

Occlusion *et* **CFAO**



Maxime Jaisson

*Praticien
à Challes-les-Eaux (Savoie)
Ancien AHU à l'Université
de Reims*



Sébastien Felenc

*Praticien
à Saint-Clément-
de-Rivière (Hérault)
Ancien AHU à l'Université
de Montpellier*

Le but de cet article est de dresser un tableau de la prise en charge en CFAO de l'une des finalités des prothèses dentaires : l'occlusion.

La CFAO fait évoluer nos pratiques professionnelles en permanence. Chacun met en œuvre ces moyens nouveaux à son rythme, soit directement au cours de son exercice, soit indirectement au travers du laboratoire. Plus généralement, c'est la filière complète de la réalisation des prothèses qui se transforme petit à petit. Ces évolutions se font au rythme de la technologie informatique donc rapidement. Ainsi, il est opportun d'esquisser un tableau synoptique de la prise en charge en CFAO de l'une des finalités des prothèses dentaires : l'occlusion.



1a. Lésion carieuse autour de l'ancrage radiculaire associée à une lésion périapicale conduisant à l'extraction de la 14.

1b. Situation de la 14 et des dents controlatérales sur l'arcade.

Au départ, les avancées technologiques ne s'appliquaient que pour la conception des armatures, notamment avec l'usinage de la zircone, mais également du métal. La passivité et l'adaptation des armatures sont la signature de la fabrication de ces infrastructures par CFAO, ce qui les a rendues populaires. Aujourd'hui, l'éventail des matériaux est plus large et la réalisation des extrados, de l'anatomie occlusale est désormais possible en combinant les procédés de CFAO. Le lien est direct entre le logiciel de conception et la fabrication par les machines-outils assurant une matérialisation exacte du design occlusal comme conçu sur l'ordinateur. Cela sous-entend donc une prise en charge de l'occlusion dans le logiciel. Ces techniques ont été pionnières dans l'utilisation clinique de la CFAO et dans ses applications directes sur la gestion de l'occlusion. Pour ce qui est des restaurations de faible étendue, différentes techniques sont déjà bien éprouvées et apportent entière satisfaction. Il faut faire appel à l'emploi de simulateurs du mouvement, des articulateurs virtuels disponibles dans la base de données des logiciels. Dans le cas de réhabilitations de plus grandes étendues, nous sommes confrontés à d'autres problématiques où il est souvent nécessaire de maîtriser certains déterminants de l'occlusion. Ces appareils sont extrêmement fidèles à la réalité, et entièrement paramétrables, mais nécessitent encore un peu de manutention.

Quels systèmes de gestion de l'occlusion choisir ?

Les critères de choix sont identiques aux techniques conventionnelles. Le guidage et le calage sont-ils en partie présents ? Conservons-nous la position mandibulaire du patient, le plan d'occlusion est-il respecté ? Nous illustrerons cette situation par un premier cas clinique. Dans le cas, où un plan d'occlusion ainsi que les fonctions centrage calage et guidage sont à redéfinir, il est nécessaire de connaître la position du maxillaire et de s'inspirer de la cinématique articulaire.

Guidage et plan d'occlusion présents

C'est le cas pour des édentements encastrés et/ou intégrant une canine. L'objectif est alors d'intégrer la morphologie occlusale de la restauration dans le schéma occlusal du patient en évitant les interférences. Nous prendrons comme exemple le remplacement d'une première prémolaire. Le développement d'une lésion carieuse importante (fig. 1) nous a conduits à son extraction. Au vu des habitudes de la patiente (fumeuse) et de sa volonté de changer ses couronnes sur 13 et 15 en raison d'un défaut d'adaptation marginal, nous avons choisi d'élaborer un bridge 13 14 15.

Cette situation clinique nous amène à la discussion portant sur les articulateurs virtuels. Ces



2. Articulateur virtuel du logiciel Cerec 4.2 pour la mise en relation, juste après l'acquisition, des arcades digitalisées (photo Sirona).

systèmes prennent de l'essor, et cela depuis l'introduction des scanners optiques dans les laboratoires de prothèse. Des tentatives ont vu le jour en 1983 avec l'access articulator de François Duret [1]. Shivamurth, dans sa revue de littérature [2], distingue les articulateurs virtuels des articulateurs mathématiques. Cette distinction est pertinente, elle permet de comprendre la différence entre les deux procédés.

Nous pourrions faire appel à ces deux procédés pour la conception de notre bridge.

Un articulateur mathématique

Les modèles mathématiques servant d'articulateurs sont quant à eux fidèles à la lignée des procédés Chairside où toute la procédure de conception se passe au cabinet. C'est-à-dire qu'ils cherchent une autre voie qui se veut totalement dématérialisée. Le professeur Mehl [3], qui est l'un des concepteurs du Cerec 4.2 (fig. 2), explique le fonctionnement de cet outil. Les arcades sont acquises directement par la caméra intrabuccale ou suite au scannage des modèles si c'est le laboratoire qui le réalise. L'enveloppe limite des mouvements est obtenue par une série de calculs issus de moyennes faisant intervenir le sexe du patient et la distance inter condylienne.

Ces algorithmes permettent d'établir un Chemin Généré par la Fonction, Function Generated Pathway en anglais, le FGP de Meyer et Dawson [4] remis au goût du jour et modulable par l'opérateur.

Mehl insiste sur le fait que ce dispositif n'est pas adapté aux restaurations de grandes étendues. Les approximations et les moyennes sont recevables s'il s'agit de traitements encastrés ou bénéficiant de structures anatomiques résiduelles conséquentes. Mais en cas d'absence de guidage antérieur ou de changement de dimension verticale d'occlusion, il faudra être très prudent et procéder par des étapes de validation clinique.

Étapes:

- Numérisation intrabuccale de chaque arcade séparément.
- Prise d'empreinte optique vestibulaire en OIM pour une mise en occlusion statique des modèles 3D.
- En guise d'arc facial, la technique de programmation se base sur l'application de formules mathématiques issues d'observations cliniques. Le logiciel gère automatiquement le positionnement et l'orientation des arcades dentaires par rapport à l'axe charnière bicondylien en déterminant l'angle de Balkwill et la hauteur du triangle de Bonwill.
- Ensuite, il est possible d'agir sur le déterminant postérieur en modulant ses valeurs et ainsi obtenir des FGP différents.

Avantages

- Définir la position des arcades dentaires par rapport à l'axe charnière sans faire appel à l'arc facial et donc l'articulateur physique.
- Moduler à volonté le FGP et le programmer dans la situation la plus défavorable pour garantir l'absence d'interférences occlusales.
- Gérer l'occlusion en lien direct avec l'empreinte optique.

Inconvénients

- Nécessite la présence de références dentaires sur l'arcade pour le calcul géométrique nécessaire à la programmation.
- Ce ne sont que des valeurs approchées et reproduisant des mouvements limites

Un avatar numérique de l'articulateur mécanique

Ces outils numériques se retrouvent dans de nombreux logiciels et sont à disposition des laboratoires de prothèses.

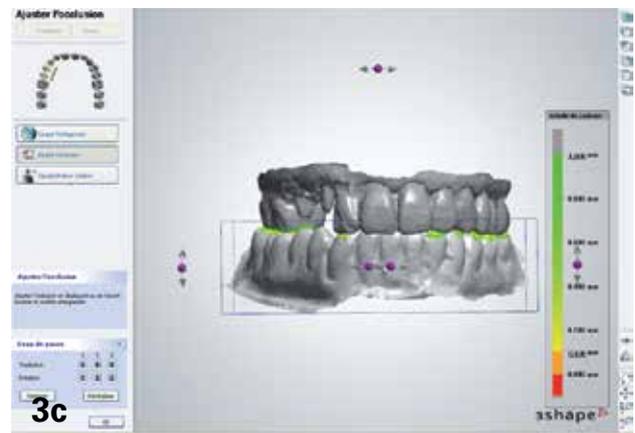
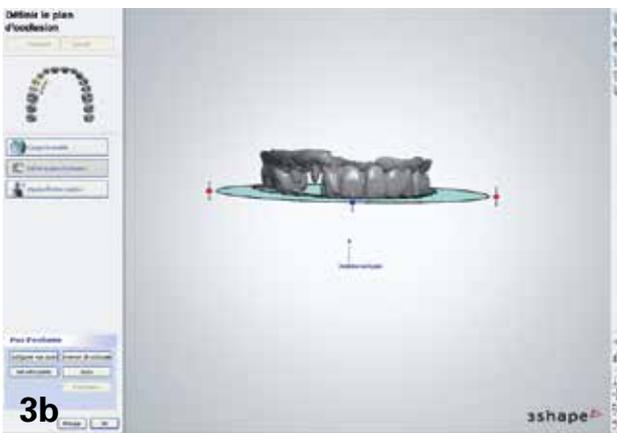
Les arcades numérisées sont placées de façon arbitraire sur l'articulateur virtuel de la même façon qu'un montage arbitraire sur son homologue mécanique (fig. 3).



3a. Évaluation des préparations périphériques avant l’empreinte.

3b. Positionnement de l’arcade maxillaire sur la table de montage virtuelle. La table de montage a les mêmes caractéristiques que son homologue mécanique avec une orientation de 10° par rapport au plan de Francfort.

3c. Import de l’arcade mandibulaire et contrôle des points d’occlusion. Les arcades ont été scannées séparément puis scannées en position d’intercuspidie maximale. L’empreinte optique latérale permet d’associer les deux modèles entre eux.



4a. Le bridge est modélisé puis ajusté en occlusion à l’aide du déplacement de la branche de l’articulateur.

4b

4b. Flashez le QR code ou allez à l’adresse suivante pour visionner la vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=gZz1YDE-29Y>

Le positionnement du maxillaire, du plan d’occlusion, se fait selon une valeur moyenne, sorte de table de montage virtuelle. Les boîtiers condyliens de ces articulateurs sont également réglables, mais cela ne présente aucun intérêt dans cette situation puisque les modèles sont déjà placés de façon standardisée.

C’est ce procédé que nous avons utilisé dans la réalisation de notre cas clinique (fig. 4).

En raison de ses qualités esthétiques et de sa facilité de mise en œuvre, nous avons choisi d’usiner un bloc d’e.max CAD, d’Ivoclar Vivadent (fig. 5, 6). Le fabricant préconise ces blocs pour le remplacement de dents dans le secteur antérieur et en remplacement de prémolaire. Le bridge est entièrement fraisé dans la masse puis passé au four pour finir l’étape de cristallisation de la céramique.

Cette situation clinique est la seule où la chaîne numérique peut être respectée, car il n’est pas nécessaire de passer par un articulateur physique pour réaliser le montage.



5a

5. Bloc de vitrocéramique renforcée au disilicate de lithium. Ce matériau est indiqué pour la réalisation de bridge 3 éléments et pour le remplacement des incisives, canines et prémolaires.

5a. Dans sa phase bleue pré cristallisée (exemple).

5b. Après cuisson, maquillage et glaçage.



5b



6a



6b

6a. Situation du bridge 13 14 15 juste après son assemblage par collage. Contrôle du mouvement de latéralité droite.

6b. Situation en vue de face et après réfection de l'incisive latérale par le procédé Cerec Sirona.

Guidages et plan d'occlusion à reconstruire

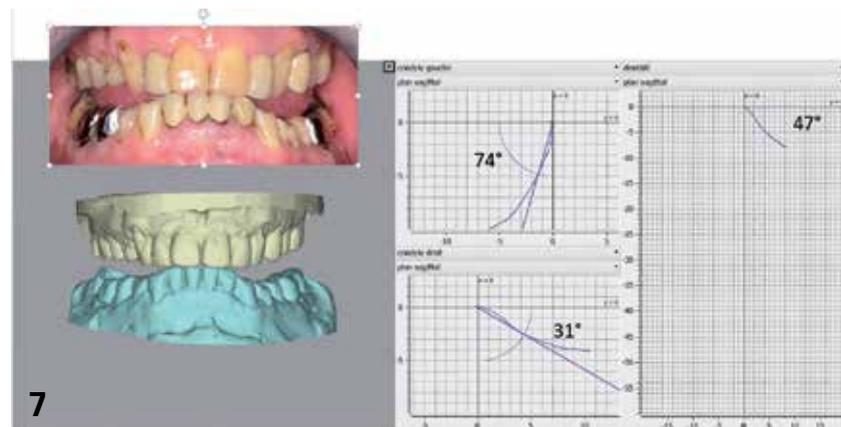
Lors de modifications importantes de l'occlusion, il est souvent indispensable de maîtriser certains déterminants de l'occlusion. Le préalable à toute programmation sera de situer les arcades dentaires par rapport à l'axe bicondylien. Le praticien recherche à situer le plan d'occlusion incluant les courbes fonctionnelles de Spee et de Wilson. Mais l'enregistrement du rayon de fermeture aura aussi un impact sur l'anatomie occlusale des futures restaurations [5].

Puis d'autres paramètres (pente incisive et pente condylienne) peuvent être pris en compte pour assurer une meilleure intégration des futures restaurations prothétiques (fig. 7).

Pour cela, le clinicien a en sa possession plusieurs outils :

- **l'arc facial** : il permet de positionner et d'orienter les modèles par rapport à l'axe charnière et de les transférer sur l'articulateur ;

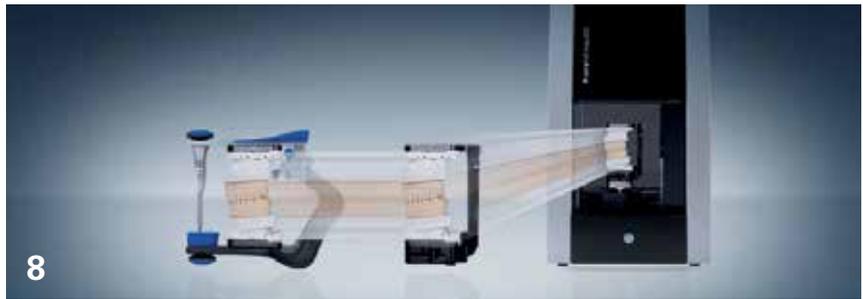
- **l'axiographie** : il permet de traduire l'anatomie de l'ATM en valeurs angulaires utiles pour programmer les boîtiers condyliens de l'articulateur. L'axiographie s'est modernisée avec des outils plus légers et plus ergonomiques. Ils sont capables d'éditer un rapport des données cinématiques pour



7. Les données issues de l'enregistrement sur ce patient mettent en évidence des pentes condyliennes différentes à droite et à gauche. La plus forte pente à gauche entraîne une désocclusion plus importante du secteur molaire.

chaque point d'intérêt de la mandibule du patient (dentale et condyles) et dans les trois plans de l'espace. La revue de littérature de Laura Maestre-Ferrín [6] poursuit cette réflexion aux axiographes électroniques, l'Arcus Digma de KaVo et le Jaw Motion Analyser de Schütz Dental Zebris. Kordass et Gärtner [7], d'autres pionniers dans l'adaptation

8. Utilisation d'un kit de transfert calibré pour la numérisation du montage sur articulateur (Image Amann Girrbach).



des articulateurs, publient depuis les années 90 des études portant sur l'utilisation des ultrasons permettant la réalisation d'une axiographie en axe charnière réelle, légère et précise. Pour l'instant, il ne s'agit que de recueil de valeurs permettant la programmation des articulateurs.

Cet arsenal est bien utile pour répondre aux impératifs de reconstruction de certaines situations cliniques, soit :

- dans la reconstruction du guidage antérieur ;
- lors de changement de position de référence (antéposition) ;
- pour les couronnes postérieures en antagonistes ou en extension.

Aujourd'hui, nous mettons le doigt sur la faiblesse de la chaîne numérique. Dans ces situations cliniques, pour passer du modèle des préparations numérisé à la fabrication des restaurations prothétiques par des machines-outils, un montage sur articulateur mécanique doit être entrepris. La mise en confrontation des arcades dentaires 3D l'une par rapport à l'autre se fera par scannege des modèles en plâtre afin de préserver les informations données par l'arc facial.

La gestion de l'occlusion pour appliquer les procédés de CFAO dans ces situations fait donc appel à un double montage : articulateur physique / articulateur virtuel. En fonction des sociétés éditrices de logiciel, la technique est légèrement différente.

Double montage avec utilisation d'un dispositif de transfert

Les modèles en plâtre sont d'abord montés sur un articulateur mécanique, l'arc facial ayant été utilisé. Chaque modèle est ensuite scanné séparément puis les modèles ensemble avec leurs embases fixées sur un dispositif de transfert calibré (fig. 8). Il est ensuite possible de programmer les boîtiers condyliens virtuels si les valeurs sont connues.



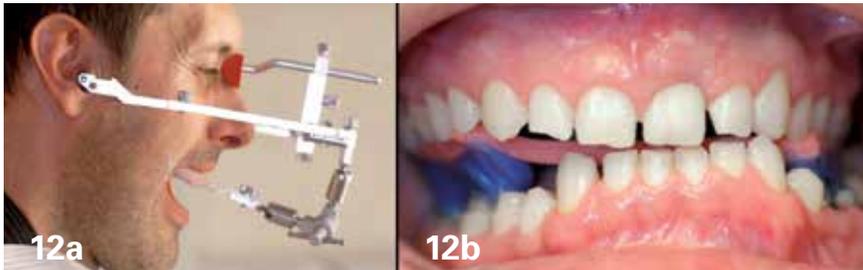
9. Scannage de l'articulateur pour assurer le montage virtuel (image Zirkonzahn).

Double montage avec scannege de l'articulateur

Dans ce cas, l'articulateur avec les moulages en plâtre est placé entièrement dans le scanner (fig. 9). Le logiciel dispose d'une « arthrotèque », sorte de bibliothèque d'articulateur contenant la majorité des simulateurs du marché dans laquelle il faut choisir le type d'articulateur employé. Les moulages sont scannés individuellement puis en occlusion. Enfin, l'ensemble articulateur et modèles est scanné.



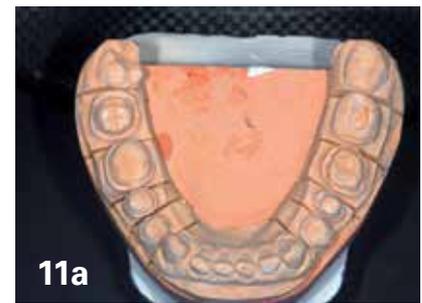
10. Cette incisive centrale (21) doit être remplacée par une prothèse implanto-portée à la suite d'une fracture radiculaire. Le recouvrement très important empêche la réalisation d'une prothèse temporaire de longue durée. Une nouvelle dimension verticale est testée par une gouttière puis par des cales temporaires collées. Après 8 mois de temporisation, il est décidé de conserver cette nouvelle relation intermaxillaire, c'est le plan d'occlusion mandibulaire qui sera transformé.



12. L'arc facial et les cires de diduction vont permettre la programmation des articulateurs, physiques et virtuels.

13. Les prothèses sont modélisées sur le logiciel de conception. La mobilisation des arcades est facilitée par l'articulateur virtuel (image Amann Girrbach).

11. Les préparations incluent la réfection des deux couronnes en 47 et 36 et des facettes occlusales. Le modèle fractionné issu d'une empreinte physique est monté sur un articulateur suivant une méthode conventionnelle, cires d'occlusion et arc facial. Les modèles sont ensuite scannés pour être reproduits dans le logiciel de CAO.



14. Adaptation des contacts. Un algorithme de détection des collisions permet d'objectiver la répartition et l'intensité des contacts occlusaux.

Exemple d'utilisation d'un articulateur virtuel programmé (fig. 10 à 16)

La conception des prothèses est ici réalisée sur un articulateur virtuel, puis les fichiers informatiques sont transmis à une machine d'usinage. Les prothèses sont des couronnes et des facettes occlusales réalisées en céramique hybride monobloc, ce qui permet leur aboutissement complet (intrados et extrados) à travers la chaîne CFAO.

L'enchaînement des étapes est le suivant:

- empreinte conventionnelle et montage en articulateur (Artex®);

- programmation de l'articulateur avec des cires d'occlusion en diduction;
- scannage des modèles montés sur l'articulateur de transfert;
- conception des prothèses sur le logiciel;
- usinage des prothèses;
- finition manuelle des céramiques;
- livraison et contrôle des prothèses sur l'articulateur physique.

Cette chaîne débute par une technique conventionnelle à travers le montage (arc facial et cires d'occlusion) en articulateur physique. Le passage

Points essentiels

- Les techniques de mise en forme et l'offre de matériaux destinées à la fabrication assistée par ordinateur sont de plus en plus larges.
- La gestion de l'occlusion par informatique devient pertinente.
- Elle est bien maîtrisée dans le cas de conception de prothèses unitaires et pour les réhabilitations de petite étendue.
- Dans les autres situations, l'emploi d'un articulateur virtuel est possible, car disponible dans la plupart des logiciels de CFAO dentaire.
- Dans les cas complexes, et lorsque la programmation d'un simulateur des mouvements mandibulaires s'impose, l'utilisateur doit réaliser un montage des modèles sur un articulateur physique avant son transfert sur le logiciel de conception.
- Le respect de la chaîne numérique en CFAO des prothèses dentaires est l'objectif de demain. La gestion de l'occlusion peut être considérée comme le maillon manquant.

au virtuel permet une conception améliorée (manipulations, maillage des images des modèles) et, surtout, une fabrication directe du matériau monobloc. Puis le retour au réel permet de contrôler les réalisations avant leur assemblage.

Au travers ces quelques exemples cliniques, nous avons vu comment adapter la nouvelle fonction occlusale. Il reste un élément à maîtriser: accorder le guide antérieur et le sourire; fonction et esthétique. Plusieurs Cone Beam intègrent déjà une solution d'acquisition de la surface cutanée du patient grâce à une acquisition purement optique de la surface du visage. Ils proposent aussi d'intégrer dans cette reconstruction les modèles 3D des arcades dentaires. Certains fabricants, comme Zirkozahn avec le Face Hunter (fig. 17) ou Sirona avec le Cerec Smile Design, sont allés plus loin en associant l'articulateur virtuel à une modélisation du visage. Le but est de mieux appréhender le montage esthétique tout en faisant les ajustements occlusaux virtuels sur le simulateur lui aussi virtuel.

Ce procédé permet de se diriger un peu plus vers l'individualisation des restaurations prothétiques.



15. Les prothèses réalisées sont des monoblocs Vita Enamic usinés avec un système Ceramill Motion 2 d'Amann Girrbach. Ce matériau hybride permet la réalisation de couronnes et autorise des épaisseurs de paroi réduites pour des restaurations *a minima*.

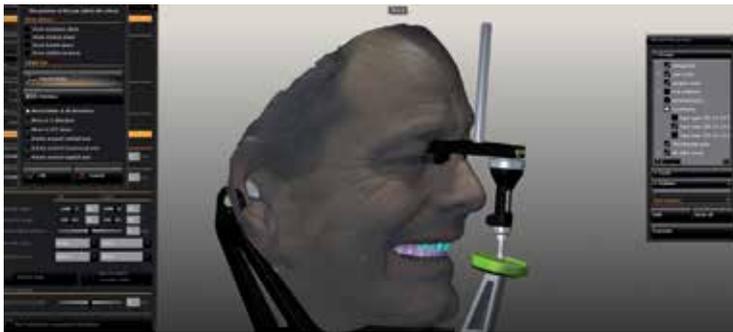


16. Image clinique de l'arcade mandibulaire à 2 années postopératoires

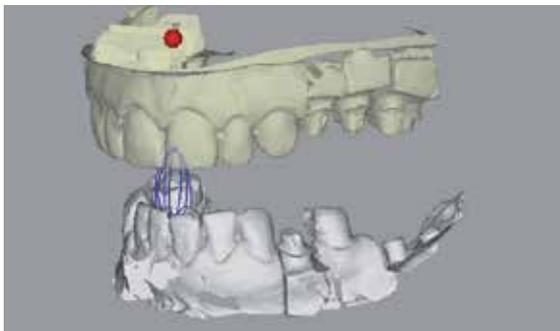
Discussion

La plupart des concepts occlusaux sont liés directement à l'emploi des simulateurs type articulateur. Leurs limites, les mouvements qu'ils reproduisent, conduisent les cliniciens à adapter l'anatomie occlusale des prothèses aux systèmes qu'ils utilisent. Le but est de faciliter l'intégration en bouche tout en évitant de créer des interférences néfastes lors des mouvements de mastication.

Certes, les articulateurs virtuels sont plus ergonomiques à utiliser et favorisent en partie la préservation de la chaîne numérique, elle-même garante de la précision. Mais le concept, la philosophie est ancienne et Lauret et Le Gall [8] regrettaient déjà que l'on ait plus adapté l'homme à l'articulateur que l'articulateur à l'homme.



17. Association faite entre la modélisation du visage et l'articulateur afin de gérer esthétique et fonction (image Zirkonzahn).



18. Schématisation de l'application de la cinématique fonctionnelle aux modèles des préparations.

Le défi de demain serait de maîtriser toute la dynamique masticatoire et de déglutition (fig. 18). Ce serait un immense coup de projecteur dans le brouillard que constitue la gestion occlusale de l'humain au XXI^e siècle. L'occlusion ne serait plus un domaine obscur fait de concepts et d'idéaux difficiles à maîtriser, car impossible à objectiver.

Si, de plus, la conception des prothèses peut se faire sur ces mêmes modèles, alors la boucle est bouclée, entre le diagnostic médical et la production adaptée, nous pourrions réaliser des prothèses réellement intégrées à la fonction du patient. Car, jusqu'ici, la fonction masticatoire, quasiment impossible à appréhender, était la grande absente de nos réalisations.

Le corps humain s'adapte magnifiquement à nos prothèses, mais jusqu'à un certain point, et demain, certainement, l'odontologie moderne sera à même de proposer des solutions fonctionnellement pertinentes. Une nouvelle page s'ouvre grâce à la CFAO, cela va générer beaucoup de questions et d'études nécessaires, mais c'est avant tout dans notre utilisation quotidienne de ces outils que le virtuel rendra des services au réel.

Conclusion

Il est utile de comprendre le point actuel de la gestion de l'occlusion en CFAO afin de se rendre compte qu'une seconde révolution est en passe d'arriver : il s'agit de la gestion personnalisée de l'occlusion de chaque patient. Les procédés informatiques vont être en mesure de rendre simple et pratique ce domaine éminemment complexe. Déterminants postérieurs, cycles masticatoires, trajets entrants ou sortants, axiographies, autant de concepts et d'actes délicats qui ne sont que très rarement mis en œuvre à grande échelle. D'autant que leur enregistrement et le transfert des informations sont fortement opératoires dépendants et soumis à de nombreux aléas.

bibliographie

1. Toubol JP, Duret F. De l'articulaire au neuromusculaire, de la mécanique à l'électronique. Cah prothèse 1989; 143 : 43-52.
2. Shivamurthy Shadakshari, Nandeeshwar DB, Saritha MK. Virtual articulators: a future oriented technology. Review article. Asian J Med Clin Sci 2012; 1 (2) : 98-101.
3. Mehl A. A new concept for the integration of dynamic occlusion in the Digital Construction Process. Int J Comput Dent 2012; 15 (2) : 109-23.
4. Meyer FS. A new, simple and accurate technique for obtaining balanced and functional occlusion. J Am Dent Assoc 1934; 21 : 195-203.
5. Duminil G. L'occlusion tout simplement. Edition : Espace Id, 2013.
6. Maestre-Ferrin L, Romero-Millán J, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diogo M. Virtual articulator for the analysis of dental occlusion : an update. Med Oral Patol Oral Chir Bucal 2012 jan 1; 17 (1) : 160-163.
7. Gärtner C, Kordass B. The virtual articulator : development and evaluation. Int J Comput Dent 2003 Jan; 6 (1) : 11-24.
8. Le Gall MG, Lauret JF. The function of mastication : implications for occlusal therapy. Pract Periodontics Aesthet Dent 1998 Mar; 10 (2) : 225-229.

Le laboratoire Créadent à Grabels (34) a réalisé les pièces prothétiques, nous le remercions chaleureusement pour sa collaboration quotidienne. Nous remercions aussi Pierre Ange Guglielmi et le Laboratoire 3D Kreaform pour le premier cas clinique; la SOSDS et ses membres pour leur soutien; ARIA CadCam et ses membres pour leur implication dans l'informatisation de l'art dentaire; le CNO pour son enseignement.

En tant que dirigeant de ModJaw, Maxime Jaisson déclare avoir un lien d'intérêt avec le sujet traité dans cet article.

Correspondance : maxjaisson@yahoo.fr