



Comprendre la CFAO 4D

Sébastien Felenc, Maxime Jaisson

L'imagerie en trois dimensions a envahi nos espaces de travail et bouleversé les procédures de conception des prothèses dentaires. La quatrième dimension ajoute le facteur temps à la visualisation des anatomies dentaires en animant les modèles selon l'exact déplacement des arcades des patients.

Il existe de très nombreuses applications à l'enregistrement dynamique du déplacement de la mandibule. Il ne s'agit plus d'une simulation sur un articulateur, mais bien d'un réel avatar numérique du patient. Nous exposons ici les différentes applications à la clinique et au laboratoire de cette nouvelle technologie. La technologie du dispositif MODJAW a été détaillée lors du congrès de l'IDS à Cologne en mars 2017, nous en voyons ici différentes applications.

Afin d'illustrer ces propos, des images ne suffisent pas. Nous vous proposons donc des animations auxquelles vous pouvez accéder en scannant les QR codes.



De quoi s'agit-il ?

Il s'agit d'enregistrer directement sur le patient les mouvements mandibulaires définis selon un protocole choisi par le praticien. Cet enregistrement animé des arcades en 3D (fichiers STL se déplaçant dans l'espace en même temps que le patient) permet de réviser sous forme de vidéo les déplacements enregistrés tout en bénéficiant de la gestion en 3D. Concrètement vous pouvez voir et vous rendre compte de tout ce qui se passe sur les arcades du patient ([QR-code 1](#)).

Globalement, quel bénéfice pour les thérapeutiques ?

En s'inscrivant réellement dans l'enveloppe de fonction du patient, laquelle est sous la dépendance des déterminants postérieurs de l'occlusion, les réalisations prothétiques sont plus pertinentes sur le plan fonctionnel. C'est toute la gestion de l'occlusion qui devient accessible, se démocratise et peut pénétrer le flux de travail de la chaîne CFAO au cabinet et au laboratoire.

Les traitements sont réalisés plus rapidement, les marges d'erreur sont grandement diminuées. Il y a moins de retouches d'occlusion. Le confort des patients est accru. Globalement, les professionnels produisent des prothèses de meilleure qualité tout en gagnant du temps. Telles sont les promesses de la mise en œuvre de la 4D.

Un thème qui s'inscrit dans l'histoire de notre profession. De très nombreux chercheurs et auteurs ont étudié la dynamique mandibulaire et la mastication au travers de différents dispositifs plus ou moins simples d'utilisation. La littérature est riche de très nombreuses publications



sur ces thèmes. Pour les plus connus, nous pouvons citer Lundeen et Gibbs avec le Replicator® [1].

Le terme de 4e dimension était d'ailleurs cité pour la première fois par François Duret dans ses travaux sur l'accès Articulator® et le concept de neuro-musculo-compatibilité développé avec Jean-Pierre Toubol en 1989 [2].

Si ces travaux sont restés à l'état de recherche scientifique sans pouvoir impacter réellement la production des prothèses, c'est que la technologie n'était pas encore mûre à l'époque.

Les freins sont désormais levés et la CFAO est devenue mature. Elle a pénétré totalement la conception et la production des prothèses.

L'intégration de la fonction est maintenant une réalité qui peut directement influencer l'anatomie des prothèses dentaires dans des workflows de routine.

Le dernier maillon de la chaîne prothétique

Jusqu'à il y a peu, la boucle numérique n'était pas totale [3] et obligeait le passage par des étapes de plâtre et de montage en articulateur physique avant de basculer sur sa réplique virtuelle.

C'est maintenant chose faite, le dernier maillon est tombé et il est possible de manière simple et précise de transférer la position spatiale du maxillaire par rapport à l'axe bicondylien vers un articulateur virtuel.

Mais nous verrons plus loin que l'utilisation de l'articulateur a évolué : il ne sert plus à simuler des trajets considérés comme sains (lesquels sont directement enregistrés et reproduits à partir du réel), mais plutôt à anticiper une position mandibulaire thérapeutique ([QR-code 2](#)).



Utilisation de la 4D selon la chronologie d'un traitement

En préopératoire

Le diagnostic initial est grandement amélioré grâce à l'analyse des trajectoires du dentale et des condyles mandibulaires. La possibilité de manipuler le patient tout en enregistrant les déplacements permet une finesse d'analyse encore jamais atteinte aussi facilement. Et si des graphiques persistent, ils sont directement corrélés à la vision 3D des déplacements, cela facilite la compréhension et l'analyse.

Concrètement, la visualisation d'un ressaut articulaire est facilitée, mais, surtout, l'enregistrement de la position spatiale de la mandibule à la perte et/ou au recapture du disque est possible.

La mise en évidence d'une interférence à la fermeture, la recherche d'une position reproductible de relation centrée, toutes les composantes de l'occlusion thérapeutique sont rendues abordables et simplifiées.

La capture de la dynamique mandibulaire intégrera le protocole initial de diagnostic au même titre que la photographie et l'imagerie médicale. Le montage en articulateur des modèles initiaux devient obsolète puisqu'il est réalisé virtuellement.

La 4D aide le praticien dans son diagnostic différentiel entre une occlusion pathogène ou une occlusion jugée correcte. Il choisira alors soit un traitement initial visant à rétablir une santé articulaire et fonctionnelle avant de réévaluer le patient au moment de passer aux étapes suivantes. La comparaison des enregistrements, initiaux et après traitement, peut alors se faire de manière objective (QR-code 3).



En début de traitement

Si l'indication d'une gouttière (de quelque nature qu'elle soit) est posée, sa conception est grandement facilitée. Après l'analyse 4D – donc l'analyse des modèles 3D en vidéo selon les manipulations de son choix –, le praticien peut fixer dans l'espace une position mandibulaire et exporter une relation intermaxillaire bien définie. La suite se passe au laboratoire avec une phase de conception 3D selon la prescription et la production de la gouttière, usinée ou imprimée (QR-code 4).

Tout traitement prothétique étendu débute par une modélisation des objectifs thérapeutiques.

La cire ajoutée (wax-up) est encore beaucoup utilisée, notamment parce que les anatomies informatiques sont peu naturelles et finalement difficilement manipulables. Mais cette étape s'améliore et la modélisation 3D gagne du terrain. Désormais, les informations issues de la 4D permettent d'améliorer très fortement ces propositions anatomiques initiales.

Tout d'abord dans la gestion de la relation intermaxillaire lors d'une augmentation de dimension verticale d'occlusion. C'est certainement le point le plus déterminant de l'évolution de la 4D. Le praticien analyse la vidéo et choisit précisément la position mandibulaire spatiale thérapeutique. Il exporte au laboratoire un fichier STL contenant le maxillaire et la mandibule du patient dans cette nouvelle relation. Le laboratoire intègre alors ces données dans son logiciel de CAO pour réaliser la modélisation du projet. Le gain de précision est ici très important car il n'y a plus d'approximation liée à un enregistrement en cire, puis un transfert vers articulateur mécanique ou virtuel.

La CAO peut aussi être guidée par des plans d'occlusion virtuels choisis et positionnés selon des données anatomiques concrètes et des superpositions radiographiques.



La 4D permet l'enregistrement de « Fonctionnal Generated Path » (FGP) [4] mandibulaires (ou maxillaires!) permettant de modéliser dans l'espace une « surface générée par la fonction » appelée FGS en format STL. Cette surface correspond à la bordure limite du déplacement des arcades [5] (QR-code 5).

Ces modèles diagnostiques virtuels guidés par la 4D peuvent servir directement à la réalisation des planifications implantaires et peuvent également être imprimés pour obtenir un modèle physique. Les planifications prothétiques virtuelles ou wax-up virtuels s'imposent progressivement du fait du gain de temps pour leur réalisation et grâce à la 4D la précision est augmentée [6] (QR-code 6).

Lors de l'anticipation esthétique

La phase d'essayage par mock-up nécessite un passage du 2D (analyse du visage en photo) au 3D (modélisation du sourire). Plusieurs techniques sont envisageables, la version conventionnelle manuelle en cire, bien entendu, mais aussi la modélisation CFAO qui permet la confection d'une gouttière pour le mock-up ou l'impression de modèles pour réaliser une clé. De très nombreux logiciels proposent cette fonction et nous pouvons en citer trois parmi les principaux: le 3-Shape qui a été utilisé



dans le cas illustré, le logiciel Cerec de Sirona et le logiciel Némotec qui est directement issu de la famille du DSD (Digital Smile Design).

Le rôle de la 4D ici est de permettre la confection de faces palatines adaptées. Si les techniques de dessin et d'essais de sourires sont très en vogue, la part fonctionnelle de ces restaurations est trop souvent occultée.

La 4D permet la confection de guides antérieurs pertinents grâce à la programmation des articulateurs virtuels et à l'utilisation de FGP [7] (QR-code 7).

Lors des réalisations prothétiques monobloc usinées

Le complément d'information apporté par la 4D à la confection des prothèses, grâce à la programmation complète et simplifiée d'un articulateur virtuel, au FGP et à la gestion des relation-intermaxillaires est totalement efficace si les prothèses fixées sont usinées. C'est particulièrement le cas si l'on utilise des vitrocéramiques renforcées en monobloc. Le cas retenu pour illustrer cette situation est celui d'un patient présentant des troubles de l'articulation temporo-mandibulaire (ATM) et des problèmes posturaux. In fine, les prothèses sont usinées en disilicate de lithium monobloc, permettant ainsi de bénéficier totalement de la chaîne prothétique virtuelle (QR-code 8).





Pour la réalisation des prothèses totales bimaxillaires

La prothèse adjointe totale (PAT) requiert une gestion fine de l'occlusion. La gestion des concepts d'occlusion et ici, précisément, la réalisation d'une occlusion généralement équilibrée occupent depuis plus d'un siècle toute la profession. La 4D permet l'analyse et la réalisation du concept choisi par le praticien. C'est un élément de liberté supplémentaire. La chaîne prothétique tout numérique fonctionne, le cas ici présenté le résume rapidement (QR-code 9).

En postopératoire

Que le cas soit juste réalisé ou fasse l'objet d'un suivi, la 4D permet d'analyser finement l'occlusion dynamique. La recherche de prématurités, d'interférences, est largement facilitée comme nous l'avons vu plus haut. Mais c'est surtout l'analyse de l'enveloppe de fonction et la concordance des prothèses réalisées qui sont déterminantes ici.

L'exemple retenu est celui d'un bridge complet implantoporté maxillaire qui a présenté des fractures récurrentes des éléments cosmétiques antérieurs. L'analyse 4D permet d'objectiver un conflit entre l'enveloppe de fonction et la conception (QR-code 10).



En orthodontie

Les applications d'un dispositif d'analyse 4D en orthodontie sont multiples. Que ce soit pour un diagnostic initial, pour la recherche d'une relation centrée, pour l'optimisation des courbes de compensation ou même dans la préfiguration des chirurgies orthognathiques. Mais c'est certainement dans l'optimisation de la fonction masticatoire, notamment à travers l'équilibrage des angles fonctionnels masticatoires qu'on retrouvera le plus grand bénéfice de l'analyse 4D, au service notamment d'un nouveau paradigme de l'occlusion dentaire [8] (QR-code 11).

Quelle évolution ?

La 4D est avérée, les données recueillies sont déterminantes et la mise en œuvre prothétique accessible, mais le futur proche est encore plus prometteur.

Si la santé articulaire et musculaire est jugée saine, le design 3D des anatomies (la CAO) se fera directement sur les fichiers 4D initiaux du patient.

Dans le cas d'une pathologie, la 4D est un outil de diagnostic et de réévaluation permettant l'utilisation fine d'un articulateur virtuel afin de déterminer une position thérapeutique mandibulaire et le dessin d'anatomies dentaires pertinentes.

C'est à notre sens le prochain grand bouleversement du flux de travail en prothèse dentaire, pour le plus grand bénéfice des patients, et des deux professions unies, chirurgie dentaire et laboratoire de prothèse.

bibliographie

1. Lundeen HC, Gibbs CH. Advances in occlusion ,John Wright, Boston 1982.
2. Toubol J, Duret F. De l'articulateur au neuro-musculaire, de la mécanique à l'électronique (from articulator to neuro muscular and from mechanical to electrical: Access articulator). Les Cahiers de Prothèse 1989; 66: 43-53.
3. Jaisson M, Felenc S, Nocent O. La gestion de l'occlusion par les systèmes de CFAO : les critères de choix. Les Cahiers de Prothèse 2013; 161 : 142-151.
4. Dawson PE. Chapter 19: Functionally generated path techniques for recording border movements intraorally. I: Évaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems. St. Louis, CV Mosby; 1974: 248-74.
5. Jaisson M, Felenc S. Occlusion et CFAO (CAD/CAM). Information Dentaire 2014; 96 (20): 48-56.
6. Abduo J, Bennamoun M, Tennant M, McGeachie J. Effect of prosthodontic planning on lateral occlusion scheme: a comparison between conventional and digital planning. Appl Oral Sci 2015; 23 (2): 196-205.
7. Jaisson M, Felenc S, Sastre T. Impression 3D au service de l'esthétique et la fonction. Information Dentaire 2015; 97 (39): 72-78.
8. Raymond JL, Kolf J. Complexité du système masticateur. Manifeste pour un nouveau paradigme de l'occlusion dentaire. Empresa, 2014.

Auteurs

Correspondance :

Liens d'intérêt ?