Les nouvelles contentions en orthopédie dento-faciale

Serge DAHAN

95, rue d'Italie, 13006 Marseille, France

MOTS CLÉS :

Orthodontie /
Contention /
Impression 3D /
Data monitoring /
Récidive

KEYWORDS :

Orthodontics /
Retainer /
3D printing /
Data monitoring /
Relapse

RÉSUMÉ – Introduction : Les technologies numériques intègrent progressivement nos cabinets d'orthodontie et la contention, souvent moins considérée par rapport aux dispositifs actifs, en profite également. **Matériel et méthode :** L'auteur fera dans cet article un exposé succinct des différentes possibilités actuelles offertes par l'utilisation des outils numériques pour la réalisation et le suivi des méthodes de contention fixes ou amovibles. **Résultat :** La chaîne numérique de travail est tout à fait adaptée aux réalisations de contentions modernes et durables, que ce soit pour des dispositifs fixes ou amovibles, ainsi que leur suivi sur le long terme. **Discussion :** L'objectif n'est pas de trancher sur la supériorité d'un système par rapport à un autre mais d'exposer l'ensemble des possibilités pour adapter l'outil numérique à la méthode de contention du praticien. L'intérêt de l'utilisation du numérique est un gain de temps et de performance, en minimisant les manipulations inutiles et en améliorant la précision des dispositifs. **Conclusion :** Le numérique apporte tous les éléments nécessaires pour réaliser des contentions de nouvelle génération à la fois plus simplement, et pour qu'elles soient plus précises et plus durables. Ces technologies sont en constant progrès et nous pouvons envisager encore des améliorations dans un futur proche, au fur et à mesure des développements de logiciels et de matériels.

ABSTRACT – The new retainers in Dento-Facial Orthopedics. Introduction: Digital technologies are gradually integrating our orthodontic practices and retainers, often less considered compared to active devices, are also benefiting. **Material and Method:** The author will give in this article a brief presentation of the various current possibilities offered by the use of digital tools for carrying out and monitoring fixed or removable retention methods. **Results:** The digital workflow is perfectly suited to the production of modern and durable retainers, whether for fixed or removable devices, as well as their long-term monitoring. **Discussion:** The objective is not to decide on the superiority of one system over another, but to expose all the possibilities for adapting the digital tool to the orthodontist's method of retention. The benefit of using digital technology is saving time and improving performance, minimizing unnecessary manipulation and improving device precision. **Conclusion:** Digital technology provides all the elements necessary to achieve new generation retainers both more simply, and for them to be more precise and more durable. These technologies are in constant progress and we can still consider improvements in the near future as software and hardware developments progress.

1. Introduction

La stabilité à long terme de nos traitements est l'un des aspects les plus difficiles à maîtriser et c'est une préoccupation majeure pour la plupart des orthodontistes. Il existe de nombreux facteurs post-traitement qui peuvent influencer le résultat, comme la croissance, la maturation ou encore l'équilibre neuro-musculaire. En 1934, Oppenheim¹⁹ écrivait

« la contention est l'inconvénient le plus difficile en orthodontie ; en réalité, c'est le problème majeur ». Près d'un siècle plus tard, cette affirmation se révèle toujours vraie.

La contention représente l'ensemble des dispositifs orthodontiques « passifs » qui permettent de faciliter la stabilisation et le maintien de la position des dents sur une durée suffisamment longue pour permettre la réorganisation des tissus de soutien après la phase active de déplacement dentaire.

Les concepts liés à la stabilité et à la contention sont connus depuis de nombreuses années. Avec l'avènement des outils numériques, on dispose actuellement d'une multiplicité d'outils différents et complémentaires afin de réaliser ces contentions, de manière automatisée ou semi-automatisée, pour un gain de temps en clinique et de performances dans le temps. L'empreinte optique est le préalable essentiel pour la chaîne numérique de travail, qui nous permettra ensuite de réaliser des contentions fixes ou amovibles.

2. L'empreinte optique

Les cabinets d'orthodontie ont commencé la transition vers le numérique depuis de nombreuses années. Cela a commencé par les dossiers des patients, puis les photographies, enfin les radiographies et maintenant les modèles numériques viennent remplacer progressivement les modèles en plâtre issus d'empreintes à l'alginate. Si, en 2014, avec des appareils d'ancienne génération, seulement 26,7 % des patients préféraient les empreintes numériques⁸ car jugées « plus confortables », quelques années plus tard, la technique et les appareils se sont perfectionnés, les empreintes sont devenues plus rapides encore et la quasi-totalité de nos patients recommande une empreinte optique par rapport à une empreinte à l'alginate.

Outre l'acceptation de nos patients et leur reconnaissance quant à l'utilisation d'une nouvelle technologie, plusieurs études ont montré la fiabilité et la reproductibilité des empreintes optiques, largement suffisantes pour leur utilisation en orthodontie^{6,12,13}.

Au début cantonnée à l'empreinte d'étude, destinée à remplacer le plâtre, l'empreinte optique est à présent le premier maillon de la chaîne numérique dans les cabinets d'orthodontie et permet la réalisation de dispositifs orthodontiques individualisés : attaches, bagues 3D, appareils amovibles, gouttières d'alignement ou de contention...

3. Les contentions fixes de nouvelle génération

La CFAO (conception et fabrication assistées par ordinateur) appliquée à l'odontologie et plus spécifiquement à l'orthodontie, s'est développée depuis quelques années. Initialement réservée aux modèles en résine, elle a été progressivement utilisée pour la fabrication d'appareils, dans un premier temps les appareils linguaux, puis les appareils vestibulaires,

les appareils amovibles et finalement les contentions fixes. Le terme CFAO regroupe de nombreuses possibilités quand il s'agit de contentions fixes. Les objectifs avoués sont d'obtenir un gain de temps, un gain de précision, ainsi qu'une réduction des effets parasites comme les syndromes du fil.

3.1. Contention Memotain®

Le Memotain® est un fil de contention en Nitinol élaboré par CFAO à partir de 2012 par Pascal Schumacher⁹. Son nom vient de la contraction de deux mots : « Memory » et « Retainer », littéralement « la contention à mémoire ». Le Nitinol, du fait de sa mémoire de forme, est particulièrement difficile à plier, même à l'aide de robots, qui peuvent y parvenir si le nombre de plis est restreint et au prix d'un traitement thermique qui affaiblit et modifie les propriétés des fils. C'est pourquoi ce matériau était jusqu'à présent pratiquement inutilisé pour les contentions, malgré les avantages du matériau : faible module d'élasticité et propriétés super-élastiques, qui seraient propices au maintien de la mobilité dentaire physiologique¹⁵. Une étude *in vitro* comparant le Memotain® à des fils en nickel-titane (NiTi) ainsi que des fils tressés a montré que les fils NiTi individualisés du système Memotain® possédaient des caractéristiques élastiques et une stabilité dimensionnelle remarquable sous la contrainte et qu'une déflexion plus importante était nécessaire pour obtenir une déformation permanente. Le procédé de fabrication n'a pas eu d'influence significative concernant les propriétés biomécaniques de ces fils NiTi individualisés¹⁶.

Le fil Memotain® a pu conserver toutes les propriétés biomécaniques d'un fil NiTi car il n'a pas été plié par un robot mais découpé au laser dans une plaque de NiTi avant d'être électropolie pour obtenir un fil de section carrée .014" x .014". Afin d'obtenir une meilleure rétention, des reliefs sont ajoutés au dessin du fil pour ajouter une rétention mécanique avec la résine de collage (Fig. 1). En outre, on a la possibilité de créer différents designs, dont des modèles allant aisément d'une prémolaire à l'autre, ce qui peut être particulièrement utile dans les cas d'extractions. Une clé de transfert en silicone est ensuite réalisée afin de faciliter le positionnement et le collage du fil en bouche.

Wolf, *et al.*²³ ont réalisé une étude permettant d'analyser et de valider la précision du positionnement de ces contentions Memotain® lors du transfert en bouche, en superposant les modèles

Figure 1

Extrémité d'un fil Memotain® avec macro-reliefs pour améliorer la rétention mécanique.

théoriques avec les arcades scannées après collage de la contention. La variation entre le positionnement virtuel et le transfert en bouche était systématiquement inférieure à 0,5 mm, avec des moyennes proches de 0,2 mm, ce qui fait de ce système un outil extrêmement précis (Figs. 2 à 4).

Une des propriétés avancées en faveur des fils Memotain® est que le Nitinol, et à plus forte raison lorsqu'il est électropoli, serait moins propice à

Figure 2

Jig de positionnement pour fil Memotain® et collage des extrémités de la contention.

Figure 3

Dépose du jig et vérification de l'adaptation du fil sur les dents intermédiaires.

Figure 4

Collage et finitions du fil Memotain® avec une faible épaisseur de résine et un ajustage au plus proche dans les embrasures.

l'accroche de bactéries et donc permettrait une meilleure santé parodontale. Si les tests *in vitro* ainsi qu'une étude comparative sont concluants^{10,11}, il ne semble pas que ce critère puisse être déterminant car d'autres études viennent montrer qu'il n'y a pas de différence significative avec un fil conventionnel^{1,7,9}. D'après ces mêmes études, la survie à court et moyen termes des fils serait également équivalente, mais cela ne prend toutefois pas en compte le nouveau design de fils Memotain® avec une meilleure rétention et une adaptation encore plus proche de la dent et l'absence notable de syndrome du fil, car les périodes d'évaluation étaient trop courtes.

Enfin, le fil Memotain® présente une supériorité concernant la production d'artefacts, car le NiTi en émet très peu lors d'exams d'imagerie par résonance magnétique (IRM), ce qui le rend parfaitement compatible avec de tels examens et ne nécessite pas sa dépose^{2,20}.

3.2. Attelles en résine en impression 3D

La fabrication d'attelles en résine s'est toujours révélée être une réalisation difficile et souvent déléguée au laboratoire pour une fabrication et un collage en technique indirecte. L'essor des imprimantes 3D, associé à la mise sur le marché de résines biocompatibles, a permis la réalisation de conceptions entièrement informatisées d'attelles en résine, sans adjonction de fibres en polyéthylène ou en verre, auparavant nécessaires pour assurer le lien entre les différentes strates de résines. Le procédé a été décrit notamment par Doldo⁵ en 2018 et est depuis proposé par les laboratoires de prothèses qui développent les réalisations numériques. Cette réalisation peut également être réalisée directement au cabinet d'orthodontie sous réserve d'avoir les outils de conception et de production adaptés,

Figure 5

Dessins virtuels d'une attelle de contention sur un modèle avant dépose (a et b).

Figure 6

Obtention d'une attelle en résine par impression 3D avec une résine biocompatible (a et b).

ainsi qu'une résine biocompatible. Ainsi, avec une imprimante 3D stéréolithographique et l'utilisation de couches de 25 μm , la précision et l'adaptation des attelles ainsi produites est excellente et le travail de polissage de la résine quasiment inexistant.

Après une prise d'empreinte numérique, le dessin numérique de l'attelle est réalisé (Fig. 5 a et b) et sera ensuite envoyé à l'impression sur l'imprimante 3D. Le post-traitement de l'objet ainsi imprimé comprendra un rinçage à l'alcool isopropylique, un durcissement aux UV, puis un polissage des faces externes en contact avec la cavité buccale (les faces en contact avec les dents seront laissées volontairement « rugueuses » afin d'ajouter une adhésion mécanique lors du collage). L'attelle ainsi produite (Figs. 6 et 7) sera ensuite silanisée, puis collée de façon indirecte à l'aide d'une colle photopolymérisable ou dual.

Cette technique peut également être utilisée pour la production d'une attelle dans laquelle serait directement incorporée une dent prothétique, par exemple pour maintenir l'espace après ouverture d'espace en cas d'agénésie, en attente de la phase implantaire.

L'avantage de cette technique est son faible coût et sa réalisation aisée en cabinet si la structure et l'équipement le permettent. Plusieurs auteurs^{14,17,18,21} ont analysé et comparé les attelles en résine renforcées par des fibres, qui sont des alternatives fiables aux fils métalliques collés lorsqu'elles sont parfaitement

Figure 7

Ajustage de l'attelle imprimée en 3D sur un modèle en silicone souple.

réalisées et collées, mais il n'existe pour le moment aucune étude concernant les attelles imprimées en 3D ou usinées, leur tenue dans le temps n'est pas encore évaluée et il y a peu de recul sur cette technique toutefois prometteuse. Il faudra également évaluer la mobilité physiologique permise par ce système, qui est bien plus rigide qu'un fil métallique collé, sans toutefois avoir la rigidité d'une attelle métallique.

3.3. Machines à plier les fils de contention

Longtemps réservés aux fabricants d'appareils fixes individualisés (systèmes Incognito® ou Suresmile®,

Figure 8

Dessin virtuel d'un fil de contention qui sera ensuite plié par le robot Robobend®.

Figure 9

Exemple d'un fil TMA plié par Robobend®.

par exemple), les robots plieurs de fils orthodontiques commencent à apparaître dans les laboratoires de prothèse ou dans les cabinets d'orthodontie.

Ils sont pour l'instant capables de plier un nombre restreint de fils orthodontiques, mais les concepteurs travaillent sans cesse à l'amélioration de leurs machines. La machine PrimoFix® (Société Ortho-Primo) a été la première plieuse de fil de contention numérique au monde. Elle n'accepte qu'un type de fil multibrin tressé mais permet une réalisation avec des plis tous les 1,5 mm et une contention est élaborée informatiquement puis pliée par la machine en quelques minutes.

Robobend® (Société Winnove Medical) présente également une machine très prometteuse car elle accepte un plus grand nombre de fils (acier multibrin tressé, TMA) et l'objectif est également de permettre la réalisation de fils individualisés pour les contentions (Figs. 8 et 9), mais aussi pour nos traitements vestibulaires ou linguaux.

4. Les contentions amovibles à l'ère du numérique

Les contentions amovibles ne sont pas en reste et bénéficient également de l'apport du numérique

pour leur réalisation et leur adaptation en bouche ainsi que le contrôle de la compliance du patient.

4.1. Gouttières thermoformées

L'utilisation de gouttières thermoformées sur des modèles n'est pas récente et n'a pas attendu l'avènement du numérique pour se démocratiser. Cependant, le procédé de fabrication bénéficie des avancées technologiques. Au lieu d'un modèle en plâtre, les gouttières seront thermoformées sur des modèles en résine imprimés à l'aide d'imprimantes 3D. Il a été montré qu'il n'y a pas de différence concernant la précision et l'adaptation entre deux gouttières thermoformées, l'une sur un modèle en plâtre et l'autre sur un modèle en résine ABS imprimé²².

L'intérêt du numérique tient ici aux possibilités offertes par les logiciels et l'impression 3D :

- Le modèle en résine est très durable et n'est pas détruit par le thermoformage et la préparation de la gouttière.
- Une gouttière perdue peut être refaite sans la nécessité de revoir le patient puisque son empreinte numérique est stockée dans un ordinateur et peut être réimprimée à la demande.
- Nous avons la possibilité de scanner les arcades dentaires du patient avec attaches orthodontiques ou taquets en place et de les éliminer virtuellement sur l'ordinateur pour obtenir un modèle « propre » et préparer la gouttière avant même le débagage (Fig. 10 a à d).
- Certaines marques d'aligneurs proposent même la possibilité de télécharger le fichier 3D STL de fin de traitement prévu afin de réaliser une gouttière directement à partir de cette dernière étape de simulation de traitement.
- Il est également possible de réaliser informatiquement des modifications mineures, d'établir un setup virtuel et de réaliser la contention en incorporant ces modifications afin de les corriger durant le port du dispositif de contention.

4.2. Gouttières imprimées

C'est l'évolution logique après le thermoformage sur modèle imprimé. Il est donc attendu qu'on imprime directement les gouttières de contention sans passer par l'étape d'impression d'un modèle en résine. L'objectif est de simplifier la chaîne numérique et de réduire les manipulations et également les déchets liés à la production des modèles en résine. Cela nécessite quand même l'utilisation de

Figure 10

Élimination virtuelle des attaches orthodontiques pour préparer un modèle sur lequel thermoformer des gouttières de contention (a à d).

résines biocompatibles ayant une résistance et des propriétés mécaniques compatibles avec une contention de longue durée (Fig. 11). Pour le moment, cette technique est peu répandue et encore un peu inférieure au thermoformage⁴ mais l'ensemble des fabricants et protagonistes impliqués s'accordent

pour dire que cela constitue l'avenir de la gouttière de contention, peut-être même l'avenir des traitements par aligneurs.

4.3. Monitoring et suivi du port

Un des écueils parfois rencontrés avec les contentions amovibles est la non-compliance du patient, qui a tendance à peu les porter.

On peut alors agir sur la surveillance des mouvements dentaires qui se produisent lors de la phase de contention à l'aide d'outils de monitoring à distance (Dental Monitoring®). Un rappel est envoyé sous forme de notification au patient, qui va « scanner » ses dents à l'aide d'écarteurs photo et d'un smartphone. L'ensemble des données sera ensuite traité à l'aide d'une intelligence artificielle pour recréer un modèle 3D virtuel du patient et le superposer sur son modèle 3D de fin de traitement, et ainsi visualiser d'éventuels déplacements dentaires indésirables.

Une autre piste de recherche est d'incorporer des traqueurs à l'intérieur même des dispositifs de contention amovibles et de les monitorer via une interface sans fil³.

5. Conclusion

Le numérique apporte tous les éléments nécessaires pour réaliser des contentions de nouvelle génération à la fois plus simplement et pour qu'elles soient plus précises et plus durables. Ces technologies sont en constant progrès et nous pouvons

Figure 11

Impression directe d'une gouttière de contention à l'aide de résine transparente biocompatible (Laboratoire Mazoyer).

envisager encore des améliorations dans un futur proche au fur et à mesure des développements de logiciels et de matériels.

Liens d'intérêt

L'auteur déclare n'avoir aucun lien d'intérêt concernant les données publiées dans cet article.

Références

- Alrawas MB, Kashoura Y, Tosun Ö, Öz U. Comparing the effects of CAD/CAM nickel-titanium lingual retainers on teeth stability and periodontal health with conventional fixed and removable retainers: a randomized clinical trial. *Orthod Craniofac Res* 2020. Online ahead of print.
- Beau A, Bossard D, Gebeile-Chauty S. Magnetic resonance imaging artefacts and fixed orthodontic attachments. *Eur J Orthod* 2015;37:105-110.
- Castle E, Chung P, Behfar MH, Chen M, Gao J, Chiu N, *et al.* Compliance monitoring via a Bluetooth-enabled retainer : A prospective clinical pilot study. *Orthod Craniofac Res* 2019;22:149-153.
- Cole D, Bencharit S, Carrico CK, Arias A, Tüfekçi E. Evaluation of fit for 3D-printed retainers compared with thermoform retainers. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2019;155:592-599.
- Doldo T, Di Vece L, Ferrari Cagidiaco E, Nuti N, Parrini S, Ferrari M, *et al.* A new generation of orthodontic retainer using 3D printing technology: clinical cases report. *J Osseointegration* 2018;10:142-148.
- Duvert R, Gebeile-Chauty S. La précision des empreintes numériques intra-orales en orthodontie est-elle suffisante ? *Orthod Fr* 2017;88:347-354.
- Gelin E, Seidel L, Bruwier A, Albert A, Charavet C. Innovative customized CAD/CAM nickel-titanium lingual retainer versus standard stainless-steel lingual retainer: A randomized controlled trial. *Korean J Orthod* 2020;50:373-382.
- Grünheid T, McCarthy SD, Larson BE. Clinical use of a direct chairside oral scanner. An assessment of accuracy, time and patient acceptance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2014;146:673-682.
- Kartal Y, Kaya B, Polat-Özsoy Ö. Comparative evaluation of periodontal effects and survival rates of Memotain and five-stranded bonded retainers. A prospective short term study. *J Orofac Orthop* 2020. Online ahead of print.
- Knaup I, Wagner Y, Wego J, Fritz U, Jäger A, Wolf M. Potential impact of lingual retainers on oral health : comparison between conventional twistflex retainers and CAD/CAM fabricated nitinol retainers: a clinical in vitro and in vivo investigation. *J Orofac Orthop* 2019;80:88-96.
- Kravitz ND, Grauer D, Schumacher P, Jo YM. Memotain : A CAD/CAM nickel-titanium lingual retainer. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2017;151:812-815.
- Latham J, Ludlow M, Mennito A, Kelly A, Evans Z, Renne W. Effect of scan pattern on complete-arch scans with 4 digital scanners. *J Prosth Dent* 2020;123:85-95.
- Lee KM, Park SJ. Digital Intraoral Scanners and Alginate Impressions in Reproducing Full Dental Arches : A Comparative 3D Assessment. *Appl Sci* 2020;10:7637-7643.
- Lucchese A, Manuelli M, Ciuffreda C, Albertini P, Gherlone E, Perillo L. Comparison between fiber-reinforced polymers and stainless steel orthodontic retainers. *Korean J Orthod* 2018;48:107-112.
- Medio M, Martin C, Pourrat F. L'apport de la CFAO dans la réalisation des contentions orthodontiques collées. *Rev Orthop Dento Faciale* 2017;51:309-317.
- Möhlhenrich SC, Jäger F, Jäger A, Schumacher P, Wolf M, Fritz U, *et al.* Biomechanical properties of CAD/CAM-individualized nickel-titanium lingual retainers: an in vitro study. *J Orofac Orthop* 2018;79:309-319.
- Nagani NI, Ahmed I. Effectiveness of Two Types of Fixed Lingual Retainers in Preventing Mandibular Incisor Relapse. *J Coll Physicians Surg Pak* 2020;30:282-286.
- Nagani NI, Ahmed I, Tanveer F, Khursheed HM, Farooqui WA. Clinical comparison of bond failure rate between two types of mandibular canine-canine bonded orthodontic retainers: a randomized clinical trial. *BMC Oral Health* 2020;20:180-185.
- Oppenheim A. The Crisis in Orthodontia Part I 2. Tissue changes during retention. *Int J Orthod Dent Child* 1934;6:542-554.
- Roser C, Hilgenfeld T, Sen S, Badrow T, Zingler S, Heiland S, *et al.* Evaluation of magnetic resonance imaging artifacts caused by fixed orthodontic CAD/CAM retainers : an in vitro study. *Clin Oral Invest* 2020. Online ahead of print.
- Sfondrini MF, Vallitu PK, Lassila LVJ, Viola A, Gandini P, Scribante A. Glass fiber reinforced composite orthodontic retainer: in vitro effect of tooth brushing on the surface wear and mechanical properties. *Materials* 2020;13:1028-1040.
- Tahir NM, Wan Hassan WN, Saub R. Comparing retainers constructed on conventional stone models and on 3D printed models : a randomized crossover clinical study. *Eur J Orthod* 2019;41:370-380.
- Wolf M, Schumacher P, Jäger P, Wego J, Fritz U, Forbmacher-Steiner H, *et al.* Novel Lingual retainer created using CAD/CAM technology. Evaluation of its positioning accuracy. *J Orofac Orthop* 2015;2:164-174.