

**Ahmed Rabiey**

Chartres

**Adrien Valdares**

Chartres



## Introduction

La révolution numérique qui prend place en dentisterie apporte avec elle des nouvelles solutions et concepts, dont la pertinence et l'intégration devront être évaluées sous le prisme des concepts fondamentaux. Quelles qu'en soient les conclusions, l'application de ce flux repose sur la même base fondamentale, sur laquelle le flux conventionnel s'est toujours basé : la collaboration entre praticien et prothésiste. Cette collaboration est d'autant plus importante lors du développement des nouvelles façons de travailler : les nouveaux défis amenés par ces outils devront être relevés en équipe, en intégrant les problématiques tant du côté clinique que du laboratoire.

Un de ces défis est celui de la gestion de l'occlusion en flux numérique : est-elle si différente de la gestion en flux analogique ? Comment y sont appliqués les concepts fondamentaux ? Sa gestion en est-elle améliorée, ou plutôt détériorée ? Ce sont les questions que nous nous proposons d'aborder dans cet article en nous intéressant au flux dans son ensemble, du cabinet dentaire au laboratoire de prothèse.

## L'occlusion statique en flux conventionnel

La gestion et la transmission de cette occlusion ont fait l'objet de nombreuses études (1) (2) et fait parfois encore débat selon les différents courants de pensées. Cependant, quelle que soit l'école, la gestion occlusale est généralement subdivisée en deux parties : l'occlusion statique et l'occlusion dynamique (3). En ce qui concerne l'occlusion dite « statique », il s'agit en fait d'un rapport intermaxillaire de référence du patient dans laquelle se tiendra la reconstruction prothétique. Ce rapport peut être celui actuel du patient : on parle de relation d'occlusion d'intercuspidie maximale (OIM). Ou bien un nouveau rapport dans une position thérapeutique de référence, reproductible, physiologique et non forcée : on parlera alors de relation centrée (ORC). Ce dernier étant fréquemment associé à une modification de dimension verticale (4).

La transmission de ces relations intermaxillaires est primordiale pour toute la continuité du plan de traitement : un rapport dont la qualité serait altérée, lors de l'enregistrement ou la transmission, aura pour conséquence directe des réalisations de prototype prothétique – ou pire, de prothèse d'usage – dont l'occlusion n'aura aucune intégration physiologique.

Pour l'OIM, cette transmission peut se faire en flux conventionnel de deux façons, dépendant de l'étendue de l'édentement sur les arcades et de l'engrènement dentaires entre celles-ci. Lorsqu'un édentement est limité et/ou qu'un engrènement entre les modèles est objectivable de façon répétitive et discriminante, la simple transmission d'empreinte conventionnelle des deux arcades est d'usage et l'OIM sera retrouvée au laboratoire en confrontant alors les deux modèles (Fig. 1). En revanche, cela nécessite que le praticien soit vigilant au moment des empreintes, et évalue les cas où l'engrènement ne sera pas objectivable une fois les modèles coulés. Ces cas sont plus généralement des cas où les édentements sont importants, où les dents restantes ne fournissent pas assez d'information quant à l'engrènement entre les deux futurs modèles, et où il sera impossible d'objectiver une position d'occlusion reproductible du fait de la gravité (e.g. édentement de classe I de Kennedy). Dans ces cas-là, il sera nécessaire pour le laboratoire de réaliser un bourrelet d'occlusion (aussi appelé RIM) pour permettre au praticien la transmission de ce rapport d'OIM de façon fiable.



Modèles conventionnels dont l'occlusion statique a pu être retrouvée par engrènement entre les modèles grâce au nombre de dents suffisant, et un édentement limité

Pour ce qui est de la (ou d'une) relation centrée, les considérations sont bien différentes au niveau de la prise en charge clinique, mais diffèrent finalement très peu coté laboratoire. Il conviendra au niveau clinique d'employer la technique de son choix pour fixer cette (nouvelle) relation intermaxillaire de référence pour la suite du plan de traitement : utilisation d'une « cire de centrée », une plaque de Kois, d'un jig de Lucia, etc. (5). Quelle que soit la technique, cette nouvelle relation sera figée puis transmise au laboratoire afin de fixer les modèles maxillaire et mandibulaire dans cette nouvelle position de référence, de façon assez similaire à l'utilisation d'un bourrelet d'occlusion (Fig. 2).



Buté anterior de Legall (gauche) et plaque de Kois (droite). Ces 2 dispositifs ont une fonction similaire : déprogrammer la proprioception du patient et l'aider à retrouver une position d'occlusion reproductible

## L'occlusion statique en flux numérique

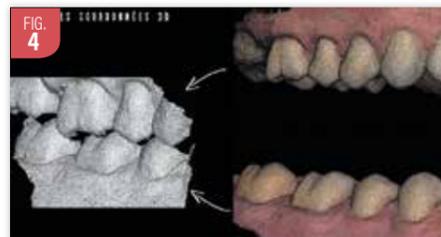
Du fait de l'importance de cette occlusion statique de référence – qu'elle soit l'OIM ou la relation centrée – pour la suite du plan de traitement, il est primordial de comprendre comment celle-ci est enregistrée et transmise au laboratoire en flux numérique afin d'avoir le même niveau de qualité et de prédictibilité qu'en flux traditionnel.

En flux numérique, la simple transmission des fichiers STL ou PLY issus de l'empreinte optique ne suffira pas pour retrouver un engrènement de référence, du fait de l'aspect « virtuel » des arcades, dont aucune physique à proprement parler n'existe. Si ces modèles numériques sont confrontés, la seule chose possible résultante est l'interpénétration de ces modèles (Fig. 3). C'est pourquoi il sera systématiquement nécessaire pour le praticien de réaliser une capture de l'occlusion statique de référence en enregistrant un « mordu numérique ». Celui-ci est d'ailleurs systématiquement demandé dans les étapes de numérisation des différents logiciels de caméra intra orale optique pour cette raison.



Impossibilité de retrouver l'occlusion statique entre 2 fichiers. STL malgré le nombre de dents et un engrènement physique suffisant : ces fichiers n'ont aucune physique propre

Ce mordu numérique capturé *in vivo*, permettra d'attribuer des coordonnées à chacune des arcades afin que celles-ci soient positionnées l'une par rapport à l'autre dans l'espace. Il est important de comprendre que l'obtention de cette relation intermaxillaire ne prend donc pas en compte un quelconque engrènement des arcades : elle est uniquement le résultat d'un repositionnement des arcades maxillaire et mandibulaire selon un fichier de référence qu'est le mordu numérique (Fig. 4).



Principe de matching du mordu numérique d'occlusion

De cette méthode d'obtention de la relation intermaxillaire résultent deux différences importantes avec la capture d'occlusion statique conventionnelle. La première est qu'il sera possible d'observer des interpénétrations entre les modèles numériques qui sont impossibles à visualiser en flux conventionnel avec l'utilisation de modèles physiques. Ces interpénétrations peuvent s'expliquer par la dépression ligamentaire des dents qui s'opère lors de la prise d'occlusion. Ces interpénétrations devront être évaluées par le praticien qui devra les relier avec la situation clinique de chaque patient afin d'en juger la cohérence. Elles seront par exemple plus importantes en cas de mobilités importantes des dents et quasi inexistantes sur les restaurations implantaires. Similairement au flux conventionnel, le sens clinique du praticien devra donc être mis à contribution avant d'envoyer les informations au prothésiste, sous peine de transmettre des données fausses, et compromettre donc la suite du plan de traitement (Fig. 5).



Résultante du principe de matching pour l'occlusion numérique : des interpénétrations pourront être observées entre les modèles

La deuxième conclusion directe est qu'il est totalement possible d'enregistrer un rapport d'occlusion reproductible mais dont l'anatomie aurait nécessité en flux conventionnel un bourrelet d'occlusion. En effet, le fichier de mordu fournit les informations nécessaires au rapport intermaxillaire et il n'existe pas de gravité en milieu virtuel, ce qui permet d'enregistrer et transmettre cette position de référence au laboratoire en première intention, en maintenant les positions virtuelles des arcades dans l'espace. De plus, cette capture se faisant directement *in vivo*, elle aura en théorie moins de chances d'être altérée et de contenir des erreurs du fait du nombre d'étapes réduites (Fig. 6).



Résultante du principe de matching pour l'occlusion numérique : il est possible de capturer en première intention des rapports intermaxillaires pour lequel il aurait été nécessaire d'utiliser un bourrelet d'occlusion

Pour autant, si les étapes cliniques semblent simplifiées grâce à ce protocole, il existe de nombreuses interrogations côté laboratoire depuis l'avènement du flux numérique : il est en effet plus que fréquent d'obtenir des rapports intermaxillaires non fiables, le plus généralement

consistant d'interpénétrations importantes. Ce constat reflète à la fois un manque de fiabilité quant à la technique d'obtention de l'occlusion statique numérique, mais aussi un manque voire une absence de contrôle du praticien en clinique (Fig. 7). Ces altérations imposent aux prothésistes de demander au praticien une nouvelle prise de rapport intermaxillaire – amenant à un rendez-vous supplémentaire – ou bien d'essayer de la retrouver manuellement. Le plus souvent, l'impression de modèles 3D permettra par confrontation de retrouver un engrènement si les conditions requises sont présentes (nombre de dents suffisantes, occlusion objectivable facilement), permettant ainsi de réaliser la prothèse demandée dans des conditions similaires au flux conventionnel (Fig. 8).

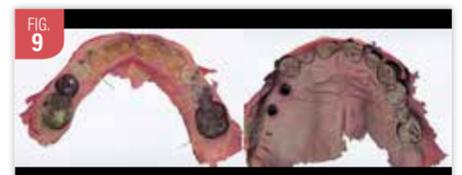


Erreurs fréquemment observées en occlusion numérique : interpénétration trop ou pas assez importante ne reflétant pas la réalité



Modèles 3D imprimés dont l'occlusion statique numérique enregistrée est conservée à l'aide d'un occluseur adapté

Afin de pallier cette problématique, une alternative de vérification existe permettant de s'assurer d'une prise d'occlusion numérique fiable à la fois pour le praticien et le laboratoire : **l'utilisation du papier à articuler** au préalable de l'empreinte optique. Les récentes innovations en matière de caméra intra orale font qu'aujourd'hui la plupart d'entre elles ont la capacité de capturer la couleur (le format de fichier sur alors du PLY et non du STL), ce qui permet d'afficher les points d'occlusion si ceux-ci ont été marqués au préalable. À la fin du protocole d'empreinte, ces points pourront être observés et devront coïncider avec les interpénétrations entre les fichiers. Cette vérification est rassurante, si ce n'est essentiel, pour le praticien qui pourra l'intégrer facilement dans son protocole de prise d'empreinte numérique mais également pour le prothésiste, qui y trouvera un moyen de vérification simple en cas de doute sur l'occlusion numérique transmise (Fig. 9).



Observation des points d'occlusion marqués au papier à articuler par transparence entre les modèles numériques

## L'occlusion cinématique en flux analogique

La deuxième composante de l'occlusion, dont la résultante dépendra de la collaboration praticien-prothésiste, est la cinématique mandibulaire. Traditionnellement, celle-ci est simulée dans un articulateur au laboratoire et l'équilibre de la prothèse finale est ajusté à l'aide de papier articulé. Le prothésiste est donc au premier plan de cette équilibration ; il sera nécessaire que le duo praticien-prothésiste soit en accord sur le schéma occlusal choisi et sur les règles générales d'équilibre occlusale (cuspidé primaire et secondaire, guidage canin, de groupe, etc.), afin d'éviter tout désaccord ou pseudo-échec thérapeutique lié à une mauvaise communication (6) (Fig. 10).



Montage sur articulateur conventionnel permettant une première équilibration occlusale au laboratoire

Bien que le travail d'équilibration soit fait au laboratoire, le résultat obtenu dépend bien du travail d'équipe entre praticien et prothésiste. En effet, ce travail est certes réalisé dans un articulateur qui fait office d'un simulateur de la cinématique mandibulaire, mais la qualité de cette simulation dépendra de plusieurs paramètres, parmi lesquels le plus important sera l'orientation du modèle maxillaire dans l'espace, en rapport avec la position – supposée – des condyles (7). La transmission de ce paramètre primordial, ainsi que les autres – lorsqu'ils sont indiqués – (pente condylienne, angle de Bennet, etc.), sont de la responsabilité du praticien et pourront être enregistrés à l'aide d'un arc facial (Fig. 11). C'est également le praticien qui effectuera les réglages fins en bouche remédiant aux imperfections de ce simulateur qui ne peut que s'approcher de la réalité.



Utilisation de l'arc facial pour garantir une simulation dans l'articulateur de qualité

### L'occlusion cinématique en flux numérique

Les logiciels utilisés en CAO dans le cadre du flux numérique proposent une gestion similaire de cette cinématique mandibulaire : en effet, il est possible lors de la conception de faire appel à un articulateur dit virtuel, dans lesquels les modèles pourront être « montés » et qui offrira des simulations basées sur le fonctionnement de nos articulateurs physiques (Fig. 12). C'est souvent l'outil de choix qui sera utilisé par les laboratoires afin de permettre – *a minima* – une première équilibration de la cinématique mandibulaire. Pourtant bien que l'outil soit similaire, si ce n'est plus complet (plusieurs marques et types d'articulateurs sont disponibles par défaut, il est possible de paramétrer les PC et Bennet, etc.), il reste un simulateur peu fiable si le positionnement



Montage sur articulateur virtuel : absence d'arc facial, utilisation d'un plan arbitraire pour monter les modèles numériques



Protrusion enregistrée sur Modjaw : il est possible d'observer les points de contact, trajet de la mandibule, pente condylienne en simultanée et en temps réel

du modèle maxillaire est fait de façon arbitraire. Mais en l'absence d'arcs faciaux numériques, le duo praticien prothésiste se voit contraint de se contenter de cette simulation encore plus imparfaite. C'est donc un retour en arrière par rapport aux avancées faites en flux conventionnel, et la gestion de cette cinématique mandibulaire a longtemps été le point négatif dans l'application du flux numérique.

De nouveaux outils ont cependant fait leur apparition permettant de pallier ce chaînon manquant. L'un de ces outils est le Modjaw : il propose une nouvelle méthode de gestion de cette cinématique mandibulaire via l'outil numérique. Le principe est de s'affranchir de la notion de simulateur, et de capturer directement la réalité à l'aide de capteurs placés sur le patient (Fig. 13). Cette capture pourra ensuite être transmise au prothésiste, et intégrée dans les logiciels de CAO. Cette nouvelle façon d'aborder le défi de la cinématique mandibulaire impose à nouveau une collaboration étroite dans le duo praticien prothésiste. Le praticien devra apprendre à manipuler ce nouvel outil, à comprendre entre autres quelles cinématiques sont importantes à enregistrer pour la réalisation prothétique ; tandis que le prothésiste devra apprendre à exploiter ces informations, certes riches en contenu, mais totalement nouvelles par rapport au montage sur articulateur classique.

Mais une fois ces défis surmontés, en se servant des principes fondamentaux régissant le domaine de l'occlusion, il est possible de gérer cette cinématique mandibulaire de façon bien plus précise, plus rapidement, et de façon plus reproductible. Ces avantages sont le fruit de la puissance des outils numériques, et



Intégration de la cinématique mandibulaire dans la conception et l'équilibration occlusale : il est possible en flux numérique d'effectuer un arrêt sur image à chaque instant du mouvement (haut) alors que le marquage conventionnel au papier à articuler donne la résultante du mouvement complet, sans distinction (bas)

en particulier des logiciels de CAO. Il est par exemple possible d'analyser bien plus finement la temporalité des points de contacts en décomposant chaque étape du mouvement, dixième de seconde par dixième de seconde ; là où l'utilisation du papier articulé donne uniquement la résultante du mouvement complet, sans savoir si un point de contact intervient avant ou après l'autre (Fig. 14). Une fois cette analyse faite, les outils numériques et la puissance de calcul des ordinateurs permettent d'équilibrer en quelques clics un montage complet, pour peu que la méthodologie soit précise. Toutes ces avancées sont encore plus avantageuses par rapport au résultat final puisqu'elles sont basées sur la cinématique réelle du patient, et non pas issues d'une cinématique résultant d'un simulateur.

Bien que le portrait dressé soit séduisant, il est cependant important pour le duo praticien-prothésiste de savoir quand et comment ces outils de capture sont indiqués : cette nouvelle gestion de la cinématique mandibulaire se fait dans la réalité du patient et celle-ci n'est pas toujours celle dans laquelle on souhaite s'intégrer, en particulier dans les réhabilitations globales et/ou complexes où l'occlusion du patient est altérée, voire pathologique. Dans ces cas-là, faute de mieux, il sera nécessaire de réaliser une simulation de la future occlusion du patient dans l'articulateur virtuel. Mais la capture effectuée n'est pas pour autant vaine : de la même façon qu'un arc facial, elle fournira la position supposée des condyles en rapport avec le modèle maxillaire, permettant un montage en articulateur virtuel plus cohérent, et individualisé au patient (8) (Fig. 15).



Montage raisonné sur articulateur virtuel : utilisation de la position des condyles pour positionner les modèles numériques dans l'espace

### Conclusion

Dans cette nouvelle « ère numérique », il est important de garder en vue l'objectif final de tous ces outils : améliorer la prise en charge des patients. Cette amélioration peut être dans la simple ergonomie ou dans la qualité finale du plan de traitement, mais elle se doit d'exister, sans quoi l'adoption de ce nouveau flux présentera un intérêt nul. Ne pas céder aux sirènes d'une pseudo-révolution est essentiel, tout comme l'accepter l'est, ou, le sera.

En occlusion, ces changements sont d'autant plus importants qu'ils touchent absolument tous les domaines de la dentisterie, l'occlusion étant omniprésente quel que soit le traitement, mais également le sacro-saint duo praticien-prothésiste. Bien que cette relation soit précieuse, elle nécessite d'être entretenue et une communication sans faille sur tous ses aspects. L'occlusion est au cœur de celle-ci et engendre des frustrations des deux côtés si elle n'est pas gérée conjointement. Les premiers contacts avec l'occlusion numérique peuvent parfois s'avérer frustrants tant elle diffère dans sa gestion avec le flux conventionnel : des incompréhensions peuvent en découler et provoquer un rejet de cette évolution pourtant si bénéfique.

Mais si le duo praticien-prothésiste arrive à surmonter ces incompréhensions et mettre en place de nouveaux protocoles plus en phase avec ces évolutions, alors la résultante finale – et donc la prise en charge des patients – ne peut qu'être meilleure par les possibilités amenées par ces nouveaux outils. **Il s'agira de fournir l'effort initial nécessaire à l'assimilation de ces protocoles émergents, se les approprier et les individualiser à sa pratique, de la même façon qu'ont été établis les protocoles conventionnels actuellement en places dans nos cabinets et laboratoire.**

### Bibliographie

1. Friel S. *The Relation of Function to the Size and Form of the Jaws.* Proc R Soc Med. 1929 Jun ; 22 (8) : 1093-108. PMID : 19987047 ; PMCID : PMC2102759.
2. Katona TR, Eckert GJ. *The mechanics of dental occlusion and disclusion.* Clin Biomech (Bristol, Avon). 2017 Dec ; 50 : 84-91. doi : 10.1016/j.clinbiomech.2017.10.009. Epub 2017 Oct 10. PMID : 29049951.

Toute la bibliographie est à retrouver sur [www.aonews-lemag.fr](http://www.aonews-lemag.fr)



### Soirée de rentrée Jeudi 19 janvier

avec Anthony Atlan  
et Maxime Drossart

Utilisation du digital pour les praticiens

**PARIS**  
Save the date

Où ? Intercontinental Marceau, 64 avenue Marceau, 75008 Paris  
Combien ? Inclus dans la cotisation 2023, sinon 160 €  
Comment ? Inscription sur [aonews-lemag.fr](http://aonews-lemag.fr)



### Dîner Jeudi 16 février

avec 8 conférenciers

qui partageront leurs compétences et expériences quotidiennes au cours d'un dîner convivial. Après un court topo de 6 mn, ils changeront de table à chaque plat afin de partager leurs tips avec l'ensemble des participants.

Où ? Restaurant Chez Vatel, 122 rue Nollet, 75017 Paris (dîner poisson)  
Combien ? Membre à jour : 60 €, Non adhérent : 80 €, Étudiant : 30 €  
Attention, nombre de places limitées  
Comment ? Inscription sur [aonews-lemag.fr](http://aonews-lemag.fr)

