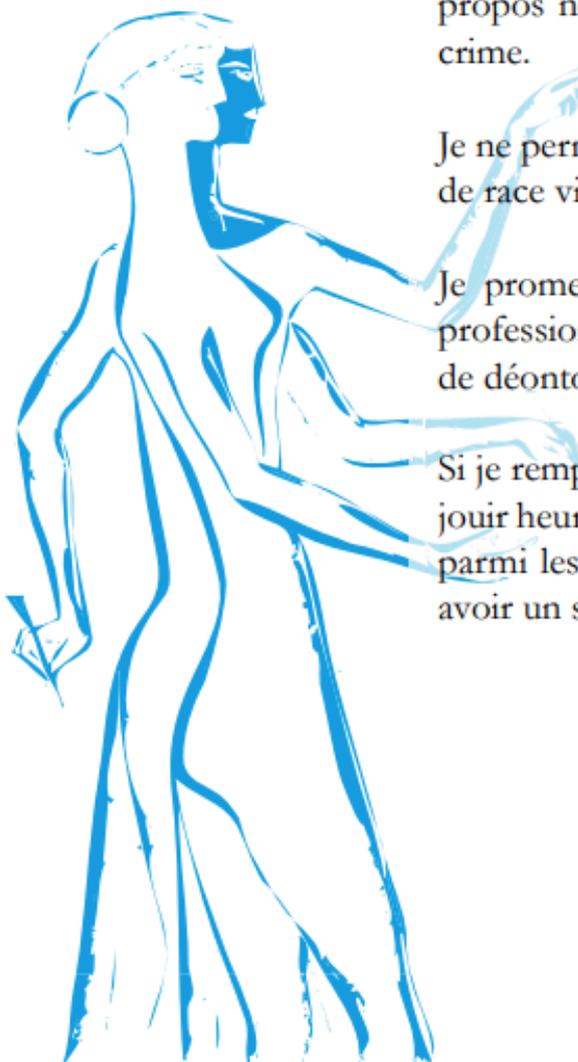
Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un honoraire au-dessus de mon travail. Ma langue taira les secrets qui me seront confiés. Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Mes connaissances et mon état ne serviront ni à diffuser des propos non avérés, ni à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

Je ne permettrai pas que des conditions de croyance, de nation et de race viennent s'interposer entre mon devoir et mon patient.

Je promets et je jure de conformer strictement ma conduite professionnelle aux principes et aux règles prescrites par le code de déontologie.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.



Titre : Orthodontie linguale individualisée et expansion transversale d'arcade : revue systématique de la littérature

Résumé :

Objectif : évaluer l'efficacité de l'appareil lingual personnalisé à réaliser de l'expansion transversale d'arcade par l'unique action des arcs orthodontiques à travers une revue systématique de la littérature. **Matériel et méthodes :** neuf articles provenant de différentes bases de données ont été inclus dans cette étude. Nous avons analysé l'expansion effectuée grâce à la comparaison entre la position finale des dents et celle présente sur le set-up pré-thérapeutique. **Résultats :** l'appareil lingual personnalisé permet d'obtenir une expansion satisfaisante sur le plan global. La position finale des dents correspond au set-up pré-thérapeutique. Cependant nous observons des erreurs de positionnement qui deviennent de plus en plus importantes en allant vers les secteurs postérieurs, ces erreurs étant les plus importantes au niveau des deuxièmes molaires. **Conclusion :** une sur correction doit être demandée lors des set-up afin d'obtenir un résultat clinique final identique à celui du set-up. Il faut également anticiper les effets parasites des différentes mécaniques tels que la rétraction et l'utilisation d'élastiques afin de contrôler au mieux l'expression des informations contenues dans les arcs.

Mots clés :

[Orthodontie ; Appareil lingual personnalisé ; Prédicibilité ; Set-up ; Expansion transversale]

Title: Customized lingual orthodontics and transversal expansion: a systematic review

Abstract :

Objective: evaluate the efficacy of customized lingual appliances in achieving transversal expansion with the orthodontic arch wires. **Materials and methods:** nine scientific articles issued from multiple sources were selected. Efficacy of transverse expansion was assessed by comparing the clinical outcome and the pretherapeutic set-up. **Results:** customized lingual appliances are efficient in achieving transverse expansion of the arches and the final treatment outcome corresponds to the initial set-up. However, discrepancies increased significantly from the anterior to the posterior teeth and second molars had the most important deviations compared to the set-up. **Conclusion:** overcorrection should be demanded during the set-up phase to increase the predictability of the set-up. The anticipation of adverse effects during clinical phases such as en masse retraction and intermaxillary elastics use is needed to control them and allow for the full expression of the information contained in the brackets and arch wires.

Key words :

[Orthodontics ; Customized lingual appliance ; Predictability ; Set-up ; Transversal expansion]