

Une orthodontie contemporaine fondée sur l'harmonie esthétique et sur la biomécanique. Un entretien avec Ravindra Nanda

Ravindra NANDA^{1*}, Philippe AMAT²
Traduit par Philippe Amat

¹ University of Connecticut, School of Dental Medicine Farmington, CT 06030-1725, États-Unis

² 19 Place des Comtes du Maine, 72000 Le Mans, France



Le Pr Ravindra Nanda a obtenu une licence et une maîtrise en dentisterie et en orthodontie du *King George's Medical College, Lucknow University*. En 1967, il a intégré l'Université Catholique de Nimègue, aux Pays-Bas, où il a obtenu un doctorat en philosophie en 1969. Il a rejoint la nouvelle école dentaire de Loyola à Chicago en 1970, après avoir occupé le poste de Professeur assistant en orthodontie dans le service dirigé par Frans van der Linden. En 1972, il fut promu au Département d'Orthodontie de l'Université du Connecticut à Farmington, CT, et y reçut son certificat en orthodontie sous la direction de Charles Burstone. Professeur adjoint, puis professeur titulaire à partir de 1979, il a assumé le poste de Chef du Département d'Orthodontie à partir de 1992 et a été promu pour diriger le Département des Sciences Craniofaciales en 2004, dont les divisions de chirurgie orale et maxillo-faciale, de dentisterie pédiatrique, de l'enseignement supérieur en dentisterie générale et en orthodontie.

Il est membre et ancien président de la composante Atlantique Nord de la *Edward H. Angle Society of Orthodontists*. Il occupe actuellement la fonction de rédacteur en chef de *Progress in Orthodontics*, de rédacteur associé du *Journal of Clinical Orthodontics* et est membre du comité éditorial de neuf revues d'orthodontie nationales et internationales. Il est membre de l'Association dentaire américaine, de l'Association dentaire de l'État du Connecticut, de la *Hartford Dental Society*, de l'Association américaine des orthodontistes, de la Société européenne d'orthodontie, de l'Association internationale de recherche dentaire et du *College of Diplomates of American Board of Orthodontists*.

Il a rédigé et publié sept manuels et plus de 200 articles dans des revues à comité de lecture. Il a donné des conférences magistrales dans plus de 40 pays et a reçu de nombreux prix et honneurs pour ses contributions en dentisterie et en orthodontie, aux États-Unis et de la part d'organisations internationales d'orthodontie. Il est membre d'honneur des *Jordan Orthodontic Society*, *Czech Orthodontic Society*, *Taiwanese Orthodontic Society*, *Central American Orthodontics Society* et membre d'honneur à vie de l'*Indian Orthodontic Society*.

Ravindra Nanda a été honoré du *Life Time Achievement Award (University of Connecticut Foundation)*, et il est *Senior Research Fellow (Japan Promotion for Science, Sendai, Japan – Tohoku University)*. Il a prononcé de nombreuses conférences d'honneur : la *John Taylor Lecture*, lors de la réunion annuelle de l'*Australian Society of Orthodontics Foundation*, la *Sheldon Friel Memorial Lecture* lors de la réunion annuelle de l'*European Orthodontic Society*, la *Gordon Kirkness Memorial Lecture* lors de la réunion annuelle de l'*Australian Society of Orthodontics*, la *John Mershon Memorial Lecture*, Boston, Massachusetts lors de la réunion annuelle de l'*American Association of Orthodontics* et la *Wendell L. Wylie Memorial Lecture*, à l'Université de San Francisco, Californie.

* Auteur pour correspondance : nanda@uchc.edu

Philippe Amat : *Professeur Ravindra Nanda, vous serez le jeudi 22 mars 2018 l'invité de la conférence de prestige de la SFODF. Nous souhaiterions que cet entretien soit pour vous l'occasion de présenter en avant-première les multiples facettes de vos importantes contributions à une orthodontie contemporaine fondée sur l'harmonie esthétique et sur la biomécanique.*

Ravindra Nanda : J'y participerai avec plaisir, en attendant de pouvoir rencontrer les orthodontistes français lors de la prochaine journée de prestige de la SFODF.

1. Votre cursus orthodontique

P.A. : *Vous avez bénéficié d'une formation de troisième cycle très diversifiée en Inde, en Hollande et aux États-Unis. Pourriez-vous nous donner un bref historique des philosophies de traitement et des divers dispositifs auxquels vous avez été formé et nous indiquer lesquels vous utilisez actuellement dans votre pratique ?*

R.N. : J'ai eu l'occasion unique d'être formé par les membres les plus éminents de notre profession. De 1964 à 1966, ma première éducation orthodontique m'a été dispensée par mon frère Ram Nanda, qui m'a initié à la philosophie de Tweed et à la technique de Jarabak. Ram Nanda avait lui-même été formé par le professeur Moorees à l'institut Forsyth de Harvard, et les Dr Tweed et Jarabak pendant les années 1950. Il a pris sa retraite, à titre de chef de département de l'Université d'Oklahoma, après 35 années de service. Il fut mon premier mentor.

Pendant mes années à Nymegen, en Hollande, j'ai eu la chance de côtoyer le professeur Brodie, qui y résida un an dans le cadre du programme Fulbright. Il adhéraient entièrement à la philosophie de traitement sans extractions d'Angle. Notre chef de département, le professeur van der Linden, avait été formé aux dispositifs fixes à l'Université de Washington, à Seattle, et était chargé d'enseigner la technique edgewise de Riedel.

Lorsque je suis arrivé aux États-Unis, j'ai rencontré Robert M. Ricketts, dont la technique Bioprogressive m'a fortement impressionné, en raison de son utilisation de boucles, d'une mécanique segmentée, et de son appui sur un diagnostic détaillé et une solide base scientifique. En 1971, j'ai été recruté par le professeur Burstone, que j'ai rejoint un an après au Connecticut pour entamer un

nouveau programme d'orthodontie. Inutile de vous préciser que, par simple osmose, les fondements biomécaniques de l'orthodontie sont devenus partie intégrante de ma vie professionnelle.

Au cours de mes premières années d'enseignement, j'ai développé mon propre concept de traitement edgewise, qui incluait tous les concepts scientifiques de Tweed, Jarabak, Ricketts et Riedel. Au fil du temps, l'intégration de leurs concepts biomécaniques à ma philosophie de traitement m'a permis de prendre conscience que le recours exclusif à une mécanique segmentée n'était pas adapté à une pratique orthodontique intense. Je pense qu'il y a du bon dans toutes les techniques, mais que nous ne devrions pas les suivre aveuglément et, désormais, je prône une philosophie basée sur les concepts biomécaniques et esthétiques.

2. Biomécanique efficace et individualisée

P.A. : *Depuis l'invention de l'edgewise par Edward Angle, le double progrès de l'évolution des brackets et de l'utilisation clinique des nouveaux alliages n'a-t-il pas contribué à faire oublier que l'exercice clinique ne se résume pas à l'utilisation de tel ou tel dispositif, et à faire l'impasse sur l'analyse biomécanique de leurs modes d'action ?*

R.N. : Oui, tout à fait. Si les nouveaux alliages et prescriptions de brackets ont certainement facilité l'exercice orthodontique, ils ont aussi incité de nombreux cliniciens à négliger l'aspect biomécanique de leurs traitements. Les cliniciens ont fini par laisser les fils décider, en leur lieu et place, de la direction des mouvements dentaires orthodontiques. Mes enseignements sont de rappeler, à mes étudiants et aux cliniciens, qu'ils peuvent aisément appliquer les concepts de biomécanique, sans renoncer à leur propre philosophie clinique.

P.A. : *Vous avez écrit de nombreux articles et consacré quatre ouvrages à la biomécanique [48,49,50,52]. Selon vous, d'où vient cette réticence de beaucoup de cliniciens vis-à-vis de la biomécanique, qu'ils décrivent souvent comme trop complexe et théorique ?*

R.N. : De nombreux éléments peuvent expliquer cette réticence. Les cliniciens se contentent généralement d'appliquer ce qu'ils ont appris au cours de leurs études. Accaparés par leur exercice,

la perspective d'un changement de pratique leur paraît un fardeau. De plus, le programme d'enseignement de nombreuses universités n'aborde plus, ou seulement superficiellement, la biomécanique. Au cours des années 1970 et 1980, la publication de nombreux articles de Burstone, très mathématiques et théoriques, a effrayé les cliniciens et les a amenés à penser que la biomécanique était particulièrement difficile à utiliser en clinique. Depuis, ma tâche a été de transformer les concepts biomécaniques, afin de les rendre familiers, et d'en faciliter la compréhension et l'utilisation clinique.

P.A. : *Avec votre équipe de l'Université du Connecticut, vous avez effectivement déployé des efforts considérables pour simplifier la mécanique orthodontique [52] et la rendre compatible avec un exercice clinique quotidien soutenu. Vous avez déclaré croire en des forces légères et à action prolongée, qui ne nécessitent pas d'activation fréquente ou de changement de fil, et qui peuvent contrôler les effets secondaires [51]. Pouvez-vous nous en donner quelques exemples ?*

R.N. : Les deux meilleurs exemples en sont les arcs d'égression (voir Fig. 9a-c) et d'ingression (voir Fig. 22 et 23a et b) et les boucles en T ou les boucles champignons, utilisées pour la fermeture d'espaces. Pour l'arc d'ingression, nous utilisons une force de 40 à 50 grammes pour ingresser les quatre incisives maxillaires et de 30 à 35 grammes pour les quatre incisives mandibulaires. Pour chaque millimètre de mouvement, la perte de force est de seulement 5 à 8 grammes et le fil peut rester actif pendant quelques mois, sans qu'il soit nécessaire de l'activer.

Le même principe peut être appliqué pour toute activation de fil. Une longue distance entre deux points d'attache, telle que pour un cantilever de molaire à canine, permet d'appliquer une force très faible avec une désactivation lente, et ceci pour tout type de mouvement dentaire. Une grande erreur, partagée par toutes les philosophies de traitement orthodontique, est de croire en la nécessité d'une activation des boucles à chaque visite ou d'un changement de la chaînette élastomérique pour une chaînette de même force.

Lors de mes conférences et de mes enseignements, je souligne toujours que nous avons besoin d'une force relativement plus élevée pour initier le

mouvement d'une dent qui n'a jamais bougé, mais qu'une fois le mouvement de cette dent amorcé, nous avons seulement besoin d'une force « d'entretien » du mouvement dentaire, d'intensité bien moindre.

P.A. : *Quels sont les avantages de l'utilisation biomécanique orientée des dispositifs orthodontiques ? Pouvez-vous l'illustrer avec l'exemple de la rétraction en masse des incisives mandibulaires ?*

R.N. : Les dispositifs biomécaniques, les fils, les boucles, etc, vous permettent de connaître à l'avance le système de force et les effets secondaires potentiels. La connaissance des effets secondaires potentiels vous permet de les prévenir en prenant les précautions appropriées. Il est toujours préférable d'être informé, dès le départ, de ce que vous pouvez attendre de l'utilisation d'un système biomécanique au cours du traitement.

Le meilleur exemple que je puisse vous en donner est, effectivement, celui des boucles de rétraction en masse des incisives. Les boucles peuvent être initialement activées de 4 à 6 mm, pour développer une force de rétraction en masse des quatre incisives mandibulaires de 250 g, avec une diminution de l'intensité de la force de seulement 30 à 35 grammes pour chaque millimètre de mouvement dentaire. L'activation de ces boucles crée des moments antérieurs et postérieurs qui, avec la décroissance de l'intensité de la force qui accompagne le mouvement des dents, permettent à la rétraction antérieure de passer d'une version contrôlée à un mouvement de translation, sans aucune réactivation. Ce concept est clairement expliqué dans les manuels que nous avons publiés. Il faut garder en mémoire que ce sont l'activation des boucles et la claire compréhension de leur fonctionnement biomécanique qui permettent de rétracter les incisives sans avoir besoin de redressement radiculaire ou de mouvement de torque, une fois les espaces fermés.

P.A. : *Vous avez étudié chez le singe [46] la possibilité de protracter le maxillaire et les adaptations suturales qui sont induites [53]. En 1980 [47], vous avez proposé une innovation biomécanique afin de contrer les forces extrusives qui se produisent généralement comme effets secondaires lors de la protraction maxillaire sur masque. Vous avez recommandé d'utiliser un arc de force extra-orale, inséré distalement dans les tubes molaires, et de plier l'arc externe afin que la ligne d'action de la force*

appliquée passe au-dessus du centre de résistance du complexe dento-alvéolaire maxillaire. Utilisez-vous encore cette proposition biomécanique [36] ?

R.N. : Mes concepts évoluent constamment. Ce que j'écrivais et faisais dans les années 1980 était approprié à l'époque. Actuellement, nous privilégions l'utilisation des ancrages orthodontiques temporaires pour contrôler les effets secondaires. Cependant, les concepts de base, eux, s'appliquent toujours. L'étude biomécanique préalable à la protraction du maxillaire permet de déterminer si le maxillaire doit seulement être avancé, ou si un mouvement d'inclinaison verticale est également nécessaire. Un objectif de pure protraction requiert une force, dont la ligne d'action passe par le centre de la résistance (CR). Une force dont la ligne d'action passe au-dessus ou au-dessous du CR provoquera une rotation de la mandibule. Malheureusement, la majeure partie des systèmes de force employés pour la protraction maxillaire ont des lignes d'action qui passent en dessous du CR ou au niveau du plan occlusal, du fait de l'utilisation d'élastiques tendus entre les dents ou des ancrages orthodontiques temporaires, et un appui extraoral.

P.A. : *Quels changements histologiques avez-vous observés au niveau sutural lors d'une protraction maxillaire [53] ?*

R.N. : Les changements intervenant au niveau sutural lors de la protraction sont particulièrement complexes. Le dessin des sutures n'est pas rectiligne, mais plutôt tortueux, en dents de scie, ce qui explique que le mouvement d'un os médio-facial met en jeu des milliers de zones de résorption et d'apposition. En outre, au sein d'une même suture, il pourrait exister des zones de résistance, qui freinent la protraction. Enfin, plus le patient est âgé, plus la suture est complexe, et plus la protraction est difficile.

P.A. : *Une récente revue systématique de la littérature [93] avait pour objectif de déterminer l'intensité et la durée d'application optimales de la force de protraction maxillaire. L'intensité préconisée variait de 180 à 800 g par côté, et la durée de port variait de 10 à 24 heures par jour. Quelle force de traction et quelle durée de port recommandez-vous ?*

R.N. : Je recommande de choisir l'intensité de la force en fonction de l'âge du patient. Plus le patient est âgé, et plus une intensité élevée peut être

requis pour vaincre la résistance liée à la complexité des sutures. Pour des patients âgés de 6 à 9 ans, une force de 250 grammes avec une traction appliquée sur des ancrages orthodontiques temporaires est suffisante. De 9 à 12 ans, 350 à 400 grammes et 400 à 600 grammes peuvent suffire. Je suis un fervent adepte des forces légères et je pense qu'il est toujours temps d'augmenter l'intensité d'une force, si le mouvement désiré n'a pas lieu.

La durée d'application de la force varie également en fonction de l'âge du patient. Chez des patients plus jeunes, 10 à 12 heures de port quotidien peuvent suffire. Les patients plus âgés ont besoin de davantage de temps de port, mais malheureusement, ils sont souvent moins observants.

P.A. : *Jean Delaire a remis en question les conceptions classiques, selon lesquelles le développement de la base du crâne serait totalement prédéterminé [16]. Il préconise de débiter le traitement des dysmorphies de classe III [17] le plus précocement possible, idéalement avant six ans [4]. À quel âge, préconisez-vous d'engager le traitement de ce type de dysmorphie ?*

R.N. : Personnellement, je ne suis pas favorable à un début de traitement avant l'âge de six ans. La force des dispositifs de protraction classiques, tels que le masque de Delaire, est délivrée au niveau du menton et du front, par simple application du concept de force réciproque. Je ne sais pas quel peut être son effet sur des articulations temporo-mandibulaires et des os crâniens en développement.

P.A. : *Une étude rétrospective, qui comparait les effets des traitements par fronde mentonnaire et par masque orthopédique [69], a montré une plus grande avancée du maxillaire chez les patients traités par masque orthopédique. J. Delaire et J.-M. Salagnac [64] réservent l'emploi de la fronde mentonnaire chez le très jeune enfant, particulièrement entre 12 et 36 mois. Pouvez-vous nous indiquer les conclusions des études que vous avez consacrées à ce dispositif [62,84] et si vous en gardez, aujourd'hui, des indications ?*

R.N. : J'ai complètement arrêté l'utilisation de la fronde mentonnaire pour traiter les patients de classe III. Mes deux articles, publiés en 1986, étaient basés sur l'étude de tracés céphalométriques de patients traités à l'Université de Tohoku, au Japon. La croissance de ces patients n'était pas terminée. Les études ont montré qu'un nombre important de

patients se sont retrouvés avec une classe III squelettique nécessitant une intervention chirurgicale. Il a également été démontré que, lorsque la fronde mentonnière était utilisée, la mandibule présentait moins de croissance et un changement de direction mais, aussi, qu'une fois la fronde mentonnière arrêtée, l'augmentation de la croissance était encore plus importante que prévu. Je ne recommande pas l'utilisation de la fronde mentonnière pour modifier la croissance.

P.A. : *Les syndromes de classe III associent fréquemment des anomalies de la dimension transversale à l'anomalie sagittale. En pareil cas, conseillez-vous de mener la correction transversale avant, pendant ou après celle de la dimension sagittale? Quelles modalités et dispositifs thérapeutiques privilégiez-vous?*

R.N. : Il n'y a aucune preuve convaincante que l'expansion palatine associée à la protraction maxillaire facilite le mouvement de la partie médiane de la face vers l'avant. Eric Jein-Wein Liou [38,83], de Taiwan, encourage l'ouverture et la fermeture de la suture palatine médiane 4 à 6 fois, pour desserrer les sutures médio-faciales. Pour moi, cette procédure semble assez drastique étant donné que l'action proposée affecte l'ensemble des os crâniens. Par habitude, j'attends de disposer d'un nombre plus important d'études fondées sur des preuves avant de définir une nouvelle ligne d'action thérapeutique.

P.A. : *James A. McNamara [42,43] associe un dispositif d'expansion palatine rapide collé au masque facial orthopédique pour traiter les dysmorphies de classe III. Pouvez-vous expliquer à nos lecteurs pourquoi vous préférez utiliser des disjoncteurs de type Hyrax soudés sur les bagues molaires?*

R.N. : Je suis opposé à l'utilisation de dispositifs d'expansion maxillaires collés en orthodontie. Mes raisons sont purement basées sur des principes biologiques. Après disjonction, je préfère laisser le disjoncteur en place pendant au moins six à neuf mois. Ceci permet la maturation de l'os néoformé dans la suture et une meilleure adaptation du complexe musculaire. Les disjoncteurs collés sont difficiles à conserver pendant plus de trois mois, en raison de l'éruption dentaire et de l'exfoliation des dents temporaires, des problèmes d'élocution et, manifestement, ils n'incitent pas à l'observance thérapeutique.

Je préfère effectivement utiliser un disjoncteur soudé sur deux bagues molaires, avec des extensions qui s'appuient sur la face palatine des dents postérieures et des canines. Après expansion, je laisse le dispositif en bouche et j'en coupe les extensions, si nécessaire. Ainsi, après six ou sept mois, souvent, le patient ne porte plus que le vérin d'expansion relié aux bagues molaires. Également, je ne suis pas partisan de la disjonction maxillaire rapide. Je l'utilise seulement s'il y a une occlusion inversée associée à une déficience squelettique, et je n'en recommande pas l'usage quand le seul objectif visé est un gain d'espace.

P.A. : *L'expansion palatine rapide, chez des patients présentant un schéma de classe II squelettique sévère avec une hauteur faciale inférieure augmentée, peut s'accompagner d'effets secondaires orthodontiques et orthopédiques indésirables. Dans ces cas, vous aviez proposé de contrôler la dimension verticale par l'utilisation conjointe d'une fronde mentonnière à traction haute [39]. Utilisez-vous encore ce dispositif avec cet objectif?*

R.N. : En effet, je recommande toujours l'utilisation d'une fronde mentonnière à traction verticale avec 200 grammes de force, portée pendant un mois durant le seul temps du sommeil, pour contrer toute égression des cuspidés molaires palatines. Le port de cette fronde mentonnière m'aide également à maintenir la dimension verticale.

P.A. : *Quelle est votre expérience d'autres dispositifs thérapeutiques, comme les tractions intermaxillaires appliquées sur des ancrages squelettiques de type Bollard proposées par Hugo de Clerck [14], ou encore le récent Carriere Motion pour classe III [8]?*

R.N. : La contribution thérapeutique d'Hugo du recours à des ancrages squelettiques est merveilleuse. Il appuie son approche thérapeutique sur de solides arguments. Sa technique permet de mieux prévoir l'avancement du maxillaire et de diminuer la durée du traitement.

Le dispositif Carriere de correction des classes III ne fait que verser lingualement les incisives mandibulaires. Si tel est votre objectif, je n'y trouve rien à redire, mais je pense que les patients en classe III ont besoin d'une approche biomécanique plus aboutie. Pour verser les incisives mandibulaires en direction linguale, il me suffit simplement d'utiliser des élastiques de classe III.

3. Accélération du traitement orthodontique

P.A. : Diminuer la durée des traitements est une préoccupation constante des cliniciens, en réponse au souhait de leurs patients [63] et avec l'objectif de limiter les risques d'apparition de caries [35] et de résorptions radiculaires [66], qui sont corrélés à la durée totale du traitement orthodontique. Nous souhaiterions que vous livriez à nos lecteurs l'état des recherches cliniques et fondamentales sur les moyens d'accélérer leurs traitements.

R.N. : Cette question requiert un long développement, peu compatible avec le cadre restreint d'un entretien. Au-delà de mes réponses à vos prochaines questions, j'invite vos lecteurs à assister à la journée de prestige du jeudi 22 mars 2018, pendant laquelle je détaillerai l'état de la science des recherches cliniques et fondamentales sur cette intéressante question.

3.1. Interventions chirurgicales

P.A. : Quelles sont les conclusions de votre récent essai clinique randomisé [77], consacré à l'utilisation d'incisions corticales piézoélectriques pour accélérer le traitement de l'encombrement antérieur mandibulaire ? Que pensez-vous des allégations d'auteurs [85] qui écrivent pouvoir ainsi diviser par trois ou quatre la durée globale d'un traitement orthodontique ?

R.N. : Nos études sur la piézocision, ainsi que trois autres essais cliniques randomisés, n'ont montré aucun changement significatif par rapport au groupe témoin. Par exemple, la durée de l'alignement des dents mandibulaires dans le groupe expérimental était réduite de seulement 12 jours. Je ne sais pas pourquoi les tenants de cette approche soutiennent de telles affirmations. Nous ne croyons personnellement qu'aux données basées sur des preuves.

P.A. : Que pensez-vous de l'affirmation des mêmes auteurs [85] selon lesquels l'orthodontie assistée par corticotomie permettrait une plus grande latitude de mouvement, un moindre recours aux extractions et une stabilité accrue grâce à l'accroissement du support parodontal ?

R.N. : Je ne crois pas aux assertions d'auteurs. J'ai besoin de faits concrets. Les incisions corticales

peuvent accélérer le mouvement dentaire orthodontique, mais la plupart des études montrent que ces petites incisions corticales ont seulement un effet transitoire. Des incisions corticales plus importantes peuvent en allonger la durée. Si l'on regarde l'effet total et le coût supplémentaire lié à la procédure chirurgicale, je ne recommande pas les corticotomies avec élévation de lambeaux muco-périostés.

3.2. Interventions complémentaires non chirurgicales

3.2.1. Vibrations mécaniques

P.A. : Vous avez mené des recherches chez l'animal pour étudier l'effet des vibrations mécaniques basse fréquence sur la vitesse du déplacement dentaire, le volume et la densité osseux, l'intégrité du ligament parodontal [90] et les résorptions radiculaires [91]. Quelles ont été vos conclusions ?

R.N. : Nos études animales ont montré que l'utilisation de vibrations chez les rats ne modifie pas significativement la vitesse du mouvement dentaire orthodontique et augmente l'apposition osseuse. Nous avons trouvé une faible corrélation avec la diminution des résorptions radiculaires et une légère diminution de la récidence.

P.A. : La revue systématique Cochrane [23], consacrée aux techniques non chirurgicales pour accélérer le déplacement dentaire, déplore la faible qualité méthodologique des études publiées et constate que l'effet des vibrations mécaniques n'est pas statistiquement et cliniquement significatif. Quel est votre avis ?

R.N. : Je partage les conclusions de cette revue Cochrane, ainsi que celles de plusieurs autres revues systématiques. Je préconise toujours vivement de ne pas se précipiter pour acheter un nouveau gadget, à moins qu'on ne dispose d'études convaincantes qui en démontrent l'efficacité.

3.2.2. Thérapie laser de faible intensité

P.A. : La photobiomodulation laser semble pouvoir atténuer la douleur initiale à court terme [15,27] et légèrement accélérer le déplacement dentaire [28]. Quelle est votre avis sur cette technique et l'avenir de son utilisation clinique ?

R.N. : Bonne question, sur laquelle les scientifiques restent divisés.

3.2.3. Champ électromagnétique pulsé

P.A. : *Les études chez l'animal ont montré que les champs électromagnétiques pulsés peuvent accélérer le déplacement dentaire chez le rat [21]. Il existe très peu de recherches cliniques chez l'homme et leur faible qualité méthodologique [94] empêche de déterminer si cette intervention complémentaire est efficace. Que pensez-vous de l'utilisation des champs électromagnétiques pulsés ?*

R.N. : En l'absence actuelle d'essais randomisés, je m'abstiens là aussi de donner mon avis.

3.3. Brackets autoligaturants

P.A. : *Trois revues systématiques de la littérature [9,10,26] ont montré qu'il n'existe pas de données publiées probantes permettant d'affirmer que l'emploi des brackets autoligaturants réduit la douleur du patient, raccourcit la durée totale du traitement, procure un résultat plus stable ou meilleur sur les plans esthétique ou occlusal, ou diminue le recours aux avulsions dentaires. Quelle est votre opinion et quelles sont les conclusions de vos récentes études [13,59], consacrées à la comparaison entre brackets autoligaturants et brackets conventionnels ?*

R.N. : Le choix de la dénomination, inappropriée, des brackets autoligaturants vient des allégations fallacieuses d'un fabricant de brackets et de ses représentants commerciaux. De nombreuses études ont montré que la majorité de leurs revendications n'avaient aucune base scientifique. Les brackets autoligaturants ont une place dans nos exercices et j'utilise personnellement les brackets autoligaturants Bioquick de Forestadent. Les raisons de mon choix sont très simples. J'utilise des arcs à mémoire de forme et des fils / boucles / pliures à action prolongée et je vois mes patients toutes les six semaines. Le choix de ce dispositif m'apporte une réponse au problème des ligatures élastomériques et de leur perte de force, me permet de planifier des rendez-vous de moindre durée et facilite le contrôle de la plaque dentaire de mes patients.

P. A. : *La revendication des fournisseurs de brackets sans, ou à faible, friction ne nous détourne-t-elle pas de la résistance principale au glissement, qui est la pliure du fil à l'entrée de la gorge du bracket qui apparaît peu de temps après le début du déplacement dentaire [6] ?*

R.N. : Vous avez raison. Je considère que la désinformation des fournisseurs est vraiment gênante. Je ne comprends absolument pas ce qu'est une faible friction et je constate que nous utilisons trop souvent des fils inadaptés. Ma conférence portera aussi sur les nouveaux fils, que j'ai aidés à introduire pour réduire le gaspillage et la perte de temps liés à l'utilisation de trop nombreux fils.

3.4. Le système de distribution des forces

P.A. : *Vous avez toujours dit que nous, orthodontistes, passions souvent la moitié de notre temps à traiter les problèmes des patients et l'autre moitié à corriger les problèmes que nous avons créés, fréquemment en raison d'une biomécanique insuffisante. Quelles sont les erreurs les plus communes à éviter pour ne pas augmenter ainsi inutilement la durée de nos traitements ?*

R.N. : Les erreurs les plus courantes sont celles qui génèrent des effets secondaires, comme des versions radiculaires, des problèmes de torque, une perte d'ancrage, une inclinaison des plans occlusaux, des problèmes de ligne médiane et je peux continuer à vous en dresser une liste plus complète. Tous ces problèmes sont souvent créés pendant le traitement. Je dis toujours que la bonne gestion biomécanique du traitement sans extractions d'un cas de classe I avec encombrement ne devrait pas durer plus de neuf mois avec des dispositifs multibrackets.

P.A. : *La définition d'un niveau de force optimal [7] pour déplacer les dents est cruciale. La dernière revue systématique de la littérature [61] consacrée à ce sujet n'a pas permis à ses auteurs de répondre à la question. Que conseillez-vous à vos étudiants ?*

R.N. : La définition d'un niveau de force optimal devrait être basée sur le type de dent, la taille des groupes de dents, et si ce sont des dents maxillaires ou mandibulaires. Je n'en peux donner que quelques exemples. Pour ingresser une molaire maxillaire avec des ancrages orthodontiques temporaires, nous avons besoin d'au moins 250 grammes, l'ingression des quatre incisives maxillaires requiert 40 à 50 grammes, la rétraction des quatre incisives maxillaires 300 à 350 grammes, la distalisation d'une canine 25 à 300 grammes, et ainsi de suite.

3.5. Utilisation d'agents pharmacologiques

P.A. : *Vous avez dirigé plusieurs recherches histologiques [5,30,37,41,44,56], consacrées au déplacement dentaire et à sa modulation par l'utilisation d'agents pharmacologiques. Quelle est l'incidence de ces agents sur le mouvement dentaire et le risque de résorption radiculaire ?*

R.N. : Je ne privilégie actuellement l'utilisation d'aucun agent pharmacologique pour accélérer le mouvement dentaire orthodontique, car leur application locale génère trop d'effets secondaires. Nous travaillons actuellement sur un projet de diffusion lente et régulière de RANKL, une cytokine qui favorise la résorption osseuse après injection chez le rat.

4. Prise en charge des hyperdivergences et des insuffisances verticales antérieures : avec ou sans dispositifs d'ancrage temporaires

P.A. : *Vous avez consacré de nombreuses publications [12,22,32,55,68,70-73,87] et un ouvrage [50] aux ancrages orthodontiques temporaires. Comme pour tout dispositif mécanique, leur utilisation peut s'accompagner d'effets indésirables. Pouvez-vous nous en donner un aperçu et nous décrire les moyens de les prévenir ?*

R.N. : La réponse peut être formulée simplement : si un clinicien implante un ancrage orthodontique temporaire dans un site inapproprié ou qu'il applique une distribution inégale des forces entre les côtés gauche et droit, il risque de générer davantage de problèmes que de solutions.

P.A. : *L'utilisation d'ancrages temporaires semble permettre une diminution des indications chirurgicales dans certains cas de béance antérieure [60]. Vous avez étudié l'utilisation de miniplaques pour corriger une béance antérieure par ingression des dents maxillaires postérieures [25]. Quelles en étaient les conclusions et quelles sont pour vous les perspectives cliniques de cette approche thérapeutique ?*

R.N. : Effectivement, l'utilisation d'ancrages orthodontiques temporaires a permis une réduction substantielle des indications chirurgicales dans le traitement des béances antérieures. Nous avons montré que les résultats obtenus par cette approche sont stables, avec seulement 10 à 15 % de récurrence.

5. La zone du sourire

P.A. : *La prise en compte explicite de l'esthétique au sein d'un modèle centré sur les tissus mous représente un changement de paradigme [1,96], et l'optimisation esthétique de la zone du sourire requiert une biomécanique efficace [52,54,79]. Pourriez-vous nous décrire le système biomécanique le plus efficace pour corriger une exposition insuffisante des incisives maxillaires lors du sourire ?*

R.N. : La méthode la plus efficace consiste assurément à utiliser un arc d'égression et à stabiliser le résultat occlusal avec un ancrage indirect (Fig. 1-11), développé à partir d'un ancrage orthodontique temporaire ou par le port d'élastiques. Vos lecteurs en trouveront une explication approfondie dans mon livre [52] et j'en présenterai une illustration détaillée lors de la prochaine Journée de prestige de la SFODF.

P.A. : *Flavio Uribe et vous avez publié plusieurs cas cliniques [18,58], illustrant comment des systèmes mécaniques simples permettent d'améliorer l'esthétique d'un sourire. Pouvez-vous, par exemple, nous décrire votre utilisation de cantilevers pour corriger un plan incisif inférieur incliné ?*

R.N. : Un bon schéma est souvent plus explicite qu'un long discours. Je propose à vos lecteurs de se reporter au système biomécanique du cas n°2 (Fig. 12-23), qui peut également être utilisé à cette fin.

P.A. : *Vos études dynamiques de l'exposition de la denture lors de l'élocution [33] ou du sourire [20,40] ont confirmé que l'exposition des incisives maxillaires décroît progressivement avec l'âge et s'accompagne d'une augmentation graduelle de l'exposition des dents mandibulaires [80]. Quelles conclusions cliniques en tirez-vous pour le traitement des supraclusions incisives profondes, afin d'éviter qu'une ingression excessive des incisives maxillaires ne participe à un vieillissement prématuré du sourire [95] ?*

R.N. : Je crois effectivement que nous devrions définir nos objectifs de traitement en fonction de l'âge de nos patients. Si un jeune patient montre 2 à 3 mm d'exposition gingivale et une supraclusion incisive profonde, je vais ingresser ses dents maxillaires, sans craindre qu'à l'âge de 55 ans il ou elle présente une exposition insuffisante de ses incisives maxillaires. À l'inverse, chez les patients adultes, je privilégie l'ingression des incisives mandibulaires.



Figure 1

Cas n°1. Portraits avant traitement de profil (a), de face (b) et de face avec sourire (c). La patiente présente une bécance antérieure, un défaut d'exposition des incisives maxillaires et d'harmonie esthétique de son sourire.

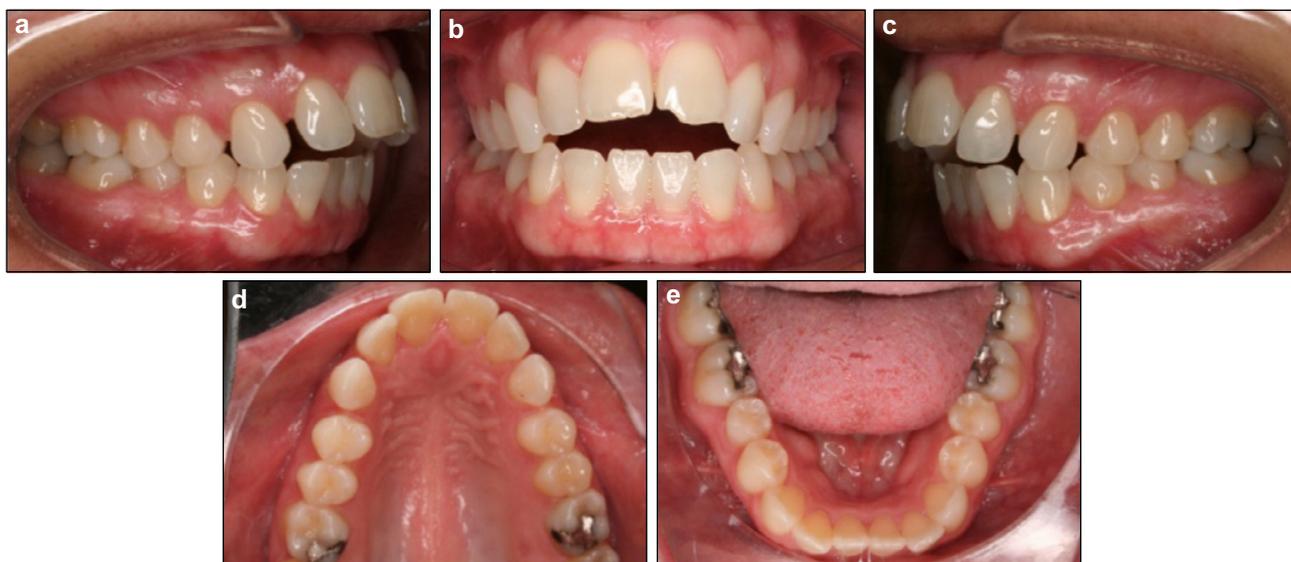


Figure 2

Cas n°1. Vues intra-orales avant traitement, vestibulaires de droite (a), de face (b), de gauche (c), occlusales maxillaire (d) et mandibulaire (e).

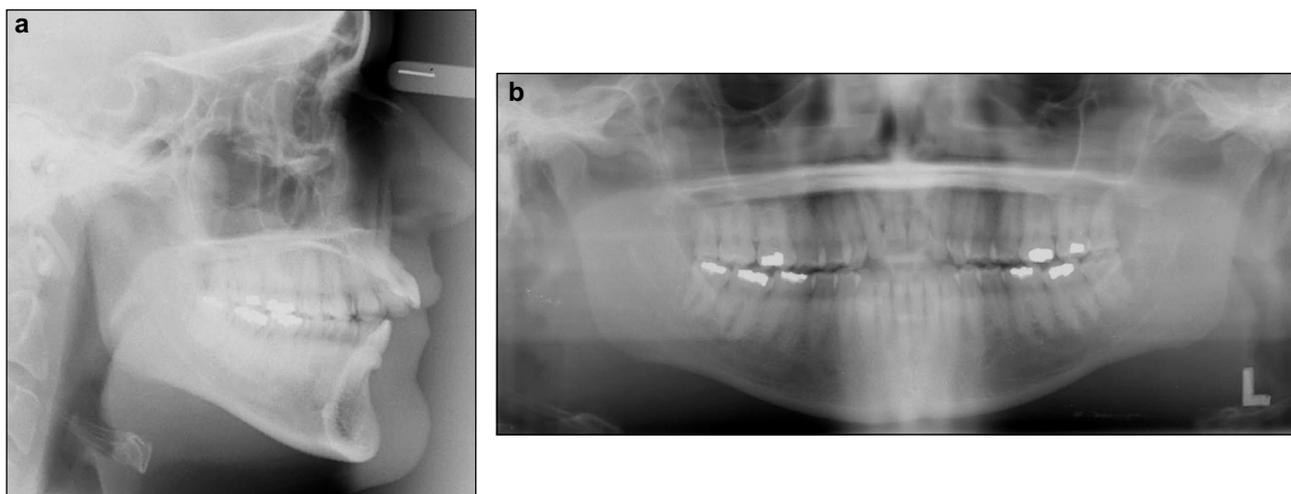


Figure 3

Cas n°1. Téléradiographie de profil (a) et radiographie panoramique (b) avant traitement.

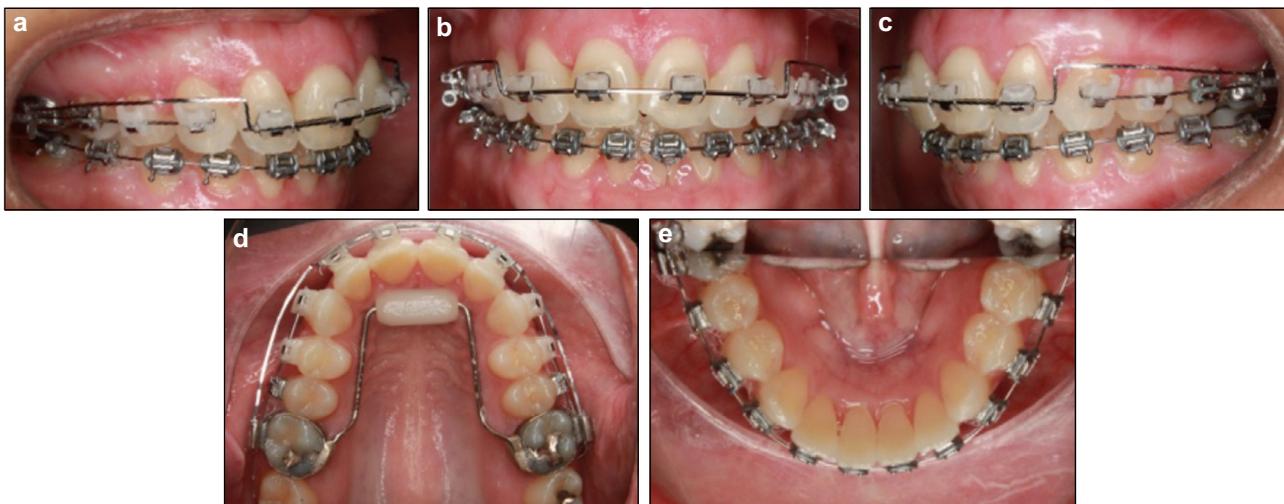


Figure 4

Cas n°1. Vues intra-orales en cours de traitement, vestibulaires de droite (a), de face (b), de gauche (c), occlusales maxillaire (d) et mandibulaire (e).

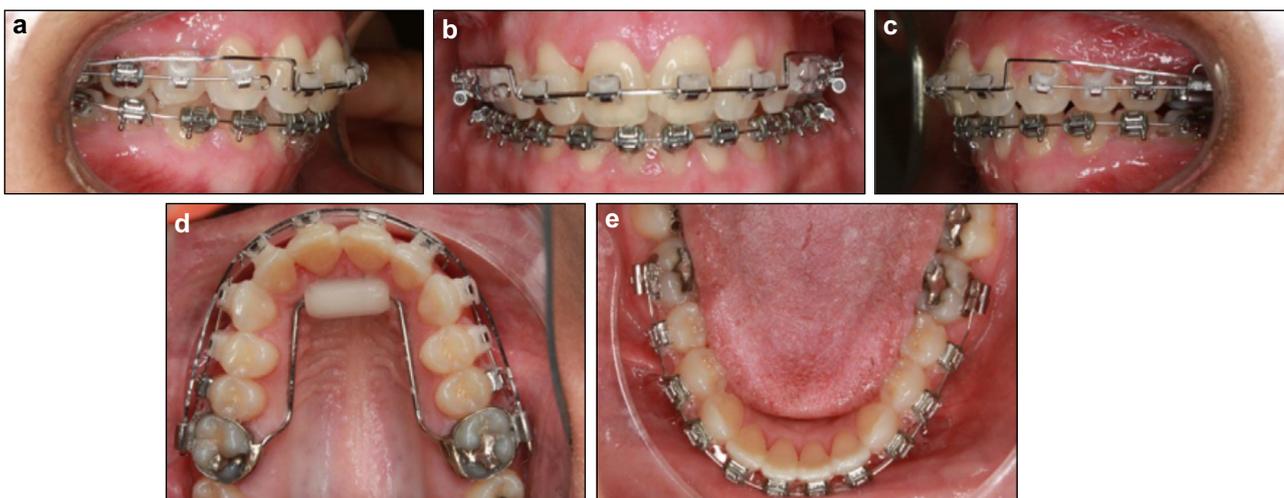


Figure 5

Cas n°1. Vues intra-orales en cours de traitement, vestibulaires de droite (a), de face (b), de gauche (c), occlusales maxillaire (d) et mandibulaire (e).

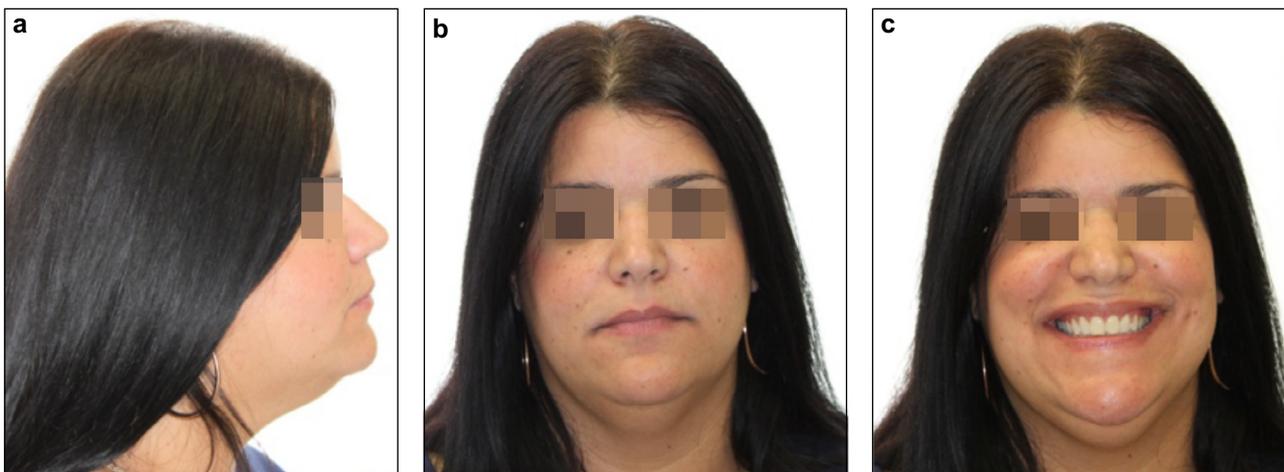


Figure 6

Cas n°1. Portraits après traitement de profil (a) de face (b) et de face avec sourire (c). La patiente présente un sourire harmonieux. Le dispositif mécanique utilisé est le moyen idéal pour corriger une infraclusion antérieure, en peu de temps et sans effets secondaires.

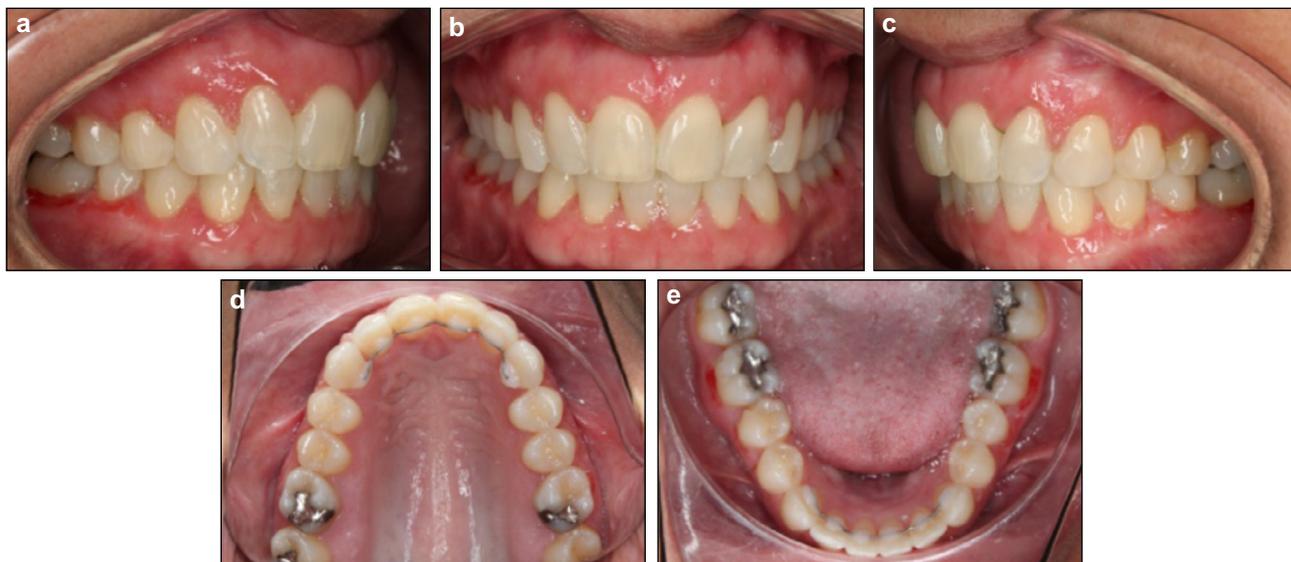


Figure 7

Cas n°1. Vues intra-orales après traitement, vestibulaires de droite (a), de face (b), de gauche (c), occlusales maxillaire (d) et mandibulaire (e). On observe la coïncidence des plans occlusaux antérieur et postérieur.



Figure 8

Cas n°1. Amélioration de l'harmonie faciale et du sourire, avant (a) et après traitement (b).

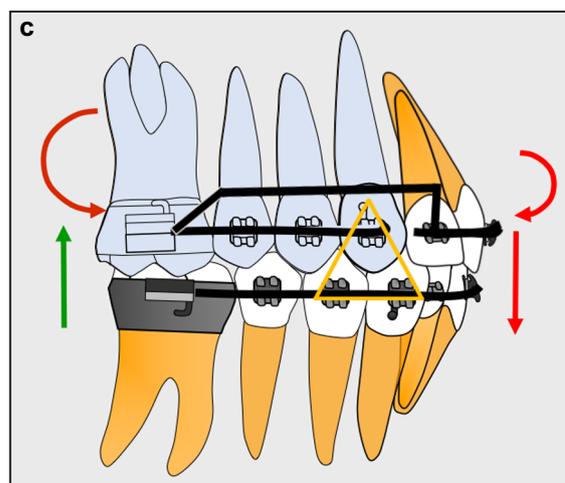
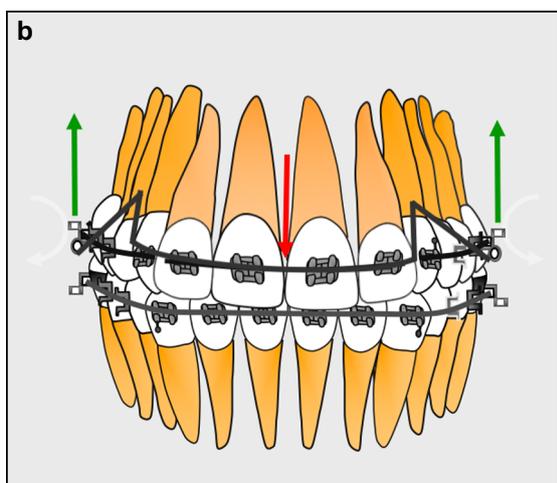
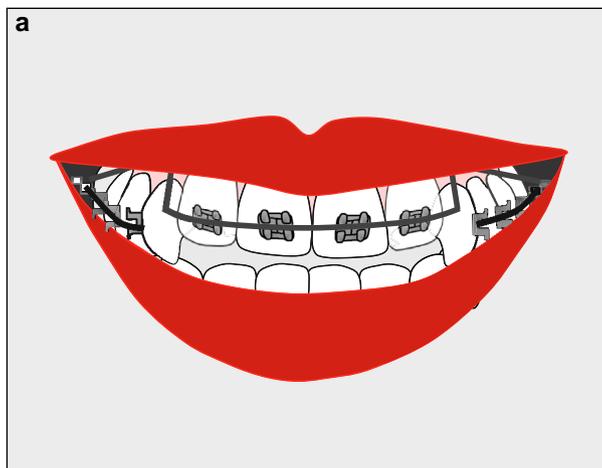


Figure 9

Cas n°1. (a) Schéma montrant l'utilisation de l'arc d'égression chez une patiente avec une infraclusion antérieure et un manque d'exposition des incisives maxillaires. (b) Schéma des deux arcades dentaires montrant le résultat de l'égression des incisives maxillaires. (c) Schéma en vue vestibulaire de droite montrant le système de forces et moments. L'arc d'égression permet d'égresser les incisives maxillaires tout en maintenant le plan occlusal postérieur et la dimension verticale. Un segment buccal contrôle les effets secondaires sur les molaires. Un élastique, tendu de la canine supérieure à la canine et à la première prémolaire mandibulaires, aide à contrôler toute bascule indésirable du plan occlusal.

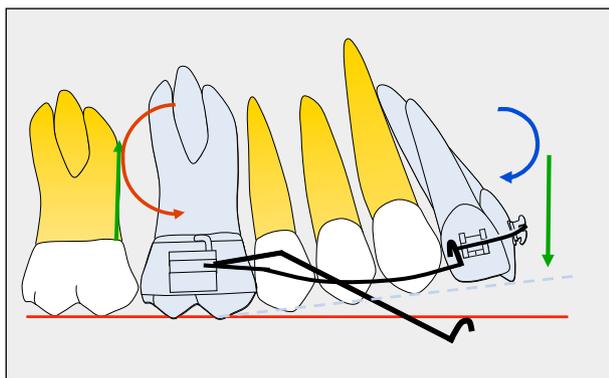


Figure 10

Cas n°1. Schéma montrant le cantilever d'égression avant et après insertion, ainsi que le système de forces et de moments mis en jeu.

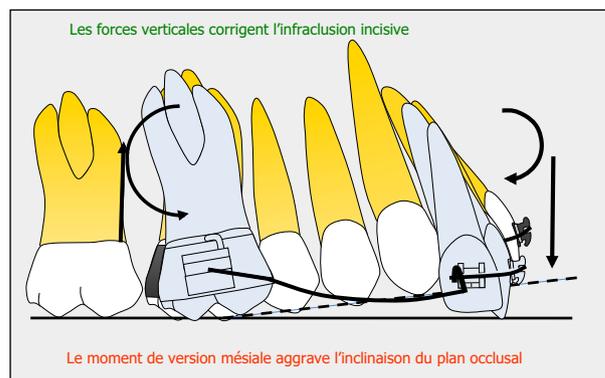


Figure 11

Cas n°1. Schéma montrant le cantilever d'égression après égression des incisives maxillaires.

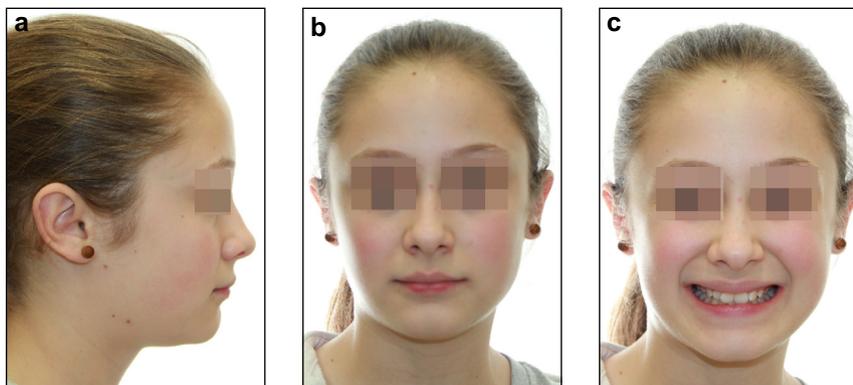


Figure 12

Cas n°2. Portraits avant traitement de profil (a) de face (b) et de face avec sourire (c).

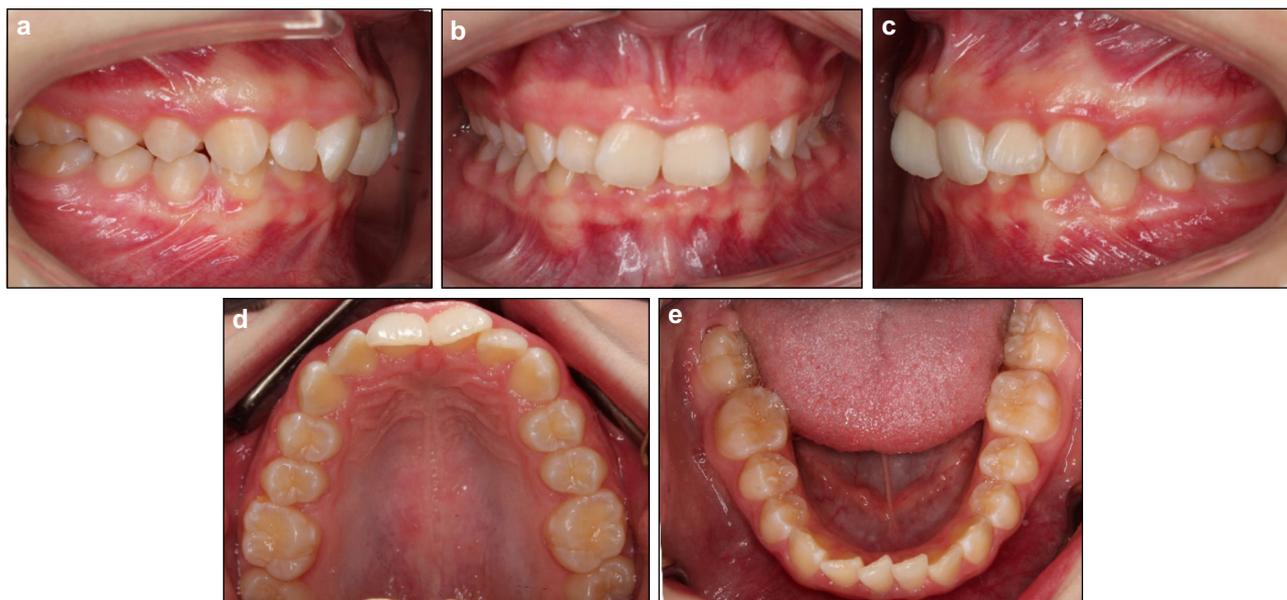


Figure 13

Cas n°2. Vues intra-orales avant traitement, vestibulaires de droite (a), de face (b), de gauche (c), occlusales maxillaire (d) et mandibulaire (e). La patiente présente une supraclusion incisive marquée.

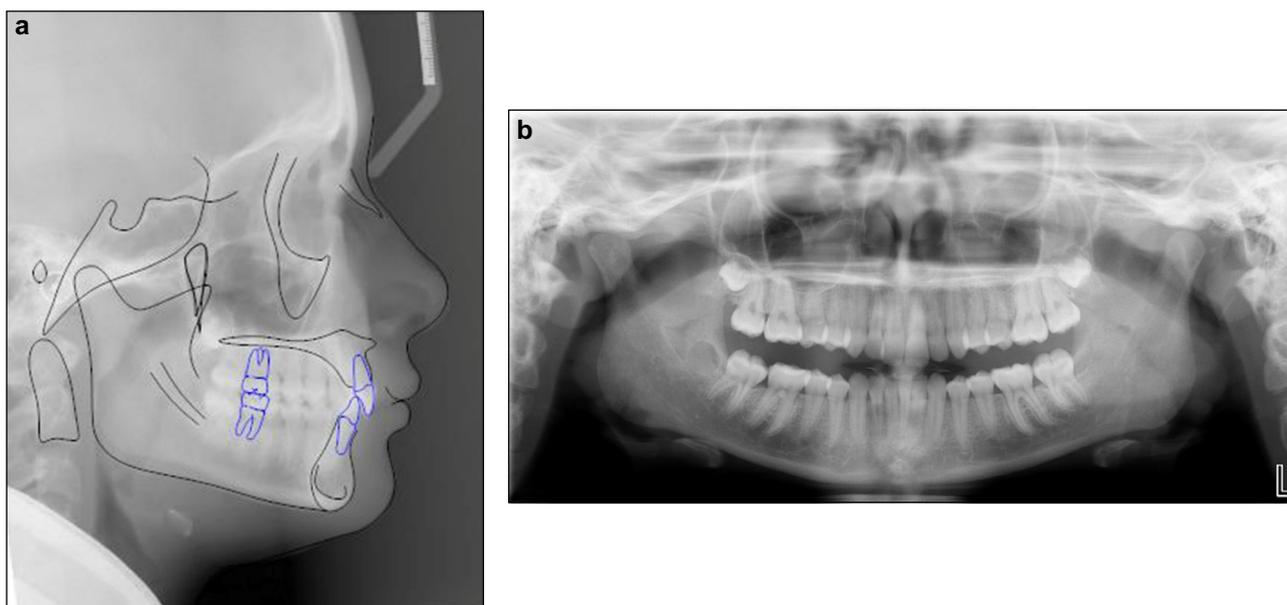


Figure 14

Cas n°2. Téléradiographie de profil (a) et radiographie panoramique (b) avant traitement.



Figure 15

Cas n°2. Vues intra-orales en cours de traitement, vestibulaires de droite (a), de face (b) et de gauche (c). Le traitement avait pour objectif de vestibuloverser les incisives maxillaires et mandibulaires et d'utiliser l'arc d'ingression pour corriger la classe II molaire en distoversant les molaires maxillaires (l'arc principal est coupé en distal des secondes prémolaires maxillaires).



Figure 16

Cas n°2. Vues intra-orales en cours de traitement, vestibulaires de droite (a), de face (b) et de gauche (c). Les élastiques de classe II ont pour fonction d'obtenir une classe I canine. On n'observe aucune intrusion car la force appliquée sur les incisives maxillaires est de seulement 40 grammes et l'arc principal solidarise les 10 dents en avant des molaires.

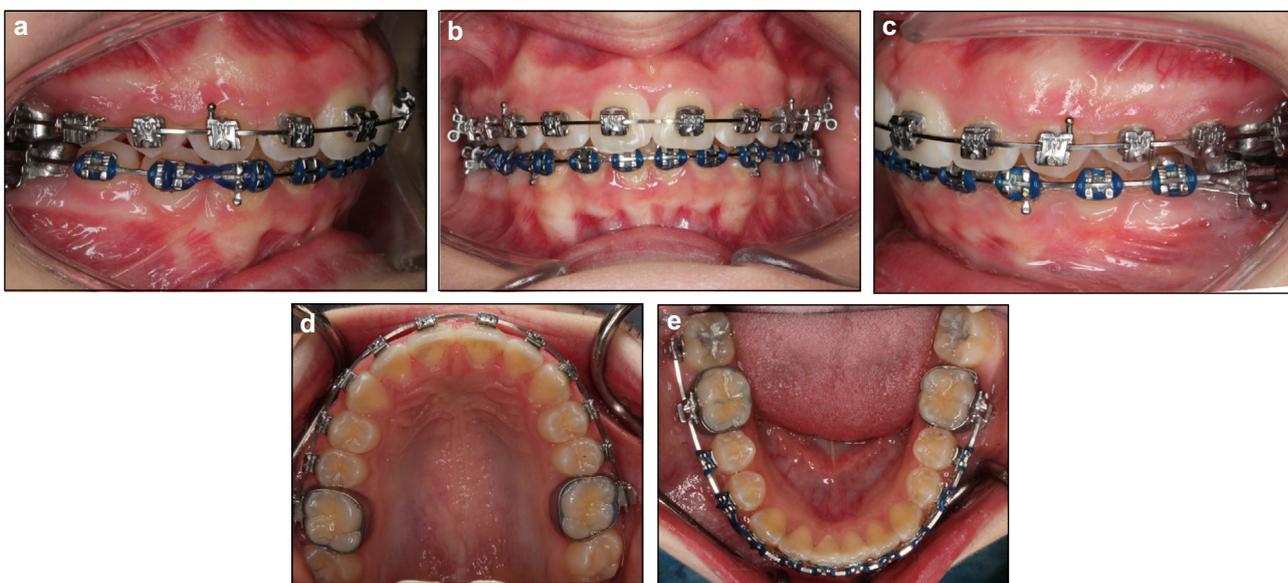


Figure 17

Cas n°2. Vues intra-orales en cours de traitement, vestibulaires de droite (a), de face (b), de gauche (c), occlusales maxillaire (d) et mandibulaire (e).

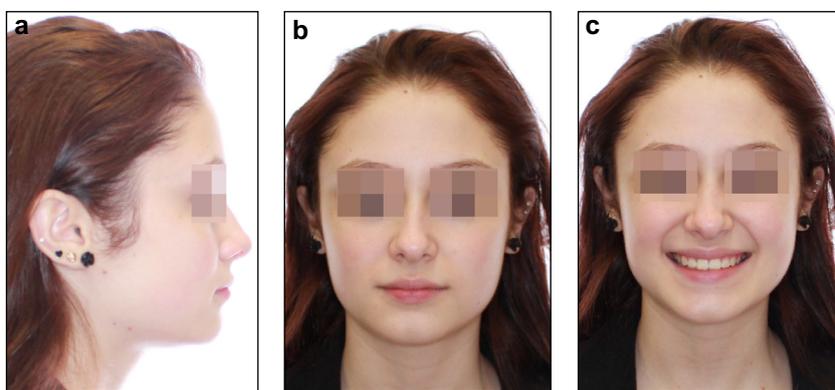


Figure 18

Cas n°2. Portraits après traitement de profil (a), de face (b) et de face avec sourire (c). La patiente présente un sourire harmonieux. Le système biomécanique utilisé a permis d'obtenir un sourire agréable et une bonne occlusion.

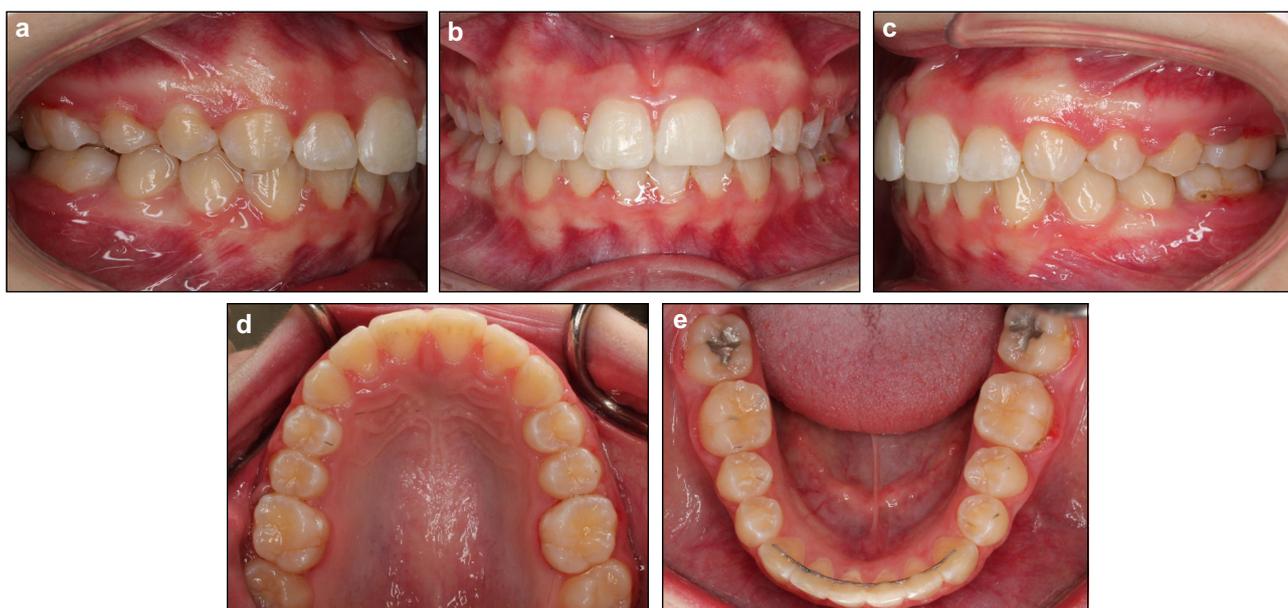


Figure 19

Cas n°2. Vues intra-orales après traitement, vestibulaires de droite (a), de face (b), de gauche (c), occlusales maxillaire (d) et mandibulaire (e).

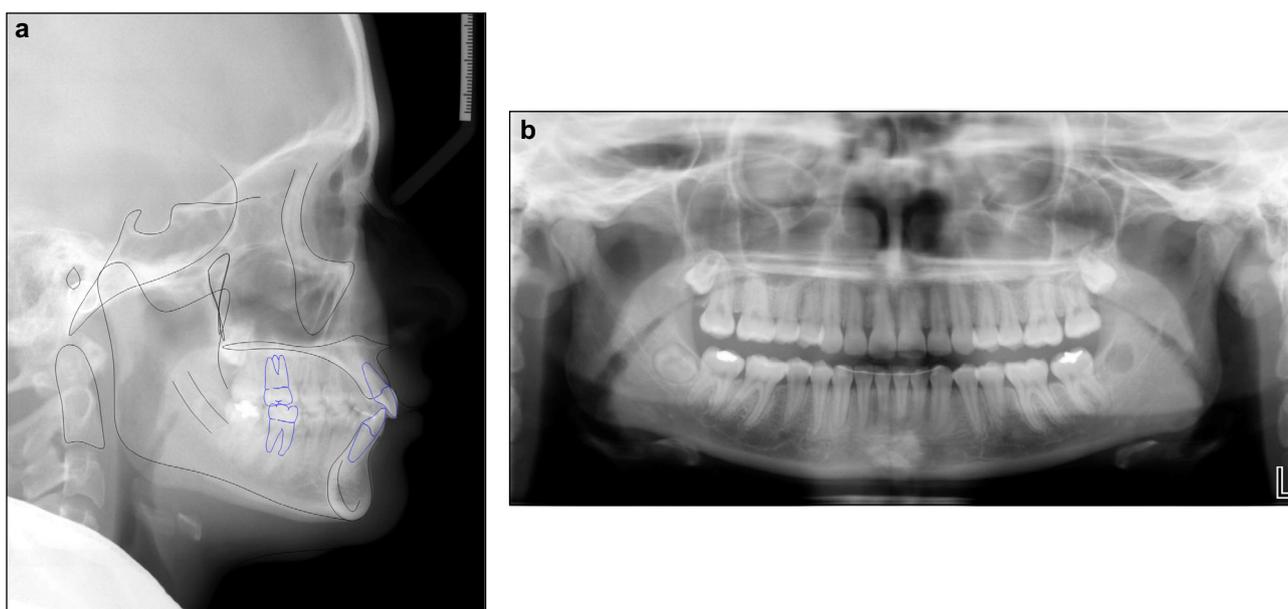


Figure 20

Cas n°2. Téléradiographie de profil (a) et radiographie panoramique (b) après traitement.



Figure 21

Cas n°2. Amélioration de l'harmonie faciale et du sourire, avant (a) et après traitement (b).

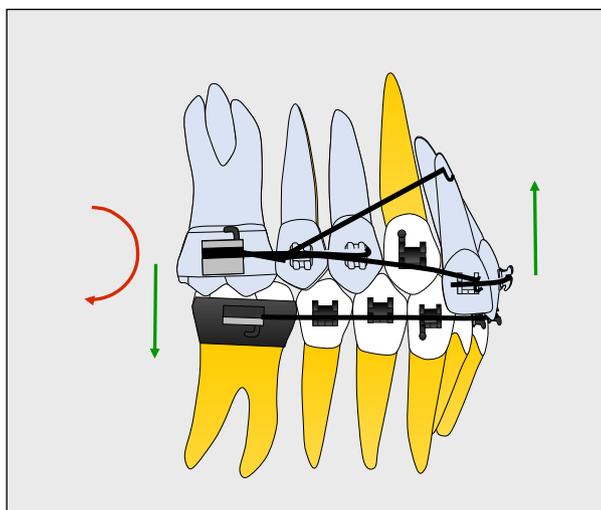


Figure 22

Cas n°2. Schéma montrant l'utilisation d'un cantilever d'ingression avant et après insertion, ainsi que le système de forces et de

P.A. : *L'exposition d'une hauteur de gencive maxillaire d'au moins 4 mm définit un sourire gingival [78]. Quels éléments vous permettent de choisir entre une ou plusieurs des options thérapeutiques de sa correction : orthodontie, chirurgie mucogingivale ou chirurgie orthognathique ?*

R.N. : *Je privilégie toujours le recours à l'orthodontie. Dans les cas plus complexes, je peux avoir recours aux ancrages orthodontiques temporaires, et, plus rarement, à la chirurgie.*

P.A. : *Pour les profanes, le sourire d'un patient dont les agénésies d'incisives latérales maxillaires ont été*

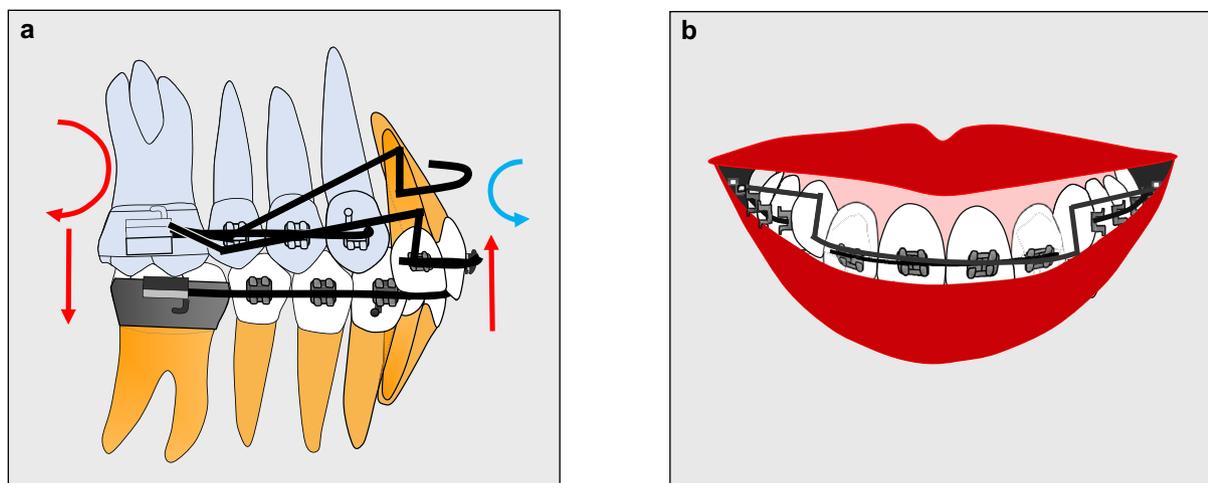


Figure 23

Cas n°2. (a) Schéma montrant l'utilisation d'un arc d'ingression avant et après insertion, ainsi que le système de forces et de moments mis en jeu. (b) Schéma montrant l'utilisation d'un arc d'ingression chez une patiente avec une supraclusion incisive marquée.

traitées par substitution des canines apparaît plus séduisant que lorsqu'il est traité par prothèse implantoportée [19,65]. Vers quelle option se porte votre préférence et pourquoi ?

R.N. : Je décide à chaque fois en fonction de la situation clinique de mon patient. Je ne suis guère dogmatique. Si la canine a déjà pris la place de l'incisive latérale ou en est assez proche, je la laisse là. Je respecte également les souhaits de mes patients, une fois que je leur ai délivré les éléments d'une information éclairée sur les différentes options thérapeutiques.

P.A. : En 1934, Oppenheim [57] avait souligné avec humour la difficulté de maintenir le résultat d'un traitement orthodontique : « la contention est le problème le plus délicat en orthodontie ; en fait, c'est le problème ». Quelles sont les conclusions de votre étude [24] de la stabilité à long terme de patients traités avec ou sans extractions ? Quelles limites vous fixez-vous quant à l'expansion du diamètre intercanin mandibulaire ?

R.N. : En effet, la contention est un problème vraiment délicat. Dans cette étude, nous avons montré que la stabilité à long terme des patients traités avec extractions est excellente, si le parallélisme des racines obtenu en fin de traitement est bon, les crêtes marginales sont bien placées au même niveau et si l'occlusion est optimale. J'ai appris de Brodie qu'il est nécessaire, aussi, de respecter la largeur intercanine et la position des dents sur l'os basal.

P.A. : Vos études histologiques chez l'animal [41,44,56], dont celle sur l'effet des vibrations

mécaniques basse fréquence [92] dans la prévention de la récurrence post-orthodontique, vous laissent-elles entrevoir de nouvelles perspectives cliniques ?

R.N. : Nous n'avons pu mettre en évidence qu'une faible signification. Nous devons mener davantage d'études dans ce domaine avant que l'on puisse entrevoir de nouvelles applications cliniques.

6. Prise en charge de patients relevant de problèmes multidisciplinaires

P.A. : Le traitement orthodontique d'adultes, particulièrement si leur parodonte est réduit, requiert une biomécanique appropriée [3] et la collaboration entre diverses compétences telles que la parodontie, l'orthodontie, la dentisterie restauratrice et la chirurgie orthognathique. Qui de ces divers intervenants vous paraît être le plus à même de tenir le rôle du maître d'œuvre des échanges interdisciplinaires ?

R.N. : Le meilleur coordinateur est assurément l'orthodontiste, car il suit son patient pendant une période de temps beaucoup plus longue que ne le font les autres intervenants.

P.A. : La chirurgie de première intention, par la correction initiale du décalage squelettique, permet de réduire la durée globale du traitement, et d'apporter au patient une amélioration rapide de son apparence et de sa qualité de vie [31]. Vous avez consacré de nombreuses publications à cette technique innovante [34,45,74–76,81,82]. Quels en sont, selon vous, les indications et les limites ?

R.N. : La réponse détaillée à votre question ne peut être apportée dans le cadre étroit de cet entretien et j'encourage vos lecteurs à se reporter aux articles que vous avez cités. En résumé, je dirais que chaque patient est admissible à cette approche, à moins qu'il ne présente des interférences occlusales. Je suis un fervent partisan de la chirurgie de première intention.

P.A. : Vous avez consacré plusieurs publications [67,86,88,89] à la mise en place chirurgico-orthodontique de canines maxillaires incluses en ectopie palatine. Quel est actuellement pour vous le système biomécanique le plus efficace pour cette mise en place ?

R.N. : Clairement, mon expérience m'a montré que la méthode la plus efficace est l'utilisation de cantilevers.

P.A. : La mise en place des canines mandibulaires incluses requiert une approche pluridisciplinaire entre le chirurgien oral et l'orthodontiste. Vous avez décrit l'utilisation d'un lip-bumper modifié [2] pour faciliter cette mise en place. D'un point de vue biomécanique, que pensez-vous de l'approche proposée par D. et G. Chillès [11], qui utilisent comme ancrage squelettique des minivis corticales courtes, enfouies en fond de vestibule ?

R.N. : J'approuve toute proposition biomécanique de traitement, dès lors qu'elle peut préserver l'ancrage et générer moins d'effets secondaires.

P.A. : Vous avez co-écrit un article [29] très intéressant sur l'apport de la génétique à nos plans de traitement orthodontique. Pouvez-vous nous en rappeler la teneur et nous décrire les dernières évolutions en ce domaine ?

R.N. : Les prévisions contenues dans cet article futuriste, que j'ai écrit en 2007, sont en passe de devenir une réalité. À l'avenir, nous disposerons d'une possibilité de traitement personnalisé de nos patients, fondé sur leur patrimoine génétique, et nous pourrions accélérer le mouvement dentaire orthodontique par l'utilisation de cytokines ciblées.

7. Conclusion

P.A. : Merci, Professeur Nanda, d'avoir partagé avec les lecteurs de l'Orthodontie Française ces aspects importants de votre contribution à une orthodontie contemporaine fondée sur l'harmonie esthétique et la biomécanique.

R.N. : Ce fut un plaisir, et je me réjouis de ma visite à Paris en mars 2018.

Conflits d'intérêts

Les auteurs déclarent n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article

Bibliographie

- [1] Ackerman JL, Proffit WR, Sarver DM. The emerging soft tissue paradigm in orthodontic diagnosis and treatment planning. *Clin Orth Res* 1999;2:49-52.
- [2] Agarwal S, Yadav S, Shah NV, Valiathan A, Uribe F, Nanda R. Correction of bilateral impacted mandibular canines with a lip bumper for anchorage reinforcement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;143:393-403.
- [3] Agarwal S, Gupta S, Chugh VK, Jain E, Valiathan A, Nanda R. Interdisciplinary treatment of a periodontally compromised adult patient with multiple missing posterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;145:238-248.
- [4] Amat P, Delaire J. Traitement précoce des malocclusions de classe III : les convictions. *Orthod Fr* 2013;84:53-70.
- [5] Boekenoogen DI, Sinha PK, Nanda RS, Ghosh J, Currier GF, Howes RI. The effects of exogenous prostaglandin E2 on root resorption in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;109:277-286.
- [6] Burrow SJ. Friction and resistance to sliding in orthodontics: a critical review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;135:442-447
- [7] Burstone C. The biophysics of bone remodeling during orthodontics-optimal force considerations. In : Norton LA, Burstone CJ, Ed., *The biology of tooth movement*. Boca Raton: CRC Press; 1986, p. 321-333.
- [8] Carrière L. Nonsurgical Correction of Severe Skeletal Class III Malocclusion. *J Clin Orthod* 2016;50:216-230.
- [9] Celar A, Schedlberger M, Dörfler P, Bertl M. Systematic review on self-ligating vs. conventional brackets: initial pain, number of visits, treatment time. *J Orofac Orthop* 2013;74:40-51.
- [10] Chen SSH, Greenlee MG, Kim JE, Smith CL, Huang GJ. Systematic review of self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:726.e 1-18.
- [11] Chillès D, Chillès JG. Un dispositif à ancrage squelettique pour la traction et la mise en place des canines incluses. *Rev Orthop Dento-Faciale* 2009;43:67-88.
- [12] Davoody AR, Posada L, Utreja A, Janakiraman N, Neace WP, Uribe F, Nanda R. A prospective comparative study between differential moments and miniscrews in anchorage control. *Eur J Orthod* 2013;35:568-576.
- [13] de Almeida MR, Herrero F, Fattal A, Davoody AR, Nanda R, Uribe F. A comparative anchorage control study between conventional and self-ligating bracket systems using differential moments. *Angle Orthod* 2013;83:937-942.
- [14] De Clerck HJ, Proffit WR. Growth modification of the face: A current perspective with emphasis on Class III treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148:37-46.
- [15] Deguchi T, Kim DGI, Kamioka H. CO2 low-level laser therapy has an early but not delayed pain effect during experimental tooth movement. *Orthod Craniofac Res* 2017;20(1):172-176.

- [16] Delaire J. La croissance maxillaire : déductions thérapeutiques. *Trans Eur Orthod Soc* 1971;1:1–22.
- [17] Delaire J. L'emploi physiologique des tractions extraorales postéro-antérieures sur masque orthopédique dans le traitement des Classes III. *Orthod Fr* 1988;59:577–589.
- [18] Deluke M, Uribe F, Nanda R. Correction of a canted lower incisal plane. *J Clin Orthod* 2006;40:555–559.
- [19] De-Marchi LM, Pini NI, Ramos AL, Pascotto RC. Smile attractiveness of patients treated for congenitally missing maxillary lateral incisors as rated by dentists, laypersons, and the patients themselves. *J Prosthet Dent* 2014;112:540–546.
- [20] Desai S, Upadhyay M, Nanda R. Dynamic smile analysis: changes with age. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136:310.e1–10.
- [21] Dogru M, Akpolat V, Dogru AG, Karadede B, Akkurt A, Karadede MI. Examination of extremely low frequency electromagnetic fields on orthodontic tooth movement in rats. *Biotechnol Equip* 2014;28:118–122.
- [22] Dutra EH, Janakiraman N, Nanda R, Uribe FA. Targeted mechanics for treatment of patients with severe short-root anomaly. *J Clin Orthod* 2017;51:279–289.
- [23] El-Angbawi A, McIntyre GT, Fleming PS, Bearn DR. Non-surgical adjunctive interventions for accelerating tooth movement in patients undergoing fixed orthodontic treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;11:CD010887.
- [24] Erdinc AE, Nanda RS, Isiksal E. Relapse of anterior crowding in patients treated with extraction and non-extraction of premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:775–784.
- [25] Erverdi N, Keles A, Nanda R. The use of skeletal anchorage in open bite treatment: a cephalometric evaluation. *Angle Orthod* 2004;74:381–390.
- [26] Fleming PS, Johal A. Self-ligating brackets in orthodontics. A systematic review. *Angle Orthod* 2010;80:575–584.
- [27] Fleming PS, Strydom H, Katsaros C, MacDonald L, Curatolo M, Fudalej P, Pandis N. Non-pharmacological interventions for alleviating pain during orthodontic treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;12:CD010263.
- [28] Gkantidis N, Mistakidis I, Kouskoura T, Pandis N. Effectiveness of non-conventional methods for accelerated orthodontic tooth movement: a systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2014;42(10):1300–1319.
- [29] Havens, B, Wadhwa, S, Nanda, R. Orthodontics in the year 2047: genetically driven treatment plans. *J Clin Orthod* 2007;41:549–556.
- [30] Heller IJ, Nanda R. Effect of metabolic alteration of periodontal fibers on orthodontic tooth movement. An experimental study. *Am J Orthod* 1979;75:239–258.
- [31] Huang CS, Hsu SS, Chen YR. Systematic review of the surgery-first approach in orthognathic surgery. *Biomed J* 2014;37:184–190.
- [32] Itsuki Y, Imamura E, Sugawara J, Nanda R. A TAD-based system for camouflage treatment of severe skeletal class III malocclusion. *J Clin Orthod* 2016;50:401–412.
- [33] Jacobson A, Upadhyay M, Nanda R. A dynamic analysis of the display of the dentition during speech. *Eur J Orthod* 2013;35:689–695.
- [34] Janakiraman N, Feinberg M, Vishwanath M, Nalaka Jayaratne YS, Steinbacher DM, Nanda R, Uribe F. Integration of 3-dimensional surgical and orthodontic technologies with orthognathic "surgery-first" approach in the management of unilateral condylar hyperplasia. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148:1054–1066.
- [35] Julien KC, Buschang PH, Campbell PM. Prevalence of white spot lesion formation during orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2013;83(4):641–647.
- [36] Keles A, Tokmak EC, Erverdi N, Nanda R. Effect of varying the force direction on maxillary orthopedic protraction. *Angle Orthod* 2002;72:387–396.
- [37] Leiker BJ, Nanda RS, Currier GF, Howes RI, Sinha PK. The effects of exogenous prostaglandins on orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;108:380–388.
- [38] Liou EJ, Tsai WC. A new protocol for maxillary protraction in cleft patients: repetitive weekly protocol of alternate rapid maxillary expansions and constrictions. *Cleft Palate Craniofac J* 2005;42:121–127.
- [39] Majourau A, Nanda R. Biomechanical basis of vertical dimension control during rapid palatal expansion therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994;106:322–328.
- [40] Maulik C, Nanda R. Dynamic smile analysis in young adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:307–315.
- [41] McManus A, Utreja A, Chen J, Kalajzic Z, Yang W, Nanda R, Wadhwa S, Uribe F. Evaluation of BSP expression and apoptosis in the periodontal ligament during orthodontic relapse: a preliminary study. *Orthod Craniofac Res* 2014;17:239–248.
- [42] McNamara JA Jr. An orthopedic approach to the treatment of Class III malocclusion in young patients. *J Clin Orthod* 1987;21:598–608.
- [43] McNamara JA, Amat P. Une approche fondée sur les preuves des nouveaux concepts de traitements, orthodontiques et orthopédiques, pour les patients en cours de croissance. Un entretien avec James A. McNamara. *Orthod Fr* 2017;88:117–129.
- [44] Moin S, Kalajzic Z, Utreja A, Nihara J, Wadhwa S, Uribe F, Nanda R. Osteocyte death during orthodontic tooth movement in mice. *Angle Orthod* 2014;84:1086–1092.
- [45] Nagasaka H, Sugawara J, Kawamura H, Nanda R. "Surgery first" skeletal Class III correction using the skeletal anchorage system. *J Clin Orthod* 2009;43:97–105.
- [46] Nanda R. Protraction of maxilla in rhesus monkeys by controlled forces. *Am J Orthod* 1978;74:121–141.
- [47] Nanda R. Biomechanical and clinical considerations of a modified protraction headgear. *Am J Orthod* 1980;78:125–139.
- [48] Nanda R. *Biomechanics in Clinical Orthodontics*. Philadelphia, PA: WB Saunders Co; 1996.
- [49] Nanda R. *Biomechanic and Esthetic Strategies in Clinical Orthodontics*. Philadelphia, PA: WB Saunders Co; 2005.
- [50] Nanda R. *Temporary Anchorage Devices in Orthodontics*. Philadelphia, PA: WB Saunders Co; 2008.
- [51] Nanda R. Dr. Ravindra Nanda on orthodontic mechanics. Interview by Robert G Keim. *J Clin Orthod* 2010;44:293–302.
- [52] Nanda R. *Esthetics and Biomechanics in orthodontics*, St. Louis: Saunders; 2015.
- [53] Nanda R, Hickory W. Zygomaticomaxillary suture adaptations incident to anteriorly directed forces in rhesus monkeys. *Angle Orthod* 1984;54:199–210.
- [54] Nanda R, Margolis MJ. Treatment strategies for midline discrepancies. *Semin Orthod* 1996;2:84–89.

- [55] Nihara J, Gielo-Perczak K, Cardinal L, Saito I, Nanda R, Uribe F. Finite element analysis of mandibular molar protraction mechanics using miniscrews. *Eur J Orthod* 2015;37:95–100.
- [56] Olson C, Uribe F, Kalajzic Z, Utreja A, Nanda R, Rowe D, Wadhwa S. Orthodontic tooth movement causes decreased promoter expression of collagen type 1, bone sialoprotein and alpha-smooth muscle actin in the periodontal ligament. *Orthod Craniofac Res* 2012;15:52–61.
- [57] Oppenheim A. Crisis in orthodontia. Part 1: tissue changes during retention. *Int J Orthod* 1934;20:639–644.
- [58] Palacios P, Uribe F, Nanda R. Correction of an asymmetrical Class II malocclusion using predictable force systems. *J Clin Orthod* 2007;41:211–216.
- [59] Pesce RE, Uribe F, Janakiraman N, Neace WP, Peterson DR, Nanda R. Evaluation of rotational control and forces generated during first-order archwire deflections: a comparison of self-ligating and conventional brackets. *Eur J Orthod* 2014;36:245–254.
- [60] Reichert I, Figel P, Winchester L. Orthodontic treatment of anterior open bite: a review article-is surgery always necessary? *Oral Maxillofac Surg* 2014;18:271–277.
- [61] Ren Y, Maltha J, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod* 2003;73:86–92.
- [62] Ritucci R, Nanda R. The effect of chin cup therapy on the growth and development of the cranial base and midface. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986;90:475–483.
- [63] Royko A, Denes Z, Razouk G. The relationship between the length of orthodontic treatment and patient compliance. *Fogorv Sz* 1999;92:79–86.
- [64] Salagnac JM. Traitements des classes III. *Orthod Fr* 2006;77:187–206.
- [65] Schneider U, Moser L, Fornasetti M, Piattella M, Siciliani G. Esthetic evaluation of implants vs canine substitution in patients with congenitally missing maxillary lateral incisors: Are there any new insights? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2016;150:416–424.
- [66] Sharab LY, *et al.* Genetic and treatment-related risk factors associated with external apical root resorption (EARR) concurrent with orthodontia. *Orthod Craniofac Res* 2015;18(1):71–82.
- [67] Sinha PK, Nanda RS. Management of impacted maxillary canines using mandibular anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:254–257.
- [68] Sugawara J1, 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.
- [69] Uçuncü N, Uçem TT, Yüksel S. A comparison of chin cup and maxillary protraction appliances in the treatment of skeletal Class III malocclusions. *Eur J Orthod* 2000;22:43–51.
- [70] Upadhyay M, Yadav S, Nagaraj K, Nanda R. Dentoskeletal and soft tissue effects of mini-implants in Class II division I patients. *Angle Orthod* 2009;79:240–247.
- [71] Upadhyay M1, Yadav S, Nanda R. Vertical-dimension control during en-masse retraction with mini-implant anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:96–108.
- [72] Upadhyay M, Yadav S, Nanda R. Biomechanics of incisor retraction with mini-implant anchorage. *J Orthod* 2014;41(1):S15–23.
- [73] Uribe F, Janakiraman N, Fattal AN, Schincaglia GP, Nanda R. Corticotomy-assisted molar protraction with the aid of temporary anchorage device. *Angle Orthod* 2013;83:1083–1092.
- [74] Uribe F, Janakiraman N, Shafer D, Nanda R. Three-dimensional cone-beam computed tomography-based virtual treatment planning and fabrication of a surgical splint for asymmetric patients: surgery first approach. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:748–758.
- [75] Uribe F, Chugh VK, Janakiraman N, Feldman J, Shafer D, Nanda R. Treatment of severe facial asymmetry using virtual three-dimensional planning and a "surgery first" protocol. *J Clin Orthod* 2013;47:471–484.
- [76] Uribe F, Agarwal S, Shafer D, Nanda R. Increasing orthodontic and orthognathic surgery treatment efficiency with a modified surgery-first approach. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148:838–848.
- [77] Uribe F, Davoody L, Mehr R, Jayaratne YS, Almas K, Sobue T, *et al.* Efficiency of piezotome-corticoision assisted orthodontics in alleviating mandibular anterior crowding—a randomized clinical trial. *Eur J Orthod* 2017 DOI: [10.1093/ejo/cjw091](https://doi.org/10.1093/ejo/cjw091). [Diffusion en ligne avant l'impression]
- [78] Van der Geld P, Oosterveld P, Schools J, Kuijpers-Jagtman AM. Smile line assessment comparing quantitative measurement and visual estimation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;139:174–180.
- [79] van Steenberg E, Nanda R. Biomechanics of orthodontic correction of dental asymmetries. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:618–624.
- [80] Vig RG, Brundo GC. The kinetics of anterior tooth display. *J Prosthet Dent* 1978;39:502–504.
- [81] Villegas C, Uribe F, Sugawara J, Nanda R. Expedited correction of significant dentofacial asymmetry using a "surgery first" approach. *J Clin Orthod* 2010;44:97–103.
- [82] Villegas C, Janakiraman N, Uribe F, Nanda R. Rotation of the maxillomandibular complex to enhance esthetics using a "surgery first" approach. *J Clin Orthod* 2012;46:85–91.
- [83] Wang YC, Chang PM, Liou EJ. Opening of circumaxillary sutures by alternate rapid maxillary expansions and constrictions. *Angle Orthod* 2009;79:230–234.
- [84] Wendell PD, Nanda R, Sakamoto T, Nakamura S. The effects of chin cup therapy on the mandible: a longitudinal study. *Am J Orthod* 1985;87:265–274.
- [85] Wilcko W, *et al.* Accelerating tooth movement: the case for corticotomy-induced orthodontics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:4–13.
- [86] Yadav S, Chen J, Upadhyay M, Roberts E, Nanda R. Three-dimensional quantification of the force system involved in a palatally impacted canine using a cantilever spring design. *Orthodontics (Chic.)*. 2012;13:22–33.
- [87] Yadav S, Upadhyay M, Liu S, Roberts E, Neace WP, Nanda R. Microdamage of the cortical bone during mini-implant insertion with self-drilling and self-tapping techniques: a randomized controlled trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2012;141:538–546.
- [88] Yadav S, Upadhyay M, Uribe F, Nanda R. Mechanics for treatment of impacted and ectopically erupted maxillary canines. *J Clin Orthod* 2013;47:305–313.
- [89] Yadav S, Upadhyay M, Uribe F, Nanda R. Palatally impacted maxillary canine with congenitally missing lateral incisors and midline diastema. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013;144:141–146.
- [90] Yadav S, Dobie T, Assefnia A, Gupta H, Kalajzic Z, Nanda R. Effect of low-frequency mechanical vibration on

- orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2015;148:440–449.
- [91] Yadav S, Dobie T, Assefnia A, Kalajzic Z, Nanda R. The effect of mechanical vibration on orthodontically induced root resorption. *Angle Orthod* 2016;86:740–745.
- [92] Yadav S, Assefnia A, Gupta H, Vishwanath M, Kalajzic Z, Allareddy V, Nanda R. The effect of low-frequency mechanical vibration on retention in an orthodontic relapse model. *Eur J Orthod* 2016;38:44–50.
- [93] Yepes E, Quintero P, Rueda ZV, Pedroza A. Optimal force for maxillary protraction facemask therapy in the early treatment of class III malocclusion. *Eur J Orthod* 2014;36:586–594.
- [94] Yi J, Xiao J, Li H, Li Y, Li X, Zhao Z. Effectiveness of adjunctive interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review of systematic reviews. *J Oral Rehabil* 2017;44:636–654.
- [95] Zachrisson BU. Mechanical intrusion of maxillary incisors: a treatment strategy to be abandoned? *World J Orthod* 2002;3:358–364.
- [96] Zachrisson BU, Amat P. The search for excellence in adult orthodontics; an interview with Bjørn U. Zachrisson. *Orthod Fr* 2014;85:301–326.