

L'orthodontie numérique au quotidien



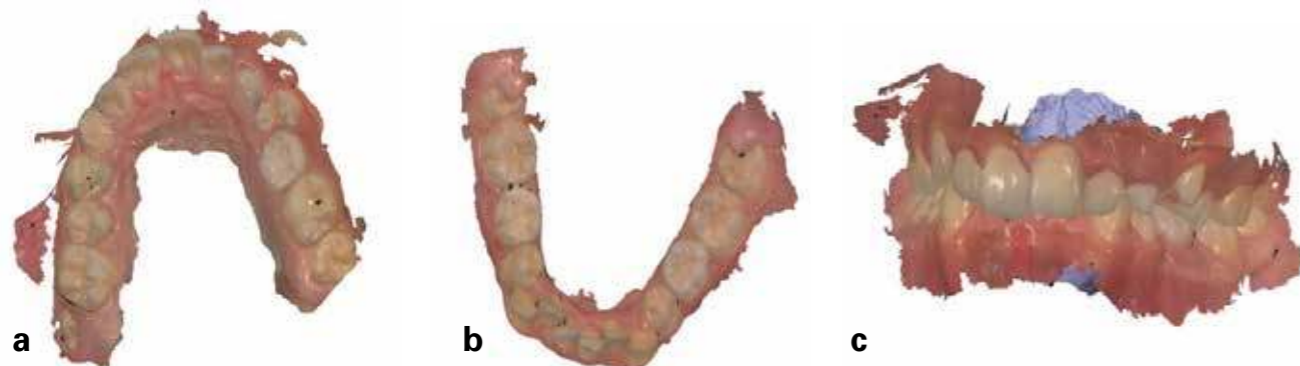
Christian Demange

Spécialiste Qualifié en Orthopédie
Dento-Faciale – CECSMO
Ex MCU

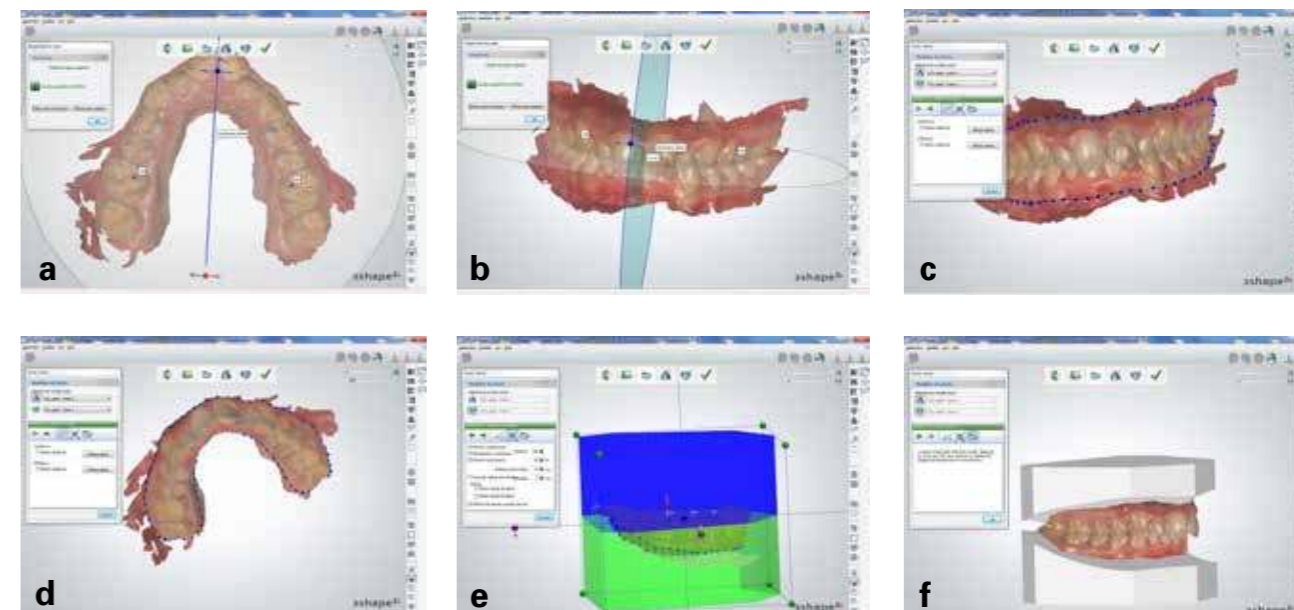
Anne-Sophie Uldry

Spécialiste Qualifié en Orthopédie
Dento-Faciale – CECSMO

Depuis de nombreuses années, les documents orthodontiques sont sur supports digitaux. Les capteurs numériques ont avantageusement remplacé les films argentiques producteurs de diapositives et envoyé à la décharge les toujours trop encombrants tirages radiographiques avec leurs développeuses fragiles, capricieuses et très peu écologiques. Outre l'aspect instantané de la réalisation de ces documents, leur stockage, représentant des dizaines de classeurs de diapositives, des tonnes de films radiographiques, a été possible sur des disques durs, dispositifs nettement plus compacts et facilitant grandement l'accès aux informations. Le point noir d'un cabinet d'orthodontie restait les moulages d'étude, dont la réalisation nécessitait des heures de travail humain et la conservation de mètres cubes de boîtes de moulages...



1. Images des deux arcades brutes de numérisation avec l'occlusion.
a. Arcade maxillaire. b. Arcade mandibulaire. c. Occlusion.



2. Moulages orthodontiques préparés avec socles virtuels.
a. Plans d'orientation, indication du plan sagittal.
b. Plans d'orientation sagittal et occlusal.
c. Détourage de la partie gingivale.
d. Détourage de la partie gingivale.
e. Alignement des socles virtuels.
f. Moulages de présentation avec socles virtuels.

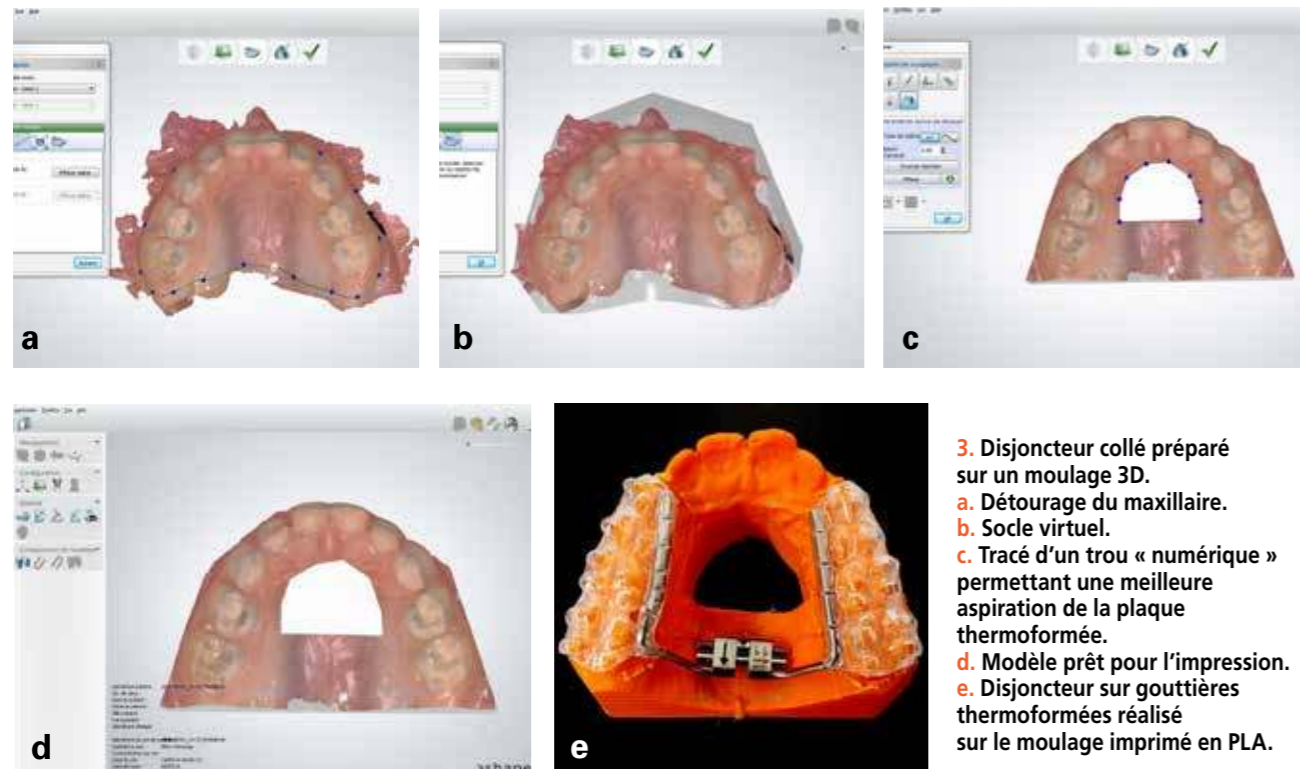
Depuis 2008, dix ans déjà, nous avons mis en place au sein de notre structure, un système de numérisation externe des empreintes. Celles-ci étaient envoyées et scannées dans un laboratoire, avant d'être mises à notre disposition par Internet au format numérique 3D. Tout le dossier orthodontique était alors numérique et les échanges entre confrères et patients facilités.

Depuis peu, l'avènement des caméras intrabuccales a achevé la révolution numérique et fait entrer l'orthodontie dans le monde vertigineux de la 3D. Dès 2014, nous testions les premiers systèmes monochromes 3Shape Trios® puis, très rapidement, la version couleur, maintenant déclinée dans une version Trios 3® en vraies couleurs. L'intérêt pour l'orthodontiste est évident et ne semble pas comporter de point noir. L'empreinte des deux arcades et la prise d'occlusion sont possibles aussi rapidement qu'avec une empreinte à l'alginat classique (fig. 1a à c). La récupération des moulages avec « taille orthodontique » virtuelle ne prend que 2 à 3 minutes (fig. 2a à f) et les moulages sont alors disponibles pour analyse directement sur l'écran de tout ordinateur. Mais le principal intérêt des moulages 3D ne réside pas uniquement dans cette visualisation, nous verrons plus avant que le champ des possibilités est bien plus vaste et fait avancer l'orthodontie du XXI^e siècle d'un pas de géant.

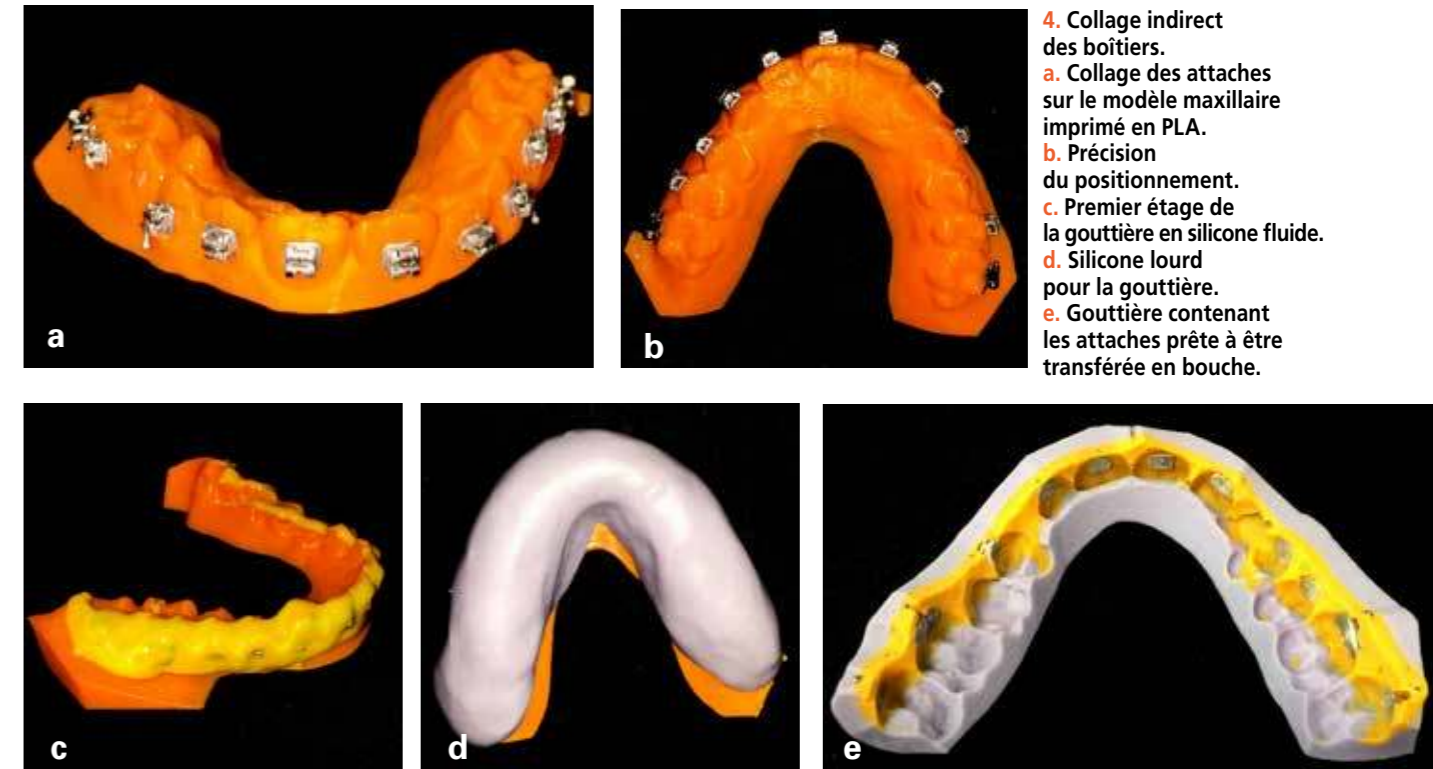
Empreintes d'étude numériques

Comme expliqué précédemment, les empreintes d'études issues d'une caméra endo-buccale sont disponibles presque sans délai. Nous nous étonnons tous les jours de la vitesse d'amélioration de la courbe d'apprentissage qui permet d'être maintenant aussi rapide, si ce n'est plus rapide, qu'une empreinte à l'alginat. Ces empreintes optiques sont utilisées dans de nombreuses perspectives.

- **Réaliser le diagnostic orthodontique en association avec les autres documents numériques**, comme les radiographies, pour permettre d'établir un plan de traitement précis et être capable de l'exposer instantanément au patient et/ou à ses parents. Les patients adultes, très nombreux dans notre cabinet, apprécient tout particulièrement cet outil qui évite une perte de temps en réduisant le nombre de rendez-vous. Les jeunes adultes, élevés avec le numérique, sont friands de ces technologies de l'instant.
- **Établir une communication plus facile avec le patient** en permettant d'expliquer ses pathologies, le diagnostic et les choix thérapeutiques.



3. Disjoncteur collé préparé sur un moulage 3D.
a. Détourage du maxillaire.
b. Socle virtuel.
c. Tracé d'un trou « numérique » permettant une meilleure aspiration de la plaque thermoformée.
d. Modèle prêt pour l'impression.
e. Disjoncteur sur gouttières thermoformées réalisé sur le moulage imprimé en PLA.



4. Collage indirect des boîtiers.
a. Collage des attaches sur le modèle maxillaire imprimé en PLA.
b. Précision du positionnement.
c. Premier étage de la gouttière en silicone fluide.
d. Silicone lourd pour la gouttière.
e. Gouttière contenant les attaches prête à être transférée en bouche.

• **Permettre un échange plus fluide avec les confrères correspondants**, en partageant très facilement par mail les documents numériques du patient. Par exemple, le logiciel d'analyse orthodontique OrthoAnalyser® crée automatiquement des images au format .jpg des moulages d'une façon systématisée (face, profils droit et gauche, arrière, vues occlusales haut et bas). Ces six images sont très faciles à exporter et peuvent même remplacer les vues photographiques intrabuccales de début de traitement.

Par ailleurs, le système 3Shape dispose d'un ingénieux dispositif nommé « Communicate » qui permet un échange sur une plateforme commune à tous les confrères équipés du même outil de prise d'empreinte. Si un praticien numérise les arcades d'un patient dans son cabinet, il peut sans délai nous les transmettre par cette voie. L'orthodontiste peut alors donner un avis plus précis sur un éventuel traitement et, mieux encore, ces modèles numériques sont directement incorporés dans notre base de données et peuvent éviter d'avoir à refaire une empreinte si le patient vient ultérieurement pour réaliser son traitement orthodontique.

Par exemple, si un projet de chirurgie orthognathique est prévu (cas fréquents chez les adultes), les empreintes 3D peuvent directement être transmises au chirurgien pour avis. Les différentes possibilités de traitement peuvent être simulées à l'écran, d'une façon bien plus ludique et précise que la manipulation de deux blocs de plâtre !

• **Réaliser des set-up**, c'est-à-dire pouvoir déplacer virtuellement les dents, pour simuler toute sorte de traitements et projets. Il s'agit du principal intérêt des empreintes numériques. Pour cela, les modèles 3D doivent être préparés en séparant virtuellement chaque dent. Ceci est réalisé en quelques minutes et clics de souris par une assistante. Ainsi, le modèle est prêt à être exploité par le praticien et ici apparaissent, nous semble-t-il, les immenses possibilités de cet outil numérique. En effet, le praticien – et nous insistons bien sur « le praticien » – peut déplacer virtuellement les dents pour choisir entre plusieurs solutions. Les exemples les plus fréquents sont les décisions d'ouverture ou de fermeture d'espace dans les cas d'agénésies (d'incisives latérales supérieures notamment), le choix d'extraire ou non des prémolaires (ou les premières ou secondes prémolaires

selon leur taille), d'extraire ou non une incisive inférieure dans les traitements d'adultes avec atteinte parodontale. Les possibilités sont infinies et les projets thérapeutiques peuvent être créés à volonté, visualisés et archivés pour en faire part au patient et aux praticiens, surtout si le traitement est pluridisciplinaire. La seule limite est le temps passé par le praticien devant l'ordinateur, qui peut sembler au départ peu rentable, mais permet de découvrir et d'affiner d'immenses possibilités thérapeutiques.

• **Réaliser des appareils orthodontiques**. L'empreinte numérique est en effet la porte d'entrée à la conception de ces appareils, soit, comme les aligneurs, après réalisation d'un set-up (nous y reviendrons plus loin en y consacrant un paragraphe), soit des appareils amovibles comme des disjoncteurs sans bague réalisés au laboratoire par un système de gouttières thermoformées et directement collés sur les dents avec des ciments verre ionomère (fig. 3a à e). Ces disjoncteurs sont tout à fait indiqués chez les enfants pour lesquels les premières molaires supérieures ne sont pas accessibles, soit parce qu'elles sont mal placées (fréquemment retenues sous la partie distale de la 5 de lait), soit parce qu'elles sont absentes (enfants de moins

de 6 ans, mais pour lesquels une expansion maxillaire s'impose). Cela permet donc d'élargir l'indication de la disjonction à des enfants pour qui un système classique n'aurait pas pu être réalisé. Le moulage maxillaire sera alors simplement imprimé avec une imprimante 3D et l'appareil réalisé sur ce moulage au laboratoire puis scellé en bouche. Le patient, souvent très jeune dans ce cas, n'aura eu comme désagrément que la prise d'empreinte optique, représentée par le balayage de la caméra, comparable à un gros stylo dans la bouche. Rien à voir avec le traumatisme d'une prise d'empreinte chez un tout-petit, ce qui est d'autant plus appréciable que ce rendez-vous est souvent notre premier contact avec l'enfant !

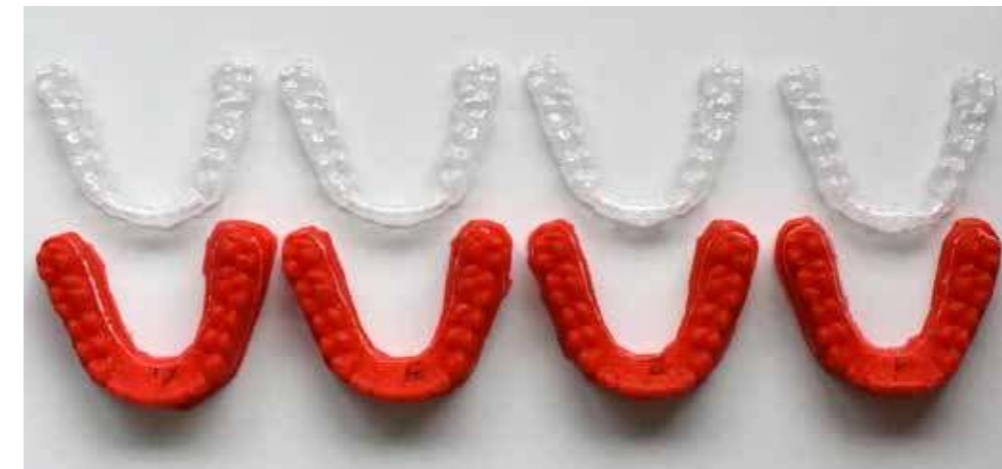
• **Réaliser le collage indirect dans le cas d'un appareil multibague grâce à l'impression 3D de l'empreinte optique**. Le collage indirect est une technique qui consiste à positionner les attaches (brackets) sur le moulage puis à les transférer directement en bouche en une seule fois pour chaque arcade, par l'intermédiaire de gouttières en silicone, à l'opposé du collage direct qui consiste à positionner directement un par un les boîtiers en bouche (fig. 4a à e). Dans notre cabinet, nous utilisons



cette technique d'une façon systématique pour de nombreuses raisons: précision du positionnement des attaches qui sont placées sur les modèles au laboratoire, sans le stress du patient au fauteuil, sans sa langue, sans la salive et sans les parents qui attendent dans la salle d'attente! Ensuite, chaque gouttière en silicone contenant les boîtiers est placée dans la bouche du patient le

jour de la pose du multibague, permettant un rendez-vous plus rapide et moins traumatisant pour le patient et surtout une bien meilleure précision.

Avant l'utilisation de l'empreinte numérique, un collage indirect nécessitait de reprendre une empreinte en alginate puis de la couler en plâtre pour réaliser la préparation du collage au laboratoire. Maintenant, nous



6. Aligneurs. Impression des modèles et réalisation des gouttières thermoformées pour chaque étape d'alignement.

imprimons directement l'empreinte numérique d'étude; le patient ne vit donc que cette étape, très peu désagréable par rapport à une empreinte classique, avant la pose de son appareil multibague.

• **Adresser directement les empreintes numériques par transfert internet au laboratoire** dans le cadre des traitements d'adultes par la technique d'orthodontie linguale. Le laboratoire procède alors à la préparation du collage indirect indispensable en orthodontie linguale.

Les avantages de l'empreinte optique sont donc très nombreux par rapport à une empreinte classique:

- **pas d'alginate:**
 - pas de stock, pas de manipulation, pas de machine à spatuler;
 - pas d'envoi au laboratoire si le scan est réalisé à l'extérieur;
 - confort du patient (élément très important);
- **pas de plâtre, si un moulage est nécessaire, il sera obtenu par impression 3D:**
 - confort pour les assistantes;
 - plus de propreté;
 - une seule empreinte si collage en technique indirecte;
 - plus de souplesse et de facilité si set-up numérique *versus* set-up plâtre;
- **résultat disponible à l'écran tout de suite (quelques minutes);**
- **possibilité de faire un diagnostic et un plan de traitement instantanément;**
- **économie de rendez-vous pour le praticien et le patient.**

Le résumé peut se faire en un seul mot: efficacité!

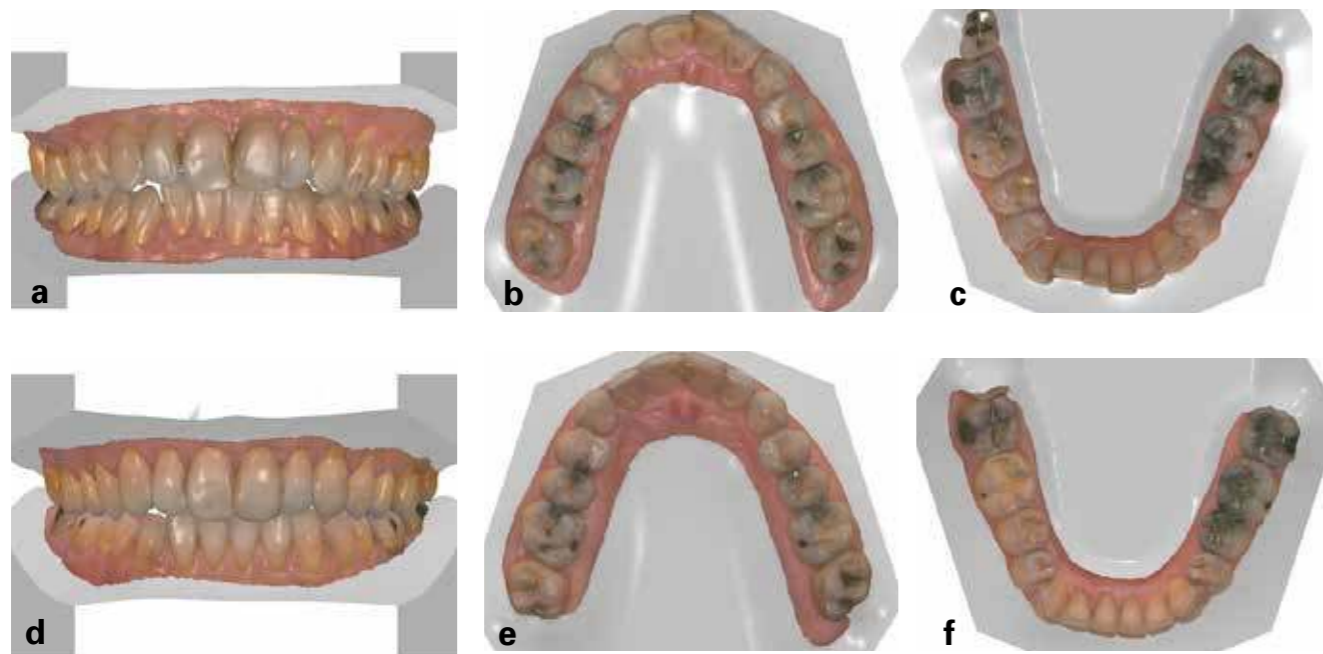
Set-up numérique

Selon nous, être équipés de caméras intrabuccales ne sert pas uniquement à remplacer les moulages orthodontiques. Le but est d'utiliser cet outil au maximum de ses possibilités, et le set-up numérique en est un exemple parfait.

Il n'est pas difficile de convenir qu'un set-up réalisé devant un écran est bien plus souple qu'un set-up en plâtre. Les modifications peuvent être multipliées à l'infini et les mouvements réalisés sont d'une précision redoutable (fig. 5a à g).

Le logiciel permet de visualiser sur une fiche récapitulative la quantité de mouvement de chaque dent dans les trois plans de l'espace (fig. 5h), de chiffrer la quantité de stripping (réduction amélaire proximale) quand elle est nécessaire (fig. 5i et j), tout cela avec une grande précision et des possibilités de projets multiples.

Ce set-up numérique sert de base à la réalisation de traitements par aligneurs, gouttières thermoformées transparentes visant à l'alignement. Une fois l'alignement virtuel réalisé, le praticien décide du nombre d'étapes nécessaires à la correction finale, quelques degrés de rotation ou quelques dixièmes de millimètres de déplacement entre chaque étape. Ces étapes correspondent à un moulage virtuel qui est généré par le système dans un fichier STL individuel. Chaque fichier est ensuite imprimé avec une imprimante 3D avant de servir de support pour la réalisation au laboratoire des gouttières thermoformées individualisées (fig. 6). Dans ce cas, toute la chaîne – diagnostic, set-up, réalisation des gouttières – est totalement exécutée et contrôlée en interne au cabinet.



7. Cas clinique traité par gouttières.
a, b, c. Avant traitement.
d, e, f. Après traitement.

Il nous semble indispensable que ce set-up soit réalisé par le praticien orthodontiste. Lui seul est à même de décider si les mouvements virtuels imposés aux dents sur l'ordinateur seront réalisables en bouche, en fonction de l'appareil utilisé ou des conditions parodontales ou occlusales par exemple. Déléguer cette étape à une tierce personne n'est pas raisonnable. Aussi, nous voyons notre métier évoluer avec un temps passé devant un écran qui ne cesse d'augmenter, mais qui reste la clef du contrôle et de la qualité des résultats.

Les indications de ces traitements par aligneurs se retrouvent essentiellement dans les corrections de petits encombrements intra-arcade, tels que, chez les adultes jeunes, les légères récidives de traitements orthodontiques réalisés à l'adolescence (fig. 7a à f). Pour les adultes plus âgés, ils peuvent être indiqués pour corriger des migrations secondaires à un problème parodontal.

Il faut insister sur le fait que, dans notre esprit, ces aligneurs n'ont pas comme objectif de remplacer les traitements multibagues; ils ne peuvent pas traiter les problèmes de décalages interarcades, les fermetures d'espaces dans les cas d'extractions, et ne permettent pas

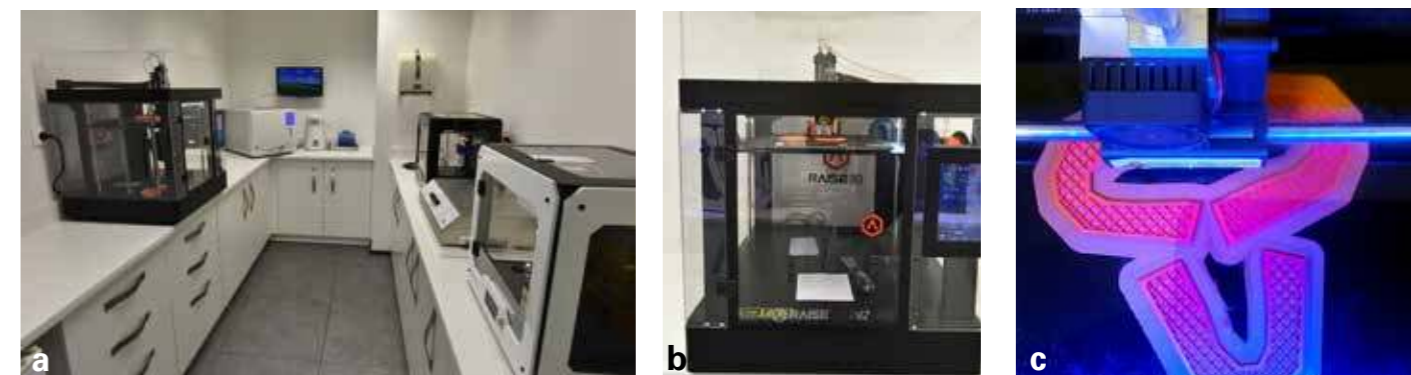
les mouvements verticaux d'ingression ou d'égression. Dans ces cas-là, il est plus facile et efficace d'utiliser des systèmes fixes, d'orthodontie linguale par exemple, si le patient désire un système invisible.

Imprimantes 3D

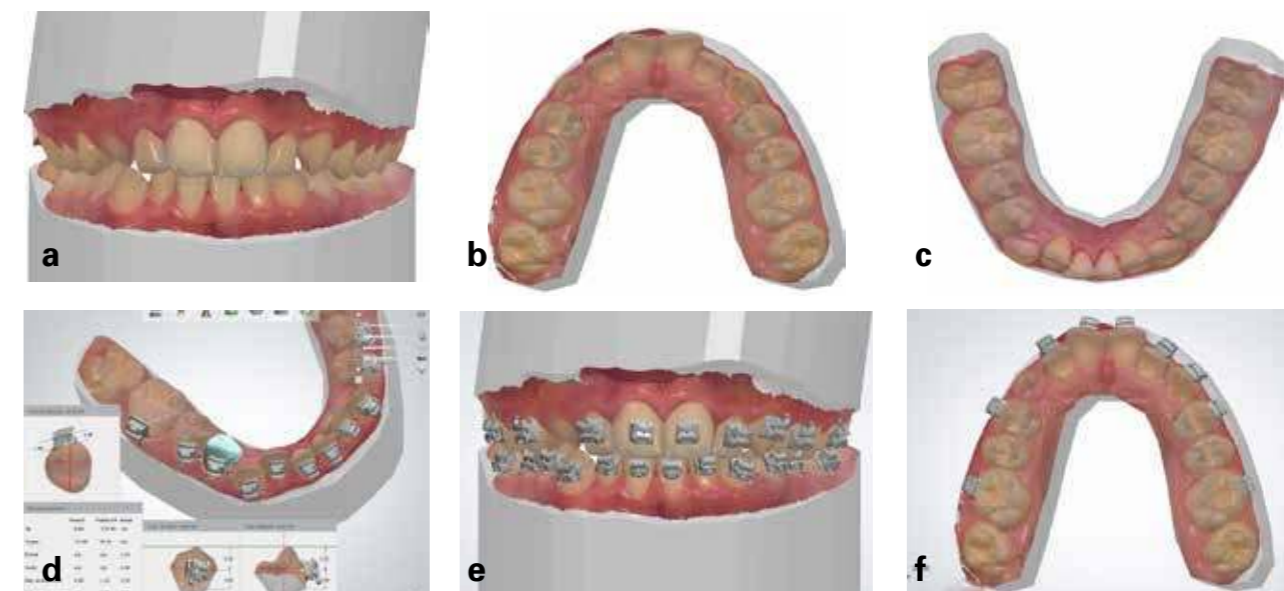
Pour la réalisation physique des appareils amovibles, des gouttières thermoformées et du collage indirect, les empreintes numériques doivent être imprimées. Nous utilisons des imprimantes 3D (trois actuellement au cabinet) qui fonctionnent selon la technique du fil fondu. Un fil de matériau plastique (PLA ou ABS) est déposé par couche successive plus ou moins fine pour obtenir un modèle utilisable ensuite comme un modèle en plâtre (fig. 8a).

Ces imprimantes ont une résolution très largement suffisante (jusqu'à 10 microns dans le sens du Z) et disposent d'un plateau assez large (A4 ou plus) pour permettre l'impression de nombreux moulages en une seule fois.

Cette partie impression est le maillon indispensable à la chaîne numérique (fig. 8b et c).



8. Imprimantes 3D.
a. Imprimantes 3D participant au flux numérique et intégrées aux matériels classiques. b. Imprimante 3D avec grand plateau et double extrudeur. c. Moulages en cours d'impression.



9. Collage indirect préparé totalement en 3D.
a, b, c. Empreintes optiques du cas clinique.
d. Positionnement ultra-précis de chaque attache.
e, f, g. Boîtiers collés virtuellement à l'écran.

Horizon proche et développements

La révolution numérique n'est pas encore terminée en orthodontie et des applications verront certainement le jour dans les prochaines années.

Dans l'immédiat, nous testons le collage indirect totalement réalisé numériquement. Les boîtiers sont collés directement sur les dents à l'écran avec une précision bien supérieure au collage en bouche ou sur modèle. Puis, les

attaches sont transférées par l'intermédiaire de l'impression 3D de modèles avec guide de positionnement, ou par impression de la gouttière de collage (fig. 9a à o). Le procédé reste un peu lourd, même si nous ne doutons pas des avancées rapides.



h, i, j. Système de transfert pour l'impression et la réalisation des gouttières de collage.
k, l, m, n, o. Collage en bouche en technique indirecte.



En ce qui concerne les traitements par aligneurs, l'idéal serait de pouvoir imprimer directement les gouttières. Il reste à trouver le matériau idéal, transparent, suffisamment élastique, facile à imprimer et biocompatible. Des tests sont en cours avec différents partenaires.

L'impression de matière métallique, à l'instar des châssis en prothèse adjointe, devrait permettre aussi sous peu d'envisager la réalisation directe d'appareils orthodontiques (disjoncteur par exemple) ou encore de systèmes de contention.

Conclusion

Le flux numérique fait désormais partie de notre quotidien en orthodontie. Nous ne considérons pas cette technologie comme une vitrine, mais comme un outil qui répond à des besoins bien spécifiques et ouvre des possibilités impensables il y a seulement deux ou trois ans. Les relations avec les confrères et les patients s'en trouvent bouleversées. Au cabinet, il n'est pas rare de voir parents et enfants regroupés autour des imprimantes 3D en fonctionnement ! Ils perçoivent facilement le degré de technicité et la modernité des outils utilisés pour leurs traitements.

Nous ne voyons que des avantages à l'utilisation des outils numériques dans notre exercice orthodontique. Le bénéfice le plus visible, et qui n'est pas du tout virtuel, se situe sur un plan humain. Depuis l'adoption de ces procédures, les assistantes et les praticiens au sein du cabinet ont trouvé une nouvelle motivation à leur travail et ce projet fantastique nous pousse encore plus dans l'exigence de qualité et de confort offerte aux patients.

Correspondance : 189 rue Garibaldi, 69003 Lyon

Les auteurs n'ont pas de liens d'intérêt.