

L'ancrage chez l'adulte

Laurent MORGON*

68 rue Montgolfier, 69006 Lyon, France

1. Introduction

L'ancrage orthodontique est défini comme la possibilité de limiter les mouvements de certaines dents afin d'obtenir le déplacement d'autres unités dentaires.

Chez l'adulte, la diminution du nombre de dents et la perte osseuse entraînent des modifications importantes de l'ancrage naturel [11]. La perte d'ancrage, préjudiciable à l'obtention des objectifs du traitement, a été résolue par l'utilisation de dispositifs intra- et extra-oraux dont l'esthétique discutable chez l'adulte, nécessitent une très grande coopération [27, 77, 102, 106].

Creekmore (en [68]) a été l'un des premiers en 1983 à décrire un ancrage squelettique et, depuis, ces dispositifs se sont développés chez l'adulte. Pour Melsen et Costa [70], qui les classent en trois catégories (les implants axiaux, les mini-vis et les mini-plaques), ces nouveaux auxiliaires d'ancrage permettent de réaliser des mouvements d'ingression qui rendent obsolètes les forces extra-orales et les dispositifs amovibles d'ancrage conventionnels [29].

2. Les implants

2.1. Les implants axiaux, rétro-molaires et tubérositaires

Les implants axiaux sont les mêmes qu'en implantologie prothétique [36]; une fois ostéo-intégrés, ils servent d'ancrage aux forces orthodontiques [109].

Même si leur taux d'échec est très faible, ils présentent de nombreux inconvénients : leur taille les prédispose à être insérés dans les zones édentées, leur pose nécessite un temps chirurgical et des étapes de laboratoire afin de connecter l'implant aux unités d'ancrage ; de plus, une période de latence de trois

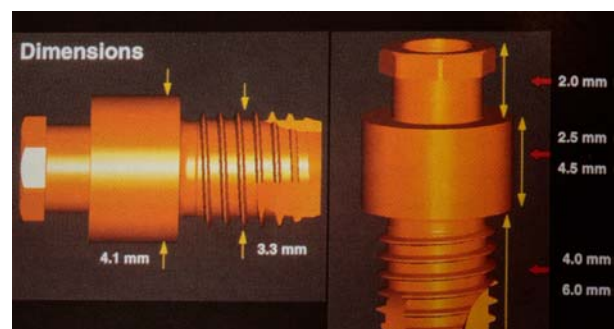


Figure 1
Ortho-système®.

mois est requise pour permettre l'ostéo-intégration et la mise en charge de l'implant [97].

Leur coût, s'ils ne servent pas comme implants prothétiques en fin de traitement, ainsi que leur dépose chirurgicale est un frein à leur utilisation [77, 106].

2.2. Les implants palatins

2.2.1. Les implants endo-osseux

Les implants utilisés sont l'Ortho-système® (Straumann), le Graz-Implant et l'implant épithétique court de Brånemark® (Nobel Biocare) [11].

L'Ortho-système® (Fig. 1)

Cet implant en titane pur de grade IV est une vis auto-taroudante de 3,3 mm de diamètre et de 4 à 6 mm de longueur positionnée dans la suture intermaxillaire [104]. Un traitement de surface permet de limiter la durée de cicatrisation, mais une période de trois mois est préférable avant sa mise en charge [105], comme le montrent les études de Jackson, *et al.* [37], de Jung, *et al.* [39] et d'Arcuri, *et al.* [2].

Les travaux de Bernhart, *et al.* en 2001 [9] révèlent un taux d'échec de 15 % à 23 mois. Ces résultats sont confirmés en 2008 par Sandler et

* Auteur pour correspondance : laurent.morgon@wanadoo.fr

Göllner [87] et par une étude de Wehrbein en 2010 [105] qui révèle un taux de succès de 91 %. Asscherickx, *et al.* [5] en 2010 conclut à l'absence de corrélation entre le taux d'échec, l'âge des patients, le sexe, la stabilité primaire ou le type de superstructure associée. Les avantages de ces implants sont nombreux pour Wehrbein, *et al.* [106] :

- Excellente stabilité et très bon contrôle tri-dimensionnel de l'ancrage.
- Dépose peu traumatique avec une cicatrisation osseuse rapide [32].
- Zone d'implantation bien déterminée (zone paramédiane et médiane du palais) ne présentant aucun danger pour les racines.
- Implant multi-fonctionnel par modification simple de la superstructure.

Ils trouvent leur indication principale dans la distalisation des molaires en associant un Pendulum [8, 39, 107], ainsi que lors du recul en masse des incisives lors des cas d'extraction de prémolaires avec une perte d'ancrage limitée [2, 34, 105]. Ces implants peuvent aussi servir à l'ingression molaire et sont particulièrement indiqués pour les mouvements de recul asymétriques [77]. Cependant, ils présentent les mêmes inconvénients que les implants prothétiques à savoir leur coût et leur délai de cicatrisation lié à l'ostéo-intégration.

2.2.2. Les Onplants (Fig. 2 a et 2b)

Block et Hoffmann présentent en 1995 [10] un ancrage palatin ne nécessitant pas de forage osseux, l'Onplant® (Nobel Biocare). Ce disque en titane de 2 mm d'épaisseur et 10 mm de diamètre positionné au palais possède une surface en contact avec l'os, recouverte d'une couche d'hydroxyapatite, alors que la surface en regard des tissus mous présente en son centre un pertuis permettant le vissage d'un pilier implantaire.

La stabilité de cet implant est suffisante pour assurer un renfort d'ancrage, mais beaucoup moins que l'Ortho-système® qui doit lui être préféré [33].

3. Les mini-plaques (Fig. 3)

Ces plaques en titane vissées en L, I, T ou Y avec des vis mono-corticales (1,2 à 2 mm de diamètre, 4 à 6 mm de long) ont été décrites par De Clerck, *et al.* [24] et Chung, *et al.* [17] en 2002. Elles sont

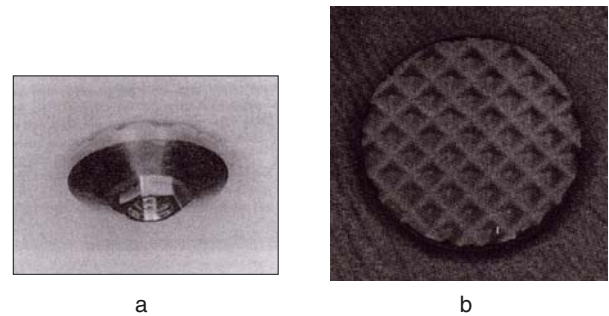


Figure 2
(a) et (b) : Onplants.

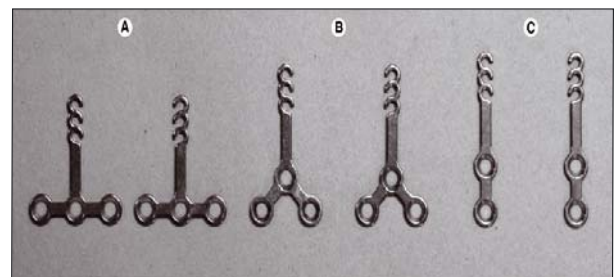


Figure 3
Mini-plaques.

ajustées à la surface de l'os à l'aide de deux à quatre mini-vis, un tube émergeant de la fibro-muqueuse faisant le lien entre la plaque et l'élément de fixation nécessaire au renfort d'ancrage [68].

Le design de la plaque n'aurait pas d'importance sur la stabilité, comme le révèle l'étude de Veziroglu, *et al.* en 2008 [102], bien que Sugawara [92] estime que les plaques en L s'utilisent plus pour l'ingression et la distalisation des molaires mandibulaires alors que les plaques en Y sont mieux adaptées à l'arcade maxillaire.

Les principales indications de ces mini-plaques sont :

- La distalisation molaire : les résultats de Sugawara [95] révèlent un recul des couronnes des molaires supérieures en moyenne de 3,8 mm et de 3,2 mm au niveau des racines. Pour Cornelis et De Clerck [20], le recul est de 3,3 mm au niveau des molaires supérieures en 7 mois.
- L'ingression des molaires maxillaires : Sherwood, *et al.* [89] et Sugawara [90] estiment qu'une force de 500 g induit un mouvement d'ingression (2 à 3 mm) provoquant la fermeture de béances antérieures et une diminution du FMA de 3°. Ces forces lourdes engendreraient cependant une résorption des racines mésiales des molaires supérieures [3].

Pour Umemori, *et al.* [99] et Sugawara, *et al.* [91, 93], l'ingression des molaires mandibulaires sur des patients hyperdivergents est d'en moyenne de 2 à 3 mm avec une récurrence d'environ 30 %. Cependant, ces résultats n'ont pas été confirmés par une étude randomisée [29].

Kuroda, *et al.* en 2007 [52] compare les effets verticaux sur deux échantillons d'hyperdivergents traités avec un Lefort I d'impaction ou des mini-plaques d'ingression : il existe une plus grande égression des incisives supérieures dans le groupe chirurgical (qui a contribué à fermer la béance) et une diminution en moyenne de 4 mm de la hauteur faciale antérieure dans les deux groupes.

- Leur valeur d'ancrage est bien supérieure à celle d'une force extra-orale lors du recul des incisives [112] et la durée du traitement est diminuée de plusieurs mois (Benson, *et al.* en 2007 [8] et Eroglu, *et al.* en 2010 [28]).
- Recul en masse des dents maxillaires et mandibulaires pour corriger les biproalvéolies et les encombrements [92, 95].
- Fermeture des espaces par mésialisation postérieure [31].

Les travaux portant sur leur stabilité pendant le traitement montrent un taux d'échec de 7 à 10 % [15, 21, 38, 72]. Seules les études de Kuroda, *et al.* en 2007 [51] et Sugawara en 2008 [92] divergent puisqu'elles révèlent respectivement un taux succès de 80 % et 100 %.

Leur pose selon un axe de 30° par rapport aux racines des molaires serait un facteur de stabilité ; de plus, en étant placées plus apicalement, elles permettent d'éviter les racines (Kim en 2009 [42]).

Les travaux d'Hibi, *et al.* en 2010 [35] portant sur les facteurs influençant le taux d'échec des mini-plaques (6,5 %) révèlent qu'il est directement corrélé à l'épaisseur de la corticale, la stabilité primaire étant très compromise en dessous d'1 mm d'épaisseur.

Leur mise en place et leur dépose sont assez lourdes au niveau chirurgical [84], mais elles procurent un ancrage plus sûr chez les patients adultes hyperdivergents présentant un os cortical fin ou une résorption osseuse importante.

Bien que ces plaques soient bien supportées par les patients, elles engendrent plus de douleurs et d'inconfort que les mini-vis [21, 51].



Figure 4
Têtes à contrôle tri-dimensionnel.

4. Les mini-vis

Les orthodontistes ont développé ces systèmes d'ancrage temporaires ou mini-implants pour répondre à l'insuffisance de l'ancrage naturel chez l'adulte. Elles permettent de contrôler les déplacements dentaires dans les trois dimensions de l'espace, mais leur utilisation dépend essentiellement des besoins de traitement.

Contrairement aux implants et aux mini-plaques, leur mise en œuvre doit répondre à un cahier des charges simple : mise en place aisée, mise en charge immédiate, bio-compatibilité, faible coût et bonne résistance aux contraintes orthodontiques [11, 22, 57, 68, 70].

4.1. Description

Il existe de nombreuses mini-vis dont les caractéristiques principales sont déterminées par leur forme générale, leur tête, leur diamètre, leur longueur et le choix de l'alliage.

4.1.1. La tête

Sa forme conditionne la connexion avec les unités d'ancrage ou les dents à déplacer : les têtes à un seul point d'ancrage peuvent recevoir une ligature, une chaînette de traction ou des élastiques intermaxillaires alors que les têtes à contrôle tri-dimensionnel ont une extrémité semblable à une attache orthodontique, permettant une connexion de la vis aux dents à l'aide d'un arc orthodontique (Fig. 4).

Pour pallier aux inconvénients liés à la solidarisation de la mini-vis à l'appareil multi-attache, certains auteurs ont cherché à développer des systèmes innovants, comme Costa et Fazzari [22] dont la tête de

vis serait plus indiquée chez les patients présentant un parodonte réduit.

Le col trans-gingival, parfaitement poli, présente différentes longueurs en fonction de la zone d'implantation, les cols courts (1 à 2 mm) étant réservés aux zones où la gencive attachée est de faible épaisseur contrairement aux cols plus longs (2 à 4 mm), plus destinés aux zones de gencive attachée épaisse ou aux tissus mobiles [84].

4.1.2. Le corps de la mini-vis

Au niveau morphologique, les mini-vis présentent un corps fileté cylindro-conique avec une extrémité auto-forante ou auto-taraudante, cette dernière nécessitant un pré-forage avant la mise en place par vissage [67, 84]. Le choix du type de vis (diamètre, longueur, alliage, connecteur externe) dépend des critères anatomiques du site implantaire, ce dernier étant déterminé par la mécanique orthodontique.

- Le diamètre

Il varie de 1,2 à 2,2 mm en fonction de l'état des tissus durs et des tissus mous au niveau du site d'insertion, de l'espace disponible et de la stabilité primaire recherchée, c'est-à-dire de la meilleure répartition des contraintes dans l'os [57, 84].

Le mini-type (1,2 à 1,4 mm) est réservé aux espaces inter-dentaires mandibulaires antérieurs du fait de la proximité radiculaire entre les canines et les incisives [13].

Le type moyen (1,5 à 1,8 mm) sera positionné dans la région vestibulaire maxillaire et dans la zone postérieure mandibulaire où les volumes osseux sont importants et la corticale épaisse.

Le type large (2 à 2,2 mm) est implanté dans les zones où l'os est de moins bonne qualité, quand l'espace est suffisant ou en palatin, car la langue applique des forces importantes nécessitant une stabilité primaire maximale [61].

Miyawaki, *et al.* [71] en 2003 a testé 134 vis de différents diamètres : toutes les vis de 1 mm ont échoué, alors que toutes celles dont le diamètre était supérieur à 1,5 mm ont permis de créer un ancrage temporaire stable dans 85 % des cas, sans différence majeure entre les vis de 1,5 mm et les vis de 2 mm de diamètre. Lee [55] estime que le diamètre conditionne la force appliquée, les mini-vis de 1,4 mm de diamètre supportant 150 g, alors que l'intensité peut

être portée à 350 g pour des diamètres supérieurs à 2 mm.

- La longueur

Les travaux de Park en 2006 [80] et de Lee en 2010 [57] ont montré que ce paramètre avait peu d'effet sur la stabilité primaire, contrairement au diamètre et au filetage [71]. Hors, une étude de Cheng, *et al.* en 2006 [13] portant sur 49 implants de 1,2 mm de diamètre révèle que le taux de succès augmente avec la longueur : il passe de 62,2 % pour une longueur totale de 6 mm à 90 % pour des mini-vis de 9 mm.

Le choix est essentiellement dicté par l'anatomie de la zone à planter (densité osseuse, épaisseur de la corticale) et les structures environnantes (proximité radiculaire, sinus maxillaire, émergence du nerf dentaire inférieur et les artères palatines) : les zones les plus sûres sont antérieures au maxillaire, les mini-vis de 7 mm étant utilisées dans la zone vestibulaire [41, 49], alors que des longueurs de 8 à 10 mm sont plus adaptées en palatin postérieur [22].

Au niveau mandibulaire, seule la zone vestibulaire est implantée [84, 108], le taux d'échec étant maximum en lingual [50] : des longueurs de 8 mm seront destinées à la zone postérieure avec des diamètres de 2 mm (espaces inter-radiculaires larges, densité osseuse maximum), alors que, dans la zone antérieure, les espaces entre les racines étant moins larges, les mini-vis de 1,5 mm de diamètre et de 6 mm de long seront préférées.

La règle principale à respecter est d'implanter au minimum 6 mm de la vis en intra-osseux.

- L'alliage

La majorité des mini-vis sont en alliage de titane aluminium et vanadium (Ti Al6 V4) ou en acier chirurgical, mais aucune étude statistique ne prouve la supériorité d'un alliage par rapport à l'autre, les vis en acier présentant cependant moins d'ostéo-intégration et une résistance mécanique plus importante [11].

- Vis auto-forante ou auto-taraudante

Les vis auto-taraudantes nécessitent un pré-forage de l'os cortical avant leur insertion alors que les vis auto-forantes ont une pointe avec un angle d'attaque forant la corticale et amorçant le vissage (la forme du pas-de-vis élimine les débris osseux vers la surface au fur et à mesure de l'implantation [49]).

Les vis peuvent être posées sans lambeau, le taux de réussite étant identique avec ou sans abord direct [73].

Pour Wang [103], le taux de succès est presque identique entre les vis auto-forantes et les vis auto-taraudantes, même s'il estime que les premières présentent une meilleure stabilité primaire assurée par un contact plus intime de la vis avec l'os. L'étude de Kim, reprise par Hibi, *et al.* en 2010 [35], confirme cette impression clinique : le contact entre l'os cortical et une vis auto-forante est plus important que celui observé avec une vis auto-taraudante.

4.2. Indications et contre-indications

Le champ des mécaniques orthodontiques a été considérablement augmenté [69], le principal changement résidant dans l'ingression dentaire unitaire jusqu'à l'ingression des secteurs postérieurs corrigeant des excès verticaux ; le contrôle vertical et sagittal des déplacements dentaires est très satisfaisant, quelque soit l'état de la denture et ce, même sur un parodonte fragilisé.

Lee, *et al.* [57] ont bien résumé les mécaniques associées aux différentes situations cliniques et concluent à une meilleure efficacité thérapeutique en estimant que les systèmes de force associés sont plus cohérents.

4.2.1. Indications squelettiques

Elles trouvent leur indication principale dans l'ingression des secteurs postérieurs (mini-vis de 9 mm de long et de 2 mm de diamètre [62, 68]), une ingression molaire de 1 mm produisant jusqu'à 3 à 4 mm d'ascension du point menton selon une étude de Schudy cité par Ellouze [27].

Yao, *et al.* [112] en 2008 ont comparé les résultats des traitements avec extractions sur un échantillon divisé en deux groupes : le premier a utilisé des mini-vis ou des mini-plaques comme renfort d'ancrage et le second un ancrage conventionnel. Le premier groupe présente une ingression des molaires supérieures et une diminution du FMA, alors que dans le deuxième groupe les auteurs constatent les effets inverses.

Dans le sens transversal, Lee et Park [58] ont montré leur valeur d'ancrage en réalisant des disjonctions intermaxillaires non chirurgicales chez l'adulte [106].



Figure 5

Support pour des tractions intermaxillaires.

4.2.2. Indications orthodontiques

4.2.2.1. Dans le sens sagittal

- Rétraction des dents antérieures maxillaires avec une perte d'ancrage postérieure limitée [68, 78, 86] : pour Kokitsawat, *et al.* [47], la perte d'ancrage serait de moins d'1 mm au niveau des premières molaires.

Leur valeur d'ancrage est bien supérieure à celle d'un ancrage conventionnel, comme l'attestent les études de Deguchi, *et al.* [26], de Ma, *et al.* [65], d'Upadhyay, *et al.* [100] et de Yao, *et al.* [112]. De même pour Park, *et al.* [82], le recul des incisives supérieures dans les cas d'extraction de premières prémolaires est plus important par rapport à un traitement utilisant des forces directionnelles.

- Rétraction en masse des incisives mandibulaires dans les traitements de compensation des classes III [96].
- Rétraction des incisives maxillaires en cas de bi-protrusion sévère [78].
- Recentrage des milieux inter-incisifs [22].
- Mésialisation molaire [53, 106].
- Fermeture ou répartition des espaces dans les cas d'agénésies [68], d'oligodontie [22] ou chez l'adulte présentant des édentations [62].
- Support des tractions intermaxillaires (Fig. 5).
- Redressement des axes molaires associé à un très bon contrôle vertical [68].
- Renfort d'ancrage en lingual lors des mécaniques de recul [55, 86].
- Correction d'une occlusion croisée antérieure [11].
- Alignement pré-prothétique ou pré-implantaire [68].
- Distalisation symétrique ou asymétrique [18, 54, 106].

4.2.2.2. Dans le sens vertical

- Fermeture des béances antérieures [52, 62].
- Contrôle vertical de l'ancrage postérieur lors du recul des incisives après extractions [82, 101, 112].
- Traction des canines incluses [22].
- Ingression à visée prothétique [68].
- Ingression des incisives maxillaires ou mandibulaires pour corriger une supraclusion ou un sourire gingival [27, 62]. Les études de Yao, *et al.* [112] et Ma, *et al.* [65] démontrent leur supériorité lors de l'ingression des incisives supérieures par rapport à un système d'ancrage conventionnel.
- Correction des bascules du plan d'occlusion [68].
- Ingression dentaire unitaire : Krawitz, *et al.* [49] évalue à 0,5 ou 1 mm par mois la quantité d'ingression d'une molaire supérieure égressée (il obtient ainsi des déplacements de 3 à 8 mm en 7 à 8 mois). Ces résultats sont confirmés par Yao, *et al.* [111] et Park, *et al.* [79], ce dernier estimant que la force d'ingression à appliquer unitairement doit être de 10 à 20 g pour les incisives et de 150 à 200 g pour les molaires supérieures [83].

4.2.3. Contre-indications [48, 84]

- Générales : infection aiguë, chronique ou systémique (cardiopathie, diabète non équilibré, troubles de la coagulation, troubles du métabolisme osseux), immuno-dépression, chimiothérapie récente, biphosphonates, tabagisme sévère [7].
- Locales : largeur d'os inter-radiculaire insuffisante, obstacle anatomique, hygiène insuffisante [1].

4.3. Mise en place

Le protocole de mise en place des mini-vis doit répondre aux normes d'hygiène et de stérilisation comparables à celle de l'implantologie prothétique.

4.3.1. Repérage du site d'implantation

L'investigation radiographique est la première étape permettant une insertion précise sans dommage sur les racines. Une radiographie panoramique complétée par des clichés rétro-alvéolaires permet d'évaluer la distance inter-radiculaire. Si l'espace est

insuffisant, l'opérateur a le choix de positionner la vis plus apicalement où d'élargir préalablement l'espace avec des courbures de deuxième ordre [83].

Un scanner X peut être prescrit (système *Cone-beam*) pour servir de guide à l'opérateur [45, 68, 110], mais le point le plus important reste le système de transfert des données sur le patient [110]. Kim, *et al.* [45], en 2007, cite les différences techniques mises au point par Maino ou Carano, mais le système le plus simple revient à l'équipe d'Estellita, *et al.* [30] qui décrit en 2009 un système de transfert utilisant un guide chirurgical prenant comme point de repère les gorges des boîtiers.

4.3.2. Localisation de la mini-vis

Il existe de nombreuses études sur la qualité et la localisation des sites d'implantation [57, 73, 75, 81, 83, 106] bien résumées par Lin, *et al.* en 2010 [62], qui corrélaient l'indication et le site d'insertion au type de mini-vis.

Une étude de Schnelle, *et al.* [88] sur la densité osseuse révèle que le meilleur emplacement pour poser une mini-vis se situe en mésial de la première molaire maxillaire, et en mésial ou en distal de la première molaire mandibulaire, alors que la suture inter-maxillaire est le meilleur site au niveau du maxillaire [56].

Pour Costa et Fazzari [22], les vis de 6 mm de long seront insérées au maxillaire en vestibulaire dans la zone subnasale, au-dessus des racines des prémolaires et au-dessus des racines mésiales des premières molaires et en palatin entre la racine de PM2 et M1, ainsi que le long de la suture interpalatine à l'aplomb des premières et deuxièmes molaires. Les vis de 9 mm de long sont réservées à la zone prémaxillaire en palatin et au niveau de trois sites vestibulaires à la mandibule (la symphyse, la ligne oblique externe au niveau de M2 et la région rétro-molaire). À la mandibule, la zone d'implantation se situe entre la première prémolaire et la canine.

4.3.3. Protocole d'insertion

Après désinfection à la Chlorhexidine à 0,2 %, le site est anesthésié localement, mais doit conserver une sensibilité dentaire en cas de contact accidentel avec une racine. Le taux d'échec est plus important si l'insertion se fait dans la gencive libre pour Cheng, *et al.* [14].

L'épaisseur de la gencive attachée doit être prise en compte pour évaluer la longueur du col transgingival. Une étude de Cha, *et al.* en 2008 [12] révèle que l'épaisseur maximum se situe au maxillaire dans la zone antérieure et à la mandibule dans la zone postérieure, avec un dimorphisme sexuel puisque l'homme a une épaisseur de gencive attachée vestibulaire maxillaire plus importante.

L'insertion est précédée d'un forage avec un contre-angle à vitesse réduite sous irrigation pour éviter un échauffement de l'os pour les vis autotaraudantes [80], le vissage se faisant avec un tournevis manuel ou un contre-angle avec limiteur de torque [11].

L'insertion des vis auto-forantes est directe à travers la gencive avec un tournevis, une clef ou un contre-angle sans forage préalable. Une étude menée par Kuroda, *et al.* en 2007 révèle un taux d'échec plus élevé si l'insertion est directe [51], alors que les travaux de Moon, *et al.* en 2008 [73], portant sur 480 vis, ne révèlent aucune différence entre les deux protocoles.

Il est cependant recommandé de réaliser un avant-trou lorsque l'épaisseur de la corticale est supérieure à 1 mm afin de limiter les contraintes appliquées à l'os et à la mini-vis. Une étude *in vitro* de Massif, *et al.* [67] a démontré que le couple de vissage initial était divisé par trois avec la réalisation d'un avant-trou (4 à 5 N/cm), garantissant ainsi une meilleure stabilité primaire.

Les travaux de Motoyoshi, *et al.* en 2010 [76] mesurant le torque de vissage révèlent qu'il est supérieur au torque de dévissage (8 N/cm); il est proportionnel à la densité osseuse et à l'épaisseur de la corticale au maxillaire mais pas à la mandibule et il est moins important chez les sujets âgés du fait de la déminéralisation osseuse.

Kyung et Park [54] conseillent d'anguler la vis afin d'augmenter sa longueur au sein de l'os, Moon, *et al.* [73] définissant un angle de 70 à 80° par rapport au grand axe des dents, alors que Lee, *et al.* [57] préconise une angulation 30 à 45° par rapport au plan d'occlusion. Il faut cependant respecter une distance minimum de sécurité de 1,5 mm avec les racines des dents entourant la mini-vis [64].

4.3.4. Contrôle de la stabilité primaire

La vis doit être testée en traction et en compression, un contrôle radiographique étant réservé aux

cas de suspicion d'insertion dans une racine. Si la mobilité est anormale, la vis est alors réimplantée dans un autre site, remplacée par une vis de plus gros diamètre [19, 44] ou repositionnée au même endroit 3 à 4 semaines plus tard [68].

4.3.5. Mise en charge immédiate ou différée

Melsen et Costa [70] ont étudié en 2000 la cicatrisation osseuse chez l'animal : l'ostéo-intégration des vis en titane augmente avec le temps de latence avant la mise en charge, comme le confirme une revue de littérature de Cornelis, *et al.* en 2007 [19] révélant un taux d'échec plus élevé lors d'une mise en charge immédiate. Pour Ohashi, *et al.* [77], il n'y aurait pas de différence significative chez l'animal.

Les études cliniques chez l'homme sont divisées en deux groupes, celles qui prônent une mise en charge immédiate [71] ou celles qui préconisent un temps de latence de 2 à 3 semaines [13, 64, 103]; cependant, aucune étude randomisée ne démontre la supériorité d'une mise en charge différée, seule l'étude rétrospective de Degidi et Piattelli [25] révèle les différences statistiquement non significatives.

4.3.6. Ancrage direct ou indirect [84, 106]

Les mini-vis sont utilisées directement ou indirectement et peuvent supporter des forces continues ou intermittentes, de 150 à 400 g [38, 49, 57].

L'ancrage est considéré comme direct lorsqu'une chaînette ou un ressort en nickel titane sont fixés directement sur la tête de la vis, alors que l'ancrage est indirect lorsque la vis est solidarifiée aux unités d'ancrage par l'intermédiaire d'un arc orthodontique.

4.3.7. Conseils post-opératoires [47, 49, 68]

La sensibilité liée à l'intervention nécessite la prise d'antalgiques de niveau I (Paracétamol ou Ibuprofen) et de conseils d'hygiène : la mini-vis ne doit pas être trop sollicitée par la langue et le brossage non traumatique est complété par des bains de bouche à la chlorhexidine à 0,12 % pendant 7 à 14 jours.

Une étude d'Apel, *et al.* en 2009 [1] conclut à l'absence de flore spécifique autour des mini-vis instables.

4.4. Complications

4.4.1. Complications per-opératoires

- Traumatisme du ligament ou insertion dans une racine [48] : une étude d'Asscherickx chez le chien en 2005 [4] a montré une réparation du parodonte en 12 à 18 semaines après dépose de la vis. Ces travaux sont confirmés chez l'homme en 2008 par Kadioglu, *et al.* [40] et Kim, *et al.* en 2009 [42].
- Mobilité post-opératoire et sensibilité à la mastication [84].
- L'opérateur peut déraiper, provoquant des lésions des tissus mous, la réalisation d'un avant-trou limitant ce risque [48].
- La perforation du sinus maxillaire n'aurait pas d'influence sur la stabilité primaire [42, 48, 49].
- Une douleur à la pose peut être le signe d'une perforation radiculaire pour Peuch-Lestrade, *et al.* [84], mais aucune étude clinique ne l'a démontrée [57].
- Fracture de la mini-vis : elle peut être évitée en utilisant un tournevis débrayable à 15 Ncm [84], en réalisant un pré-forage dans les zones où l'os cortical est plus dur ou plus épais [57] ou en utilisant des mini-vis de diamètre supérieur ou égal à 2 mm [83].

4.4.2. Complications post-opératoires

- Irritation des joues et des muqueuses, inflammation due à une hygiène insuffisante surtout à la mandibule [80].
- Mini-vis recouverte par de la fibromuqueuse [106] : il faut dégager la tête sous anesthésie locale et préférer des ressorts en Nickel-Titane aux chaînettes [57].
- Les douleurs à la pose sont plus importantes avec un lambeau d'accès pour Kuroda, *et al.* [51], mais une étude de Lee, *et al.* [60] sur la perception douloureuse des mini-vis révèle que l'étape d'alignement engendre la plus grande douleur.
- Les études sur les résorptions radiculaires sont contradictoires : il n'existe pas de différence avec un ancrage conventionnel pour Ari-Demirkaya, *et al.* [3], alors que les résorptions seraient plus importantes lors de l'utilisation d'une force extra-orale pour Deguchi, *et al.* [26]. Liou et Chang [63] estiment dans une étude récente que le taux de résorption des incisives dans les cas d'extractions de premières prémolaires est directement lié

à la durée du traitement et à la quantité de rétraction incisive.

4.5. Critères de succès

Les études cliniques portent sur des échantillons de 30 à 778 mini-vis [74], le taux moyen de succès étant de 88 % (86,8 % pour Wiechmann, *et al.* [108] ; 91,6 % pour Park, *et al.* [80] ; 89,5 % pour Motoyoshi, *et al.* [76] ; 90,8 % pour Kim, *et al.* [46] et 79 % pour Moon, *et al.* [74]), avec 90 % des échecs dans les trois à quatre premiers mois [59].

Les critères de succès sont liés à plusieurs paramètres :

- L'âge : le taux d'échec est plus important chez les adolescents que chez les jeunes adultes qui présentent une meilleure densité osseuse [46, 59, 73, 74].
- Le sexe : le taux d'échec est plus élevé chez l'homme pour Baek [6], alors que Lee [59] ne trouve aucune différence.
- Un opérateur expérimenté [46] et une stabilité primaire initiale importante [68].
- Une gencive attachée épaisse [12] et une bonne hygiène [59].
- Une technique de mise en place avec repérage, associée à un système de transfert [45, 110].
- Un faible tabagisme : à partir de 10 cigarettes par jour, le taux d'échec augmente considérablement [7].
- La technique : le taux de succès augmente avec :
 - La réalisation d'un lambeau pour Tseng, *et al.* [98], alors que Moon, *et al.* [74] ne trouve aucune différence.
 - Le forage d'un avant-trou [35] et l'utilisation de vis auto-forantes (93 %) par rapport aux vis auto-taraudantes (86 %) pour Wang et Liou [103].
 - L'angulation de la mini-vis par rapport au plan d'occlusion [54, 73, 84, 85].
 - L'utilisation d'une mini-vis de diamètre supérieur ou égal à 1,2 mm [71] et la solidarisation de deux mini-vis (le taux de succès passe de 90 à 95,9 % [46]).
 - La direction de traction de la mini-vis selon son grand axe, d'après une étude *in vitro* de Pickard, *et al.* [85].
 - L'emplacement : le taux d'échec est majoré en lingual à la mandibule [80, 108], dans la gencive attachée non kératinisée [14] et lors du contact de la vis avec une racine [50].

Les études cliniques révèlent un taux de succès maximum lorsque les mini-vis sont insérées dans la suture inter-maxillaire [41, 46, 75], ainsi qu'en mésial de la première molaire supérieure, et en mésial ou en distal de la première molaire mandibulaire [88].

- La densité osseuse, facteur de stabilité primaire :

Les études à partir de coupes scanner X de Choi, *et al.* [16], Moon, *et al.* [75] et Park, *et al.* [81] mettent en avant :

- Un maximum de densité osseuse au maxillaire entre les prémolaires et la canine, ainsi qu'au niveau de la suture inter-maxillaire (3 mm en arrière du foramen antérieur).
- Une densité osseuse supérieure à la mandibule en postérieur (800 à 1580 Unités Hounsfield contre 800 à 1200 HU pour le maxillaire).
- Une plus grande homogénéité dans les secteurs incisivo-canins aux deux maxillaires et un maximum de densité à 1 ou 2 mm de profondeur de la corticale.

- Le décalage squelettique :

- L'hyper-divergence augmenterait le taux d'échec pour Moon, *et al.* [74], contrairement aux résultats de Miyawaki, *et al.* [71].
- LANB : Baek, *et al.* [6] trouve une corrélation entre un ANB négatif et un taux d'échec élevé, contrairement aux travaux de Moon, *et al.* [74].

L'ancrage orthodontique intra-osseux simplifie certains mouvements dentaires comme l'ingression [79, 111], en renforçant l'ancrage naturel de manière plus efficace que les ancrages conventionnels [82, 112]. Même si les mini-vis sont limitées par le seuil des forces appliquées et ont tendance à tourner lors de leur mise en charge [57], elles présentent de nombreux avantages :

- Leur insertion facile [43, 68, 81], même dans un parodonte réduit, provoque peu de sensibilité douloureuse [60, 77].
- Leur mise en charge est rapide et leur dépose est facile avec une anesthésie locale légère en utilisant les mêmes instruments que pour la pose [43, 68, 84].
- Leur coût est faible et la durée du traitement est diminuée [82, 112].
- Elles présentent une excellente stabilité : Liou, *et al.* [64] et Wang et Liou [103] décrivent un

mouvement des têtes de 0,5 à 1,5 mm au cours de leur mise en charge, ce qui impliquerait de les positionner à 1,5 ou 2 mm de distance des racines.

- Leur durée d'utilisation courte induit une ostéo-intégration modérée [69], estimée de 20 à 45 % par Wiechmann, *et al.* [108].
- Elles ne nécessiteraient pas, pour Costa, *et al.* [23], d'assurance responsabilité civile complémentaire, par rapport à l'exercice de l'implantologie prothétique, même si leur pose implique l'information du patient à travers des explications et la signature d'un consentement éclairé.

Bibliographie

- [1] Apel S, Apel C, Morea C, Tortamano A, Dominguez GC, Conrads G. Microflora associated with successful and failed orthodontic mini-implants. *Clin Oral Implant Res* 2009; 20:1186–1190.
- [2] Arcuri C, Muzzi F, Santini F, Barlattani A, Giancotti A. Five years of experience using palatal mini-implant for orthodontic anchorage. *J Oral Maxillofac Surg* 2007;65:2492–2497.
- [3] Ari-Demirkaya A, Masry MA, Erverdi N. Apical root resorption of maxillary first molars after intrusion with zygomatic skeletal anchorage. *Angle Orthod* 2005;75:761–767.
- [4] Asscherickx K, Vannet BV, Wehrbein H, Sabzevar MM. Root repair after injury from mini-screw. *Clin Oral Implants Res* 2005;16:575–578.
- [5] Asscherickx K, Vannet BV, Bottenberg P, Wehrbein H, Sabzevar MM. Clinical observations and success rates of palatal implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:114–122.
- [6] Baek SH, Kim BM, Kyung SH, Lim JK, Kim YH. Success rate and risk factors associated with mini-implants reinstalled in the maxilla. *Angle Orthod* 2008;78:895–901.
- [7] Bayat E, Bauss O. Effect of smoking on the failure rates of orthodontic miniscrews. *J Orofac Orthop* 2010;71:117–124.
- [8] Benson PE, Tinsley D, O'Dwyer JJ, Majumdar A, Doyle P, Sandler PJ. Midpalatal implants vs headgear for orthodontic anchorage—a randomized clinical trial: cephalometric results. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:606–615.
- [9] Bernhart T, Freudenthaler J, Dörtbudak O, Bantleon HP, Watzek G. Short epithetic implants for orthodontic anchorage in the paramedian region of the palate. A clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:624–631.
- [10] Block MS, Hoffmann DR. A new device for absolute anchorage for orthodontics. *Am J Orthod* 1995;107:251–258.
- [11] Canal P, Salvadori A. Orthodontie de l'adulte. Issy-les-Moulineaux : Masson 2008;281 p.
- [12] Cha BK, Lee YH, Lee NK, Choi DS, Baek SH. Soft tissue thickness for placement of an orthodontic miniscrew

- using an ultrasonic device. *Angle Orthod* 2008;78:403–408.
- [13] Chen CH, Chang CS, Hsieh CH, Tseng YC, Shen YS, Huang IY, *et al.* The use of microimplants in orthodontic anchorage. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:1209–1213.
- [14] Cheng GJ, Tseng IY, Lee JJ, Kok SH. A prospective study of the risk factors associated with failure of mini-implants used for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004;19:100–106.
- [15] Choi BH, Zhu SJ, Kim YH. A clinical evaluation of titanium miniplates as anchors for orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:382–384.
- [16] Choi JH, Park CH, Yi SW, Lim HJ, Hwang HS. Bone density measurement in interdental areas with simulated placement of orthodontic miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:766.e1–12.
- [17] Chung KR, Kim YS, Linton JL, Lee YJ. The miniplate with tube for skeletal anchorage. *J Clin Orthod* 2002;36:407–412.
- [18] Chung KR, Kim SH, Choo H, Kook YA, Cope JB. Distalization of the mandibular dentition with mini-implants to correct a Class III malocclusion with a midline deviation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:135–146.
- [19] Cornelis MA, Scheffler N, De Clerck H, Tulloch C, Nyssen-Behets C. Systematic review of the experimental use of temporary skeletal anchorage devices in orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:S52–S58.
- [20] Cornelis MA, De Clerck HJ. Maxillary molar distalization with miniplates assessed on digital models: a prospective clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:373–377.
- [21] Cornelis MA, Scheffler NR, Nyssen-Behets C, De Clerck HJ, Tulloch JF. Patients' and orthodontists' perceptions of miniplates used for temporary skeletal anchorage: a prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:18–24.
- [22] Costa A, Fazzari A. Résultats esthétiques après traitement orthodontique avec le dispositif CostAnchorage. *Orthod Fr* 2008;79:31–38.
- [23] Costa A, Maric M, Danesino P. Comparison between two orthodontic skeletal anchorage devices: osseointegrated implants and miniscrews – Medical-Legal Considerations. *Prog Orthod* 2006;7:24–31.
- [24] De Clerck H, Geerinck V, Siciliano S. The zygoma anchor system. *J Clin Orthod* 2002;36:455–460.
- [25] Degidi M, Piattelli A. Comparative analysis study of 702 dental implants subjected to immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods with a follow-up of up to 24 months. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2005;20:99–107.
- [26] Deguchi T, Murakami T, Kuroda S, Yabuuchi T, Kamioka H, Takano-Yamamoto T. Comparison of the intrusion effects on the maxillary incisors between implant anchorage and J-hook headgear. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:654–660.
- [27] Ellouze S. Mini-implants : bousculer les limites de l'orthodontie traditionnelle. *Orthod Fr* 2008;79:59–66.
- [28] Eroglu T, Kaya B, Cetinsahin A, Arman A, Uckan S. Success of zygomatic plate-screw anchorage system. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:602–605.
- [29] Erverdi N, Keles A, Nanda R. The use of skeletal anchorage in open bite treatment: a cephalometric evaluation. *Angle Orthod* 2004;74:381–390.
- [30] Estellita S, Janson G, Chiqueto K, Janson M, De Freitas MR. Predictable drill-free screw positioning with a graduated 3-dimensional radiographic-surgical guide: a preliminary report. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:722–735.
- [31] Faber J, Velasque F. Titanium miniplate as anchorage to close a premolar space by means of mesial movement of the maxillary molars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:587–595.
- [32] Favero LG, Pisoni A, Paganelli C. Removal torque of osseointegrated mini-implants: an *in vivo* evaluation. *Eur J Orthod* 2007;29:443–448.
- [33] Feldmann I, Bondemark L. Orthodontic anchorage: a systematic review. *Angle Orthod* 2006;76:493–501.
- [34] Feldmann I, Bondemark L. Anchorage capacity of osseointegrated and conventional anchorage systems: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:339.e19–28.
- [35] Hibi H, Sakai K, Oda T, Hattori H, Ueda M, Sakai M. Stability of a locking plate and self-drilling screws as orthodontic skeletal anchorage in the maxilla: a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:1783–1787.
- [36] Higushi KW, Slack JM. The use of titanium fixtures for intraoral anchorage to facilitate orthodontic tooth movement. *Int J Orthod Dentofacial Orthop* 1991;6:338–344.
- [37] Jackson A, Lemke R, Hatch J, Salome N, Gakunga P, Cochran D. A comparison of stability between delayed versus immediately loaded orthodontic palatal implants. *J Esthet Restor Dent* 2008;20:174–184.
- [38] Janssen KI, Raghoebar GM, Vissink A, Sandham A. Skeletal anchorage in orthodontics—a review of various systems in animal and human studies. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008;23:75–88.
- [39] Jung BA, Kunkel M, Göllner P, Liechti T, Wehrbein H. Success rate of second-generation palatal implants. *Angle Orthod* 2009;79:85–90.
- [40] Kadioglu O, Büyükyılmaz T, Zachrisson BU, Maino BG. Contact damage to root surfaces of premolars touching miniscrews during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:353–360.
- [41] Kang S, Lee SJ, Ahn SJ, Heo MS, Kim TW. Bone thickness of the palate for orthodontic mini-implant anchorage in adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:S74–S81.
- [42] Kim GT, Kim SH, Choi YS, Park YJ, Chung KR, Suk KE, *et al.* Cone-beam computed tomography evaluation of orthodontic miniplate anchoring screws in the posterior maxilla. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:628.e1–10.
- [43] Kim H, Kim TK, Lee SJ. Convenient removal of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:S90–S91.
- [44] Kim JW, Alm SJ, Chang YI. Histomorphometric and mechanical analyses of the drill-free screw as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;128:190–194.
- [45] Kim SH, Choi YS, Hwang EH, Chung KR, Kook YA, Nelson G. Surgical positioning of orthodontic mini-implants with guides fabricated on models replicated

- with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:S82–S89.
- [46] Kim YH, Yang SM, Kim S, Lee JY, Kim KE, Gianelly AA, Kyung SH. Midpalatal miniscrews for orthodontic anchorage: factors affecting clinical success. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:66–72.
- [47] Kokitsawat S, Manosudprasit M, Godfrey K, Chatchai-wiwattana C. Clinical effects associated with miniscrews used as orthodontic anchorage. *Aust Orthod J* 2008;24:134–139.
- [48] Kravitz ND, Kusnoto B. Risks and complications of orthodontic miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:S43–S51.
- [49] Kravitz ND, Kusnoto B, Tsay P, Hohlt W. The use of temporary anchorage devices for molar intrusion. *J Am Dent Assoc* 2007;138:56–64.
- [50] Kuroda S, Yamada K, Deguchi T, Hashimoto T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Root proximity is a major factor for screw failure in orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:S68–S73.
- [51] Kuroda S, Sugawara Y, Deguchi T, Kyung HM, Takano-Yamamoto T. Clinical use of miniscrew implants as orthodontic anchorage: success rates and postoperative discomfort. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;131:9–15.
- [52] Kuroda S, Sakai Y, Tamamura N, Deguchi T, Takano-Yamamoto T. Treatment of severe anterior open bite with skeletal anchorage in adults : comparison with orthognathic surgery outcomes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:599–605.
- [53] Kyung SH, Choi JH, Park YC. Miniscrew anchorage used to protract lower second molars into first molar extraction sites. *J Clin Orthod* 2003;37:575–579.
- [54] Kyung SH, Lee JY, Shin JW, Hong C, Dietz V, Gianelly AA. Distalization of the entire maxillary arch in an adult. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:123–132.
- [55] Lee JS, Park HS, Kyung HM. Micro-implant anchorage for lingual treatment of a skeletal Class II malocclusion. *J Clin Orthod* 2001;35:643–647.
- [56] Lee JS, Kim DH, Park YC, Kyung SH, Kim TK. The efficient use of midpalatal miniscrew implants. *Angle Orthod* 2004;74:711–714.
- [57] Lee JS, Kim JK, Park YC, Varnasdall RL. Applications cliniques des mini-implants en orthodontie. *Paris : Quintessence* 2008;274 p.
- [58] Lee KJ, Park YC, Park JY, Hwang WS. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:830–839.
- [59] Lee SJ, Ahn SJ, Lee JW, Kim SH, Kim TW. Survival analysis of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:194–199.
- [60] Lee T, McGrath C, Wong R, Rabie A. Patients' perceptions regarding microimplant as anchorage in orthodontics. *Angle Orthod* 2008;78:228–233.
- [61] Leung MT, Rabie AB, Wong RW. Stability of connected mini-implants and miniplates for skeletal anchorage in orthodontics. *Eur J Orthod* 2008;30:483–489.
- [62] Lin JC, Liou EJ, Bowman SJ. Simultaneous reduction in vertical dimension and gummy smile using miniscrew anchorage. *J Clin Orthod* 2010;44:157–170.
- [63] Liou EJ, Chang PM. Apical root resorption in orthodontic patients with en-masse maxillary anterior retraction and intrusion with miniscrews. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:207–212.
- [64] Liou EJ, Pai BC, Lin JC. Do miniscrews remain stationary under orthodontic forces? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:42–47.
- [65] Ma J, Wang L, Zhang W, Chen W, Zhao C, Smales RJ. Comparative evaluation of micro-implant and headgear anchorage used with a pre-adjusted appliance system. *Eur J Orthod* 2008;30:283–287.
- [66] Maino BG, Maino G, Mura P. Spider screw: skeletal anchorage system. *Prog Orthod* 2005;6:70–81.
- [67] Massif L, Frapier L, Micallef JP. Mise en place des minisvis : avec ou sans avant-trou ? *Orthod Fr* 2007;78:123–132.
- [68] Mc Guire M, Scheyer E, Gallerano R. Temporary anchorage devices for tooth movement: a review and case reports. *J Periodontol* 2006;77:1613–1624.
- [69] Melsen B. Mini-implants: where are we? *J Clin Orthod* 2005;39:539–547.
- [70] Melsen B, Costa A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res* 2000;3:23–28.
- [71] Miyawaki S, Koyama I, Inoue M, Mishima K, Sugahara T, Takano-Yamamoto T. Factors associated with the stability of titanium screws placed in the posterior region for orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:373–378.
- [72] Mommaerts MY, Michiels ML, De Pauw GA. A 2-years outcome audit of a versatile orthodontic bone anchor. *J Orthod* 2005;32:175–181.
- [73] Moon CH, Lee DG, Lee HS, Im JS, Baek SH. Factors associated with the success rate of orthodontic miniscrews placed in the upper and lower posterior buccal region. *Angle Orthod* 2008;78:101–106.
- [74] Moon CH, Park HK, Nam JS, Im JS, Baek SH. Relationship between vertical skeletal pattern and success rate of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:51–57.
- [75] Moon SH, Park SH, Lim WH, Chun YS. Palatal bone density in adult subjects: implications for mini-implant placement. *Angle Orthod* 2010;80:137–144.
- [76] Motoyoshi M, Uemura M, Ono A, Okazaki K, Shigeeda T, Shimizu N. Factors affecting the long-term stability of orthodontic mini-implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:588.e1–5.
- [77] Ohashi E, Pecho O, Moron M, Lagravere M. Implant vs screw loading protocols in orthodontics. *Angle Orthod* 2006;76:721–727.
- [78] Park HS, Bae SM, Kyung HM, Sung JH. Micro-implant anchorage for treatment of skeletal Class I bialveolar protrusion. *J Clin Orthod* 2001;35:417–422.
- [79] Park HS, Jang BK, Kyung HM. Maxillary molar intrusion with micro-implant anchorage (MIA). *Aust Orthod J* 2005;21:129–135.
- [80] Park HS, Jeong SH, Kwon OW. Factors affecting the clinical success of screw implants used as orthodontic anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:18–25.

- [81] Park HS, Lee YJ, Jeong SH, Kwon TG. Density of the alveolar and basal bones of the maxilla and the mandible. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:30–37.
- [82] Park HS, Yoon DY, Park CS, Jeoung SH. Treatment effects and anchorage potential of sliding mechanics with titanium screws compared with the Tweed-Merrifield technique. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:593–600.
- [83] Park YC, Lee SY, Kim DH, Lee SH. Intrusion of posterior teeth using mini-screw implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:690–694.
- [84] Peuch-Lestrade GR, Le Marie M, Guillaumot G, Decker A. Les minivis en orthodontie. *Int Orthod* 2009;7:157–169.
- [85] Pickard MB, Dechow P, Rossouw PE, Buschang PH. Effects of miniscrew orientation on implant stability and resistance to failure. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:91–99.
- [86] Roussarie F, Moatty F, Lesage C. Traitement d'une malocclusion sévère de l'adulte orthodontie mini-vis et fibres. *Inf Dent* 2008;29:1567–1573.
- [87] Sandler J, Benson PE, Doyle P, Majumder A, O'Dwyer J, Speight P, Thiruvengkatachari B, Tinsley D. Palatal implants are a good alternative to headgear : a randomized trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:51–57.
- [88] Schnelle MA, Beck FM, Jaynes RM, Huja SS. A radiographic evaluation of the availability of bone for placement of miniscrews. *Angle Orthod* 2004;74:832–837.
- [89] Sherwood KH, Burch JG, Thompson WJ. Closing anterior open bites by intruding molars with titanium miniplate anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:593–600.
- [90] Sugawara J. Dr. Junji Sugawara on the skeletal anchorage system. *J Clin Orthod Interviews* 1999;33:689–696.
- [91] Sugawara J. Orthodontic reduction of lower facial height in open bite patients with skeletal anchorage system: beyond traditional orthodontics. *World J Orthod* 2005;6:24–26.
- [92] Sugawara J. Entretien avec le Pr. Junji Sugawara. *Orthod Fr* 2008;79:225–238.
- [93] Sugawara J, Baik UB, Umemori M, Takahashi I, Nagasaka H, Kawamura H, Mitani H. Treatment and posttreatment dentoalveolar changes following intrusion of mandibular molars with application of a skeletal anchorage system (SAS) for open bite correction. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 2002;17:243–253.
- [94] Sugawara J, Daimaruya T, Umemori M, Nagasaka H, Takahashi I, Kawamura H, Mitani H. Distal movement of mandibular molars in adult patients with the skeletal anchorage system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;125:130–138.
- [95] Sugawara J, Kanzaki R, Takahashi I, Nagasaka H, Nanda R. Distal movement of maxillary molars in nongrowing patients with the skeletal anchorage system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:723–733.
- [96] Sugawara Y, Kuroda S, Tamamura N, Takano-Yamamoto T. Adult patient with mandibular protrusion and unstable occlusion treated with titanium screw anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:102–111.
- [97] Trisi P, Rebaudi A. Progressive bone adaptation of titanium implants during and after orthodontic load in humans. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22:31–43.
- [98] Tseng YC, Hsieh CH, Chen CH, Shen YS, Huang IY, Chen CM. The application of mini-implants for orthodontic anchorage. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:704–707.
- [99] Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:166–174.
- [100] Upadhyay M, Yadav S, Patil S. Mini-implant anchorage for en masse retraction of maxillary anterior teeth: a clinical cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:803–810.
- [101] Upadhyay M, Yadav S, Nanda R. Vertical-dimension control during en-masse retraction with mini-implant anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:96–108.
- [102] Veziroglu F, Uckan S, Ozden UA, Arman A. Stability of zygomatic plate-screw orthodontic anchorage system. *Angle Orthod* 2008;78:902–907.
- [103] Wang YC, Liou EJ. Comparison of the loading behavior of self-drilling and predrilled miniscrews throughout orthodontic loading. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:38–43.
- [104] Wehrbein H, Göllner P. Skeletal anchorage in orthodontics-basics and clinical application. *J Orofac Orthop* 2007;68:443–461.
- [105] Wehrbein H, Göllner P. Do palatal implants remain positionally stable under orthodontic load? A clinical radiologic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:695–699.
- [106] Wehrbein H, Glatzmaier J, Mundwiler U, Diedrich P. The Orthosystem-a new implant system for orthodontic anchorage in the palate. *J Orofac Orthop* 1996;57:142–153.
- [107] Wehrbein H, Feifel H, Diedrich P. Palatal implant anchorage reinforcement of posterior teeth: A prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:678–686.
- [108] Wiechmann D, Meyer U, Büchter A. Success rate of mini- and micro-implants used for orthodontic anchorage: a prospective clinical study. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:263–267.
- [109] Willems G, Carels CE, Naert IE, Van Steenberghe D. Interdisciplinary treatment planning for orthodontic-prosthetic implant anchorage in a partially edentulous patient. *Clin Oral Implants* 1999;10:331–337.
- [110] Wu JC, Huang JN, Zhao SF, Xu XJ, Xie ZJ. Radiographic and surgical Template for placement of orthodontic microimplants in interradicular areas: a technical note. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:629–634.
- [111] Yao CC, Lee JJ, Chen HY, Chang ZC, Chang HF, Chen YJ. Maxillary molar intrusion with fixed appliances and mini-implant anchorage studied in three dimensions. *Angle Orthod* 2005;75:754–760.
- [112] Yao CC, Lai EH, Chang JZ, Chen I, Chen YJ. Comparison of treatment outcomes between skeletal anchorage and extraoral anchorage in adults with maxillary dentoalveolar protrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:615–624.