

Imprimé par BU AIXII le vendredi 9 décembre 2005

Cinématique mandibulaire

Jean-Daniel Orthlieb : Docteur en chirurgie dentaire, docteur en sciences odontologiques, docteur d'université, maître de conférences des Universités, praticien hospitalier

Bernard Mantout : Docteur en chirurgie dentaire, attaché hospitalier
Unité d'occlusodontologie, faculté d'odontologie, Université de la Méditerranée, 13000 Marseille France

Traité de Stomatologie : 22-009-A-08 (1997)

► Résumé

La cinématique étudie les mouvements indépendamment des forces qui les produisent. Décrit très correctement, dès 1744, par l'anatomiste français A Ferrein, les mouvements mandibulaires constituent le sujet d'innombrables travaux ; ceux de Lundeen et Gibbs, ayant le « Replicator » pour support, sont les plus probants. Les articulations temporomandibulaires (ATM) possèdent la spécificité de pouvoir exécuter deux types de mouvements élémentaires (rotation et translation), réalisés simultanément ou non, et associés en mouvements composés, pour réaliser les mouvements fondamentaux (ouverture-fermeture, propulsion-rétropulsion et diduction) et fonctionnels (mastication, phonation, déglutition, respiration, bâillement). Le mouvement allant de l'occlusion d'intercuspidie maximale (OIM) à l'occlusion en relation centrée (ORC) est nommé mouvement de Ferrein. En diduction, les trajectoires du corps mandibulaires, lors de la phase de médialisation et celle de latéralisation, sont différentes. Les mouvements fondamentaux représentent les fonctions potentielles de l'appareil manducateur, quand les mouvements fonctionnels en sont le mode réel de fonctionnement. L'axiographie est un moyen d'enregistrement performant de la cinématique condylienne, permettant une évaluation des dyskinésies mandibulaires, et la programmation des simulateurs de mouvement, moyens thérapeutiques indispensables, bien qu'imparfaits.

© 1997 Éditions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS - Tous droits réservés.
EMC est une marque de Elsevier SAS.

[Haut de page](#)

► Introduction

La science ayant pour objet l'étude théorique des forces et de leurs actions est dénommée mécanique rationnelle.

La mécanique rationnelle, qui considère l'étude des forces et de leurs actions sous son aspect théorique, comprend trois grandes sections :

- la statique, qui étudie l'équilibre et l'action des forces sur les corps, en l'absence de tout mouvement ;
- la dynamique, qui étudie les mouvements sous l'action des forces ;
- la cinématique (du grec *kinéma*, -atos, mouvement), qui s'occupe des mouvements indépendamment des forces qui les produisent. Le père de la cinématique est le physicien et mathématicien français André Marie Ampère (1775-1836).

Trois éléments doivent être pris en considération : le mouvement, le temps et le système de référence.

Le mouvement, ou changement de position d'un corps dans l'espace, se manifeste pour ce corps, par sa rotation, sa translation, ou une combinaison plus ou moins complexe de ces deux mouvements élémentaires. Le temps induit la notion de vitesse, primordiale dans les analyses cinématiques. Le système de référence habituellement utilisé est celui de coordonnées spatiales à trois dimensions, dont l'origine correspond à la position de référence.

La cinématique mandibulaire possède des caractères spécifiques :

- elle est régie par une « triple articulation » constituée par l'articulation temporomandibulaire (ATM) droite, l'ATM gauche et l'occlusion dentaire ;
- elle mobilise les ATM de manière constante ; ce sont les articulations les plus sollicitées avec environ 10 000 mouvements/24 heures [23]. Par ailleurs, les ATM présentent la particularité de permettre les deux mouvements élémentaires (rotation et translation) ;
- elle combine les mouvements élémentaires en des mouvements composés pour permettre les mouvements fondamentaux (ouverture-fermeture, propulsion-rétropulsion, diduction), et associe ces mouvements fondamentaux lors des mouvements fonctionnels.

L'évolution des connaissances a été liée à la nécessité, dans un but le plus souvent thérapeutique, d'enregistrer et de simuler ces mouvements. L'historique est révélateur de cette évolution.

[Haut de page](#)

► Historique

Jacques-Bénigne Winslow (1669- 1760), professeur d'anatomie au Jardin Royal s'intéresse en particulier à la mécanique des mouvements, et le premier, démontre que les mouvements les plus simples en apparence, mettent en jeu un grand nombre de muscles [12].

Cependant, c'est à Antoine Ferrein (1693-1769), que l'on doit les travaux les plus remarquables. Son mémoire *Sur les mouvements de la mâchoire inférieure* (1744) décrit correctement tous les points importants de la physiologie de l'ATM :

- le principe de rotation et de translation du condyle lors de l'abaissement mandibulaire ;
- le mouvement de rétropulsion (dit mouvement de Ferrein pour Saizar [55]) ;
- le mouvement latéral (dit, plus tard, mouvement de Bennett [6], ou mouvement diagonotransversal d'Ackermann [1]) ;
- l'existence d'un axe d'abaissement mandibulaire à proximité de l'orifice d'entrée du canal dentaire inférieur.

Au cours du siècle suivant, les auteurs s'intéressent à la simulation des mouvements mandibulaires pour des raisons essentiellement thérapeutiques.

Langer [24] met en évidence, sur le cadavre, un axe de rotation passant par les têtes condyliennes. Balkwill [3] étudie scientifiquement le mouvement d'abaissement mandibulaire. Luce [30] le premier, décrit la trajectoire de translation condylienne selon une courbe à concavité supérieure dirigée vers l'avant. Ulrich [64], puis Walker [66] enregistrent le mouvement condylien au moyen de stylets scripteurs, Ulrich [64] décrit alors un déplacement médial du condyle orbitant.

Au début de notre siècle, Bennett [6] redéfinit le déplacement transversal qui porte son nom et affine le concept d'axe bicondylien. Gysi [21] décrit le compartiment inférieur de l'articulation comme siège de la rotation, et le compartiment supérieur comme celui de la translation ; on lui doit, de surcroît, la définition de l'arc gothique. Sicher (1928) démontre la possibilité du mouvement de rotation « pure » chez le vivant. McCollum [38] redécouvre l'existence d'un axe charnière intracondylien. Ses études aboutiront au « gnathographe » (1939), précurseur de toute une lignée de pantographes, des classiques Stuart ou Denar, au pantographe électronique, en passant par le pantographe à turbines de Lee . Ce dernier instrument permettra des études statistiques sur les pentes condyliennes, l'angle et le mouvement de Bennett .

Lundeen [34], s'affranchit du point d'appui central et de l'attelle de fixation maxillaire avec son Panadent Quick Analyser, préfigurant ainsi l'axiographe de Slavicek (1981) [61], dont le comparateur, associé aux tables de calcul, permet une analyse précise du déplacement transversal. L'axiographie électronique représente aujourd'hui le moyen le plus performant d'enregistrement tridimensionnel des déplacements de l'axe bicondylien.

Parallèlement à ces investigations sur les mouvements condyliens, limites, d'autres études s'engagent dans une voie plus fonctionnelle aboutissant au « Replicator ». Ce dispositif, mis au point par Cannon, Reswick et Messerman [7], Gibbs, Messerman et Reswick [16], a été exploité par Lundeen et Gibbs [32]. Son apport dans la compréhension de la cinématique mandibulaire peut être considéré comme historique.

D'autres méthodes, plus ou moins anecdotiques ou éphémères, ont été expérimentées, de la

stéréophotographie aux traceurs radioactifs, en passant par les dispositifs optoélectroniques. L'électrognathographie (Mandibular kinesiograph[®], Sirognathograph[®], Biopack[®]), méthode d'enregistrement électromagnétique est considérée comme trop influençable par l'environnement ferromagnétique [42]. Ces procédés cherchent à objectiver les mouvements fonctionnels en fonction du temps, à l'intérieur de l'enveloppe limite de mouvements décrite par Posselt (1952) [50].

Les travaux actuels sont tournés, en toute logique, vers le couplage informatique des données fonctionnelles acquises par des mandibulographes électroniques [42] et les données structurelles acquises par tomодensitométrie (TDM) ou imagerie en résonance magnétique (IRM) .

[Haut de page](#)

► Mouvements élémentaires

Le changement de position d'un corps dans l'espace, se manifeste par des mouvements de rotation et/ ou de translation. De la spécificité anatomique de l'ATM découle la possibilité d'exécuter les deux types de mouvements élémentaires. Ces deux mouvements peuvent se réaliser dans les deux cavités articulaires, droite et gauche, de façon synchrone ou asynchrone.

► Rotation

Lors d'une rotation, l'objet se déplace autour d'un point ou d'un axe fixe, chaque point de cet objet étant animé d'une même vitesse angulaire. Par définition, une rotation est toujours « pure ». Mouvement élémentaire par excellence, la rotation est la raison d'être de la grande majorité des articulations, articulation charnière ou ginglymoïde.

Au niveau de l'ATM, on reconnaît classiquement trois axes de rotation (fig 1) :

- un axe horizontal dit « bicondylien » passant, selon Dawson [11], par les pôles médiaux des condyles, le compartiment inférieur (condylodiscal) est le siège de cette rotation ;
- un axe vertical dont la localisation est, depuis les travaux de Gysi sur les centres instantanés de rotation, soumis à bien des controverses ;
- un axe sagittal est décrit par certains auteurs , lors de l'abaissement d'un des deux condyles pendant un déplacement mandibulaire en diduction.

► Translation

En translation, tous les points de l'objet se déplacent parallèlement à eux-mêmes, de manière homothétique. Cette translation s'effectue essentiellement dans le compartiment supérieur (discotemporal) de type arthroïdal.

Le mouvement de translation, à direction parasagittale, est la caractéristique majeure de cette articulation impliquant des structures ligamentaires non restreignantes [5] qui permettent, en quelque sorte, une luxation articulaire physiologique (déshabitation de la glène). Il peut exister une possibilité de faible translation à direction transversale.

► Mouvements composés

La très grande majorité des mouvements fonctionnels se caractérise par une combinaison des deux mouvements élémentaires (rotation et translation) réalisant un mouvement de rototranslation dit mouvement « composé ».

Cette combinaison implique un déplacement dans le temps et dans l'espace de l'axe de rotation menant à la notion d'axe ou de centre instantané de rotation.

[Haut de page](#)

► Mouvements fondamentaux

Les deux mouvements élémentaires se réalisent simultanément ou non. Ils s'associent le plus souvent en mouvements composés pour permettre les mouvements mandibulaires fondamentaux :

- ouverture-fermeture ;
- propulsion-rétropulsion ;
- diduction.

On retrouve ces mouvements mandibulaires fondamentaux dans le monde animal, où ils trouvent des expressions typiques caractérisant certaines espèces : l'ouverture-fermeture chez les carnivores, la propulsion-rétropulsion chez les rongeurs, la diduction chez les ruminants. Les mouvements fondamentaux extrêmes définissent l'enveloppe limite de mouvement.

► Position de référence

Le système de référence, habituellement utilisé, est celui de coordonnées spatiales à trois dimensions dont l'origine correspond à la position de référence.

L'occlusion d'intercuspidie maximale (OIM) représente la position mandibulaire où le rapport d'engrènement dentaire se caractérise par le maximum de contacts interarcades. Ce rapport intermaxillaire, imposant la position condylienne, constitue le point de départ et d'arrivée de la majorité des mouvements mandibulaires. L'OIM constitue la position de référence préférentielle.

► Enveloppe limite de mouvement

Son intérêt primordial, outre celui de dessiner le cadre général des mouvements mandibulaires, est de définir certaines positions reproductibles nécessitant un guidage manuel du praticien. Si les limites supérieures sont généralement dentaires, les autres positions extrêmes sont à limites ligamentaires.

Pour tracer cette enveloppe limite, Posselt ^[50](fig 2) a utilisé une méthode graphique d'enregistrement du déplacement du point interincisif mandibulaire, obtenant ainsi des schémas caractéristiques dans les trois plans de l'espace :

- dans le plan sagittal (fig 3) ;
- dans le plan frontal (fig 4). Le diagramme est limité en haut par la position d'intercuspidie maximale, en bas par la position d'ouverture maximale, et à droite comme à gauche par les positions de diduction maximale (PDM droite et gauche) ;
- dans le plan horizontal (fig 4).

L'enregistrement dessine une figure en losange, dont les extrémités sont constituées respectivement par :

- en arrière, la position de relation centrée ;
- en avant, la position de propulsion maximale ;
- latéralement, par les positions de diduction maximale droite et gauche.

La combinaison tridimensionnelle donne un volume complexe : le rhomboïde de Posselt ^[50](fig 5).

► Ouverture-fermeture

Les mouvements d'abaissement (ouverture) et d'élévation (fermeture) de la mandibule sont des mouvements symétriques, situés entre deux positions limites : l'OIM et la position d'ouverture maximale (POM).

Résultant de l'action synergique des muscles abaisseurs et propulseurs, le mouvement d'ouverture a une

amplitude moyenne de 50,2 mm ([tableau I](#)). Magnuson et al [\[36\]](#) font état d'ouverture moyenne à 56 mm (entre 43 et 76 mm), 58,2 mm pour les hommes et 54,4 mm pour les femmes. Le retour mandibulaire (fermeture) vers la position d'OIM est, dans des conditions physiologiques, symétrique et inverse à l'ouverture. Il est induit par la contraction des muscles élévateurs associés aux muscles rétropulseurs.

L'ouverture est un mouvement composé de rototranslation. Lorsqu'elle est guidée et effectuée à partir de la position d'occlusion en relation centrée (ORC), il est possible de dissocier deux phases au niveau de cette limite postérieure de l'enveloppe des mouvements.

Phase initiale de rotation

L'axe bicondylien est une droite virtuelle transversale passant par les deux condyles mandibulaires, autour de laquelle la mandibule peut effectuer un mouvement d'ouverture-fermeture en rotation. Lorsque les condyles sont en relation centrée, cet axe est appelé axe charnière et le mouvement, mouvement axial terminal. Il est subordonné à l'absence de recrutement du chef inférieur des muscles ptérygoïdiens latéraux qui induiraient une translation. Son amplitude est de l'ordre de 20 mm interincisif en l'absence de dysfonctionnement musculaire.

Phase secondaire de rototranslation

Le déclenchement de la translation condylienne serait sous l'influence de la contraction du faisceau inférieur du muscle ptérygoïdien latéral et la mise en tension d'amarres ligamentaires comme le ligament latéral externe [\[11\]](#), ou surtout le ligament sphénomandibulaire (insertion basse à l'épine de Spix) [\[18\]](#). Cette rototranslation assure une ouverture de forte amplitude, évitant à la fois la compression des tissus laryngés, et la distension du pédicule vasculonerveux. Ce point stable mandibulaire est appelé midramus ([fig 6](#)) ; il correspond globalement au centre géométrique de la branche montante de la mandibule décrit par Ricketts [\[53\]](#) sous le nom de point « Xi ». Ce phénomène de rototranslation à l'ouverture matérialise sans doute une adaptation fonctionnelle, conséquence de la station verticale bipède [\[60\]](#).

Cette séparation en deux phases distinctes est artificielle. ; la rotation maximale ne peut s'obtenir que par guidage manuel. Les enregistrements de la cinématique condylienne non guidée, en axiographie électronique (où rotation et translation sont quantifiées) montrent, le plus souvent, une translation condylienne dès le début du mouvement d'ouverture. Mongini-Schmid [\[43\]](#), se basant sur l'étude en arthrothomographies de Wilkes [\[67\]](#), remarquent qu'en ouverture, le condyle vient naturellement beaucoup plus en avant que le disque, ce qui sous-entend, pour cet auteur, qu'il existe physiologiquement une translation dans le compartiment inférieur. À la fin du mouvement d'ouverture maximale, la tête du condyle est en relation avec la partie la plus antérieure du disque. Cette légère translation condylo-discal dans le compartiment inférieur de l'articulation, confirmée en imagerie par résonance magnétique (IRM), est le reflet d'un jeu excessif dans le complexe condylo-discal, pouvant favoriser l'apparition d'une désunion condylo-discal.

► Propulsion-rétropulsion

Le mouvement de propulsion est un mouvement postéroantérieur qui, par contractions symétriques des faisceaux inférieurs des muscles ptérygoïdiens latéraux et des faisceaux superficiels des muscles masséters, amène la mandibule de l'OIM à la position de propulsion maximale (PPM). Cette course sagittale est classiquement évaluée en moyenne entre 7,3 mm [\[54\]](#)([tableau I](#)) et 9,1 mm [\[36\]](#). La translation condylienne, le long de la face articulaire de l'éminence temporale, est pratiquement pure. L'angle formé par la projection du trajet condylien sur un plan sagittal avec un plan horizontal de référence est dénommé pente condylienne.

On observe physiologiquement une rotation de quelques degrés, compensant le différentiel entre pente condylienne et pente incisive.

Cette faculté de compensation conduit certains auteurs [\[11\]](#) à affirmer que pente condylienne et pente incisive sont deux déterminants indépendants. La recherche d'une corrélation directe entre pente condylienne et pente incisive (incisive centrale), ne met en évidence, en effet, qu'un lien très faible [\[48\]](#).

Mais des éléments d'observations cliniques et des études de groupes témoins ont montré qu'il existe, en fait, une corrélation statistiquement significative, entre pentes condyliennes et inclinaison des pentes antérieures (incisives et canines) . Ces différents paramètres doivent être mesurés par rapport au plan d'occlusion définissant ainsi les notions de pente condylienne relative et de pente antérieure relative . Cette adéquation entre les déterminants antérieurs et postérieurs optimise le travail musculaire recrutant principalement le chef inférieur du muscle ptérygoïdien latéral pour propulser la mandibule. Si le guide antérieur est faible, le degré de rotation reste sensiblement le même, avec le risque d'augmenter les interférences au niveau molaire. Si le guide antérieur est abrupt, on rapproche les surfaces dentaires antagonistes. Il y a diminution de l'espace de translation condylienne possible et nécessité d'un mouvement d'ouverture important pour éviter le contact antérieur. La rotation condylienne doit être immédiate, et met en jeu les muscles abaisseurs. L'activité neuromusculaire est alors plus complexe, l'espace de déplacement de la mandibule est restreint, l'efficacité masticatoire est conservée, au prix d'une augmentation des déplacements transversaux . Il se crée un « jeu » intra-articulaire, aux dépens des structures postérieures, restituant une enveloppe de mouvements nécessaires à la fonction.

Le mouvement inverse de celui précédemment décrit est appelé rétropulsion. Elle provoque un recul de la mandibule jusqu'à l'OIM par une contraction combinée et simultanée des fibres horizontales postérieures du muscle temporal, et du ventre postérieur du digastrique.

► Mouvement de Ferrein

En partant de l'OIM, un mouvement de recul est le plus souvent possible, son amplitude est très limitée (0,3 mm) [68]. Ce mouvement entre l'OIM et l'ORC est parfois appelé mouvement de rétraction. Saizar [55], le nomme « mouvement de Ferrein », se référant à cet auteur qui, dès 1744, sut le décrire parfaitement, précisant : « la mâchoire inférieure partant de la situation naturelle a un mouvement d'avant en arrière... mais il faut avouer que ce mouvement est peu considérable et ne va guère au-delà d'une demi-ligne ; c'est que la construction de l'articulation ne le permet pas, et, quand elle le permettrait, les cordes ligamenteuses s'y opposent » (une demi-ligne correspond à 1 mm environ). À l'inverse, on appellera « protraction mandibulaire », un mouvement postéroantérieur depuis une position reculée (ORC) jusqu'à l'OIM [4]. Le mouvement de Ferrein s'accompagne d'un mouvement d'abaissement (et donc de rotation condylienne), par glissement sur les prématurités occlusales. Ces surfaces de guidage, antirétropulsives, sont idéalement symétriques, et situées entre premières prémolaires mandibulaires et versant mésial des cuspides palatines des premières prémolaires maxillaires. Au niveau de la première prémolaire maxillaire, la cuspide palatine est naturellement déjetée mésialement .

► Diduction

Il règne, au niveau de ce type de mouvement, une grande confusion qui n'est pas seulement terminologique. Une orientation nouvelle de la terminologie est souhaitable, pour en prendre en compte tous les paramètres. Dans la nouvelle terminologie anatomique internationale, les adjectifs latéral et médial sont toujours rapportés au plan sagittal médian. Latéralisation signifie « .qui s'éloigne du plan sagittal médian. », médialisation « .qui se rapproche du plan sagittal médian ». Le terme « mouvement de latéralité » classiquement utilisé, ne rend pas compte des déplacements médiaux (du côté non travaillant, à l'aller par exemple), ni des phases centrifuges (aller) et centripètes (retour) du mouvement.

Souvent, le terme de diduction décrit des mouvements de « latéralité » droite et gauche successifs ; nous l'utiliserons pour caractériser latéralisation (aller) et médialisation (retour) successives.

Le mouvement de diduction est donc un mouvement mandibulaire, asymétrique, excentré, à composante horizontale, qui comprend une phase centrifuge et une phase centripète où se succèdent mouvement de latéralisation et mouvement de médialisation de l'ensemble du corps mandibulaire.

Un mouvement de diduction distingue, du côté de la direction du mouvement (droit ou gauche), le côté travaillant où se rapprochent les tables occlusales, et, par opposition, le côté non travaillant où elles se séparent. Du côté travaillant, dans la phase centrifuge (aller), un mouvement de latéralisation amène le point interincisif mandibulaire de l'OIM vers le point de diduction maximale (PDM). Dans le même temps, du côté non travaillant, s'effectue un mouvement de médialisation. En phase centripète (retour), il y a médialisation du côté travaillant et latéralisation du côté non travaillant.

On observe donc, en phase centrifuge, une latéralisation travaillante et une médialisation non travaillante et, en phase centripète, une médialisation travaillante et une latéralisation non travaillante (fig 7).

Côté travaillant

Du côté travaillant, le condyle dit « pivotant » effectue une rotation associée à une faible translation transversale à direction essentiellement latérale (quelques millimètres). La tête condylienne ne peut, de par sa forme allongée, effectuer une rotation sur elle-même à l'intérieur de la fosse glénoïde.

Cette translation a été décrite, par Guichet [20], comme s'inscrivant dans les limites d'un cône d'environ 60°. Dubois et Donnat [13] estiment que l'assertion de Guichet n'est pas vérifiée, bien que les amplitudes moyennes de l'échantillon et de la population estimée soient inscrites dans les limites du cône. Ils constatent que la majorité des mouvements se dirige, en haut, en dehors et en arrière, mais jamais vers l'avant.

Ce déplacement transversal de l'ensemble du corps mandibulaire, vers le côté travaillant, est dit mouvement de Bennett. Du côté travaillant, on distingue une phase centrifuge (aller) de latéralisation et une phase centripète (retour) de médialisation.

Latéralisation travaillante

Ce trajet entre OIM et PDM est évalué entre 9 et 10 mm (tableau I).

Un mouvement de latéralisation répond du côté travaillant à une contraction des fibres postérieures du muscle temporal, du ventre postérieur du muscle digastrique, des fibres profondes du muscle masséter, sous le contrôle du faisceau supérieur du muscle ptérygoïdien latéral [18].

Médialisation travaillante

C'est le mouvement de retour vers l'OIM, avec la participation plus ou moins forte des muscles élévateurs. Si la force élévatrice est importante (mastication d'aliments durs), les trajectoires dentaires ou condyliennes de médialisation sont alors plus crâniennes que les trajectoires de latéralisation (cf infra).

Côté non travaillant

Du côté non travaillant, le condyle dit « orbitant » décrit une trajectoire ample (supérieure à 10 mm) caractérisée par une translation en avant, en bas et en dedans. On définit ainsi l'angle de Bennett, mesuré pendant la diduction, en projection sur un plan horizontal, entre la trajectoire du condyle orbitant et un plan sagittal.

Médialisation non travaillante

La translation s'accompagne d'une légère rotation, compensant le différentiel existant entre pente condylienne et pente canine controlatérale.

Si le mouvement de Bennett correspond à une translation transversale s'exprimant directement du côté travaillant, ce mouvement apparaît souvent au fur et à mesure de la translation du côté non travaillant (mouvement transversal progressif). En revanche, la laxité articulaire acquise sera caractérisée (du côté non travaillant) par un mouvement de Bennett s'individualisant brutalement (mouvement transversal immédiat).

Lee [27], sur 220 cas, a montré que l'angle de Bennett reste globalement constant au environ de 7°, les variations de trajectoires sont essentiellement liées à une quantité de mouvement transversal plus ou moins immédiate.

La formule de Hanau (angle de Bennett = (pente condylienne/8) + 12) apparaît sans fondement.

Un mouvement de médialisation non travaillante répond du côté non travaillant à une contraction du faisceau inférieur du muscle ptérygoïdien latéral (accessoirement, du muscle ptérygoïdien médial et du

muscle masséter superficiel).

Latéralisation non travaillante

Mouvement de retour vers l'OIM avec participation plus ou moins importante des muscles élévateurs, et contrôle du retour dans la cavité glénoïde du complexe condylo-discal par le faisceau supérieur du muscle ptérygoïdien latéral.

Différentiel : latéralisation-médialisation

Lauret et Legall [25] attirent notre attention sur les différences de trajectoires mandibulaires existant entre la phase de médialisation et celle de latéralisation. Ils insistent sur l'élévation mandibulaire induite par l'activation des muscles élévateurs particulièrement puissants. Lee [28] notait déjà, en 1982, ces variations de positions ; il remarquait qu'une fonction canine efficace, mais minimale, ne suffit pas à éviter les interférences non travaillantes du fait :

- de la flexibilité de la mandibule ;
- de la compressibilité articulaire et desmodontale ;
- de la puissance des élévateurs ;
- du point d'appui que peut constituer un aliment dur entraînant une rotation de la mandibule autour de ce pivot ;
- de l'abrasion des dents antérieures ;
- du mouvement transversal immédiat parfois important.

Ainsi, Okesson [44] a montré sur 103 patients que 29 % présentent des interférences du côté non travaillant avec des mouvements non guidés, 87 % avec des mouvements guidés.

Ces remarques incitent le clinicien à prendre en compte ces deux phases de la diduction.

[Haut de page](#)

► Mouvements fonctionnels

Les mouvements fonctionnels représentent les mouvements naturels réalisés durant la phonation, la mastication, le bâillement, la déglutition, et autres mouvements associés [17]. Les enveloppes fonctionnelles s'inscrivent dans l'enveloppe limite des mouvements (fig 8). En ce qui concerne les mouvements mandibulaires, les deux fonctions essentielles, le plus couramment étudiées, sont la phonation et la mastication. La déglutition, la respiration et le bâillement seront volontairement écartés de ce propos. La déglutition des aliments solides est physiologiquement exécutée dans une position statique en coïncidence avec l'OIM [5]. L'analyse des mouvements fonctionnels des différents points mandibulaires a été remarquablement décrite grâce au Replicator [32].

► Replicator

C'est un appareillage d'enregistrement et de reproduction des mouvements mandibulaires. Les mouvements sont enregistrés par six transmetteurs photo-optiques, montés entre des arcs fixés au maxillaire et à la mandibule. Le dispositif de mesure pèse 100 g, auquel il convient d'ajouter le poids et les forces de friction des transmetteurs (60 g). Ce faible poids et la fixation vestibulaire des arcs, perturbe la fonction le moins possible. L'axe charnière est calculé grâce à une méthode tridimensionnelle instantanée, élaborée par Gibbs et al [16]. Les données recueillies sont enregistrées sur bandes magnétiques, et analysées sous forme graphique, au moyen d'un système informatique. Les positions mandibulaires sont calculées et imprimées tous les 1/100^e de seconde.

La reproduction des mouvements mandibulaires est assurée par le « Jaw motion Replicator », instrument qui permet l'animation des moulages du patient grâce à six moteurs pas-à-pas répondant aux informations stockées sur bande magnétique. Une vitesse d'exécution ralentie dix fois, associée à une vision des modèles sous tous les angles, permet une observation précise des contacts occlusaux pendant

la fonction. On estime l'erreur maximale dans la reproduction des mouvements à 0,25 mm dans la zone d'intercuspidation.

Mastication

L'étude de la mastication analyse les caractéristiques des cycles masticatoires aux niveaux condylien, molaire et incisif.

L'étude publiée par Lundeen et Gibbs [32] décrit les caractéristiques essentielles d'un cycle typique de mastication chez l'adulte sain.

Ce cycle commence par l'incision de la nourriture, et son placement dans la région prémolaire-molaire. La mandibule s'abaisse vers l'avant selon une courbe sagittale médiane, puis, dès l'amorce de la fermeture, se déplace latéralement des points 1 à 5 (fig 9 et 10).

En médialisation travaillante des point 5 à 7 (fig 9 et 10), le condyle décrit une trajectoire en haut et en arrière, bien avant un quelconque contact dentaire. Puis, en fin de fermeture, il se déplace en moyenne d'un tiers de millimètre vers l'avant et d'un cinquième de millimètre médialement des points 7 à 1 (fig 9 et 10). Ce mouvement peut, de surcroît, avoir une composante vers le haut ou vers le bas. En fin de fermeture, la première molaire se déplace en haut, en avant, et médialement vers l'OIM des points 7 à 8 (fig 9 et 10).

Le condyle non travaillant effectue, simultanément, un trajet dirigé vers le haut, en arrière et latéralement (latéralisation non travaillante), aboutissant à la position d'OIM des points 5 à 1 (fig 9 et 10) ; la première molaire se déplace latéralement vers le haut sans composante antérieure, des points 7 à 8 (fig 9 et 10).

La mandibule effectue une pause moyenne en OIM de 194 ms (écart-type de 38 ms), avant d'exécuter un second cycle. On constate environ quinze cycles masticatoires entre la préhension des aliments et leur déglutition. La fréquence n'étant pas précisée, on admet, par ailleurs, qu'elle avoisine 1 Hz [50]. L'amplitude verticale entre les arcades est maximale à l'introduction des aliments, pour décroître de façon linéaire au fur et à mesure de la mastication, jusqu'à la déglutition. Lors des premiers cycles, dans un bol alimentaire résistant, l'intercuspidie n'est pas atteinte. Un contact impromptu avec un objet dur provoque un arrêt immédiat du cycle masticatoire, mais sans réflexe protecteur d'ouverture. La trajectoire de fermeture est d'autant plus latérale et postérieure que les aliments sont durs, quant à la trajectoire d'ouverture, elle est habituellement sagittale médiane, excepté pour la gomme à mâcher où elle est d'emblée orientée du côté non travaillant.

Phonation

L'évolution de l'appareil manducateur a contribué, d'un point de vue structurel, à la réalisation de la fonction de phonation. La forme des arcades dentaires est indispensable à l'organisation de cette fonction de communication. Au moment de l'apparition du langage, on constate un développement considérable du cerveau, en particulier de ses structures frontales. Durant la fonction phonatoire, il est possible d'étudier trois types de contacts : dent-lèvre, dent-langue, dent-dent [60]. Lundeen et Gibbs remarquent que l'espace utilisé par un sujet, lors de l'élocution vu dans un plan frontal, est bien plus étroit que celui de la mastication. Il n'existe presque pas de déplacement latéral, et un très petit mouvement vertical qui n'atteint jamais l'OIM. Vu dans un plan sagittal l'espace antéropostérieur est notable, même si le mouvement vertical est limité [16] (fig 8).

Enveloppes fonctionnelles

Von Uexkull et Jenken ont insisté sur la différence sémantique entre fonction et fonctionnement. La fonction serait l'ensemble des activités potentielles, coordonnées et physiologiques d'un organe, ou d'un groupe d'organes, concourant à une finalité précise, une sorte d'absolu. Le fonctionnement en serait une expression actuelle, momentanée, affectée de variance. L'organe est alors dans l'état de potentialité par rapport à l'activité qu'il est capable d'exercer, mais n'exerce pas, « empêché » par les conditions de l'organisme ou du milieu. Ainsi, les mouvements fondamentaux représentent les fonctions potentielles de

l'appareil manducateur, alors que les mouvements fonctionnels en sont le mode de fonctionnement réel.

L'affrontement des arcades dentaires, au cours de la mise en fonction de l'appareil manducateur, constituent la fonction occlusale. Elle comprend centrage, calage et guidage. Les fonctions de centrage et de calage déterminent la position de référence, point de départ et de retour des excursions mandibulaires. L'accès à cette position de références est directement influencée par les fonctions de guidage qui imposeraient, par réflexes d'évitement, l'amplitude horizontale des enveloppes fonctionnelles.

Lundeen et Gibbs ont montré que, au cours de la mastication, il ne survenait aucun contact incisif ; il existe de très légers et rares contacts canins. On retiendra que, dans des conditions physiologiques, les dents antérieures sont évitées durant la fonction (fig 8). Cela est extrêmement différent chez les primates. Le guide antérieur est la différence occlusale majeure entre l'homme moderne et les autres espèces [60]. Nous proposons de comparer le contrôle proprioceptif des mouvements mandibulaires, à la manière d'un aveugle pour se déplacer dans une pièce qu'il connaît bien. Des contacts dentodentaires sporadiques, ponctuels, légers procurent par proprioception les informations spatiales (comme la canne blanche de l'aveugle) nécessaires pour assurer une intercuspitation directe répétitive sans frottement. Ces contacts occlusaux furtifs représentent des zones frontières qui délimitent l'enveloppe fonctionnelle [46]. Dans un cadre physiologique, sans interférences postérieures, ces zones frontières sont constituées par l'angle interne des bords libres des incisives et par les pointes canines maxillaires (PLF) (fig 2).

Pendant un cycle masticatoire, le *timing* du mouvement d'excursion est plutôt symétrique entre les condyles travaillant et non travaillant, alors que le mouvement de retour est beaucoup plus asymétrique. le condyle travaillant (en médialisation) se déplace vers l'arrière beaucoup plus vite que le condyle non travaillant (en latéralisation). Cette phase critique du cycle masticatoire se déroule dans une zone que Messerman [40] dénomme « orbite fonctionnelle terminale ».

Les habitudes psychosociocomportementales peuvent imposer des attitudes mandibulaires dépassant l'enveloppe fonctionnelle pour s'inscrire plus avant dans l'enveloppe limite des mouvements.

[Haut de page](#)

► Intérêts de l'étude de la cinématique mandibulaire

La compréhension des déterminants de la cinématique mandibulaire, associée aux informations apportées par l'entretien avec le patient et par l'observation clinique des éventuelles dyskinésies mandibulaires (anomalies de la cinématique), permettent au praticien d'établir un diagnostic le plus souvent valide sur le fonctionnement musculoarticulaire. Ces éléments constituent, non seulement un préalable indispensable à toutes thérapeutiques odontostomatologiques, mais également un examen de routine visant à un dépistage systématique des dyskinésies mandibulaires chez l'enfant et l'adolescent.

► Moyens diagnostiques

Selon la loi de Sicher citée par McNeil [39], dans tous les mouvements d'une articulation, les os qui y participent sont maintenus en contact articulaire étroit par les muscles qui animent cette articulation. Deux observations dérivent de ce principe :

- les formes des trajectoires condyliennes sont le reflet de l'anatomie articulaire ;
- les amplitudes des trajectoires mandibulaires sont fortement influencées par les muscles.

Que ce soit dans le but de corriger les dyskinésies, ou de favoriser l'intégration occlusale des traitements restaurateurs, l'évaluation de la cinématique mandibulaire est indispensable [51]. L'entretien recherchera un historique de claquement articulaire, de traumatisme, de période de blocage. L'observation clinique notera les amplitudes et la symétrie des mouvements fondamentaux. La palpation condylienne appréciera la translation condylienne lors de ces mouvements.

En cas de traitement odontostomatologique important, et d'éventuelles anomalies de la cinématique mandibulaire, un enregistrement graphique ou électronique de ces déplacements est indiqué dans le but de préciser le diagnostic clinique, de quantifier les éventuelles anomalies et d'optimiser les indications de techniques d'imagerie.

Parmi les moyens proposés pour l'enregistrements de la cinématique mandibulaire (mandibulographie), l'axiographie initiée par Lundeen et Wirth [31] et mise au point par Slavicek représente une méthodologie techniquement validée d'enregistrement des déplacements condyliens (fig 11 et 12). L'enregistrement axialisé des déplacements condyliens permet d'éliminer la rotation pour ne conserver que les mouvements de translations. Cet enregistrement permet le choix du boîtier condylien et la programmation de la pente condylienne.

Une expérience réalisée au moyen du Replicator par Lundeen et Gibbs montre, en vidéo, l'enregistrement axiographique au moyen d'un Panadent Quick Analyser. L'observation du déplacement de la boule condylienne dans le boîtier, lors de mouvements de mastication, grâce au Jaw-Motion Replicator montre que, du côté non travaillant, les trajets d'ouverture et de fermeture du condyle orbitant correspondent parfaitement à la courbure du boîtier. Les représentations graphiques de ces trajets condyliens seront appréciées en termes de forme, d'amplitude, de reproductibilité, de superposition des trajectoires aller et retour. La majorité des auteurs s'accordent à ranger les enregistrements pantographiques sur les étagères de l'histoire. Les mandibulographes non axialisés (électrognathographe, Mandibular Kinésiograph®, Visitrainer®) n'ont ni prouvé leur validité ni leur intérêt diagnostique ou thérapeutique [42].

► Simulation

La simulation au laboratoire, de la cinématique mandibulaire, est un impératif pour bon nombre de traitements odontostomatologiques. L'enregistrement de certains paramètres de la cinématique mandibulaire permet de programmer un simulateur dénommé « articulateur ». L'articulateur est dit non adaptable, semi-adaptable (première ou deuxième génération) ou entièrement adaptable suivant ses potentialités de réglage. L'articulateur qui a évolué tout au long de ce siècle n'est toujours qu'un analogue mécanique assez précis pour reproduire les mouvements fondamentaux, mais insuffisant du fait de la rigidité de ses structures pour simuler la fonction. Les principes de la robotique appliqués (Replicator) permettent la reproduction de la totalité des mouvements mandibulaires. À l'heure actuelle, il n'existe pas, malgré le développement considérable de l'informatique, d'équivalents au Replicator. En fait, de nos jours, les articulateurs se sont simplifiés ; leur caractère évolutif permet d'adapter leurs potentialités de simulation aux besoins du thérapeute. On décrit trois niveaux de simulation :

- reproduction du mouvement d'ouverture-fermeture : on distingue l'occluseur de l'articulateur dans lequel l'axe de rotation est analogue des condyles mandibulaires. Cet axe de rotation sera approché par localisation arbitraire ou sera précisément déterminé par localisation cinétique ;
- reproduction du mouvement de propulsion-rétropulsion : réglage de la pente condylienne ;
- reproduction du mouvement de latéralité : réglage de l'angle de Bennett et du mouvement transversal immédiat ou progressif.

Les possibilités de réglage de la pente condylienne et de l'angle de Bennett définissent l'articulateur semi-adaptable de première génération. Dans ce domaine, seuls les enregistrements axiographiques ont démontré leur validité, en particulier par rapport aux enregistrements par cire de propulsion ou de latéralité [19]. L'articulateur sera dit de deuxième génération s'il permet un réglage du mouvement de Bennett (mouvement transversal immédiat ou progressif). Un articulateur sera dit entièrement adaptable si on lui ajoute la possibilité de réglage de la distance intercondylienne, ainsi qu'une plus large liberté de mouvement du condyle pivotant.

Le choix du simulateur est fonction des difficultés prévisibles, en adaptant l'outil, au besoin, en connaissance de cause. Moins le guidage antérieur (déterminant antérieur) sera efficace, plus l'importance de la simulation des mouvements condyliens (déterminant postérieur) devient cruciale en particulier dans les mouvements de diduction. Dapprich [10] a montré que la précision de simulation en propulsion se situait entre 83 et 95 %, quels que soient les articulateurs. En revanche, la précision de simulation du mouvement du condyle orbitant, après 2 mm de déplacement, est de 76 % pour le Stuart® (articulateur entièrement adaptable) et de 11. % pour le SAM® (articulateur semi-adaptable de deuxième génération) et de 0 % pour le Panadent® (articulateur semi-adaptable de première génération). Dapprich propose quatre nouvelles ailettes de Bennett qui donnent à l'articulateur SAM® une précision de reproduction de 87 %.

La simulation correcte impose le respect d'une méthodologie rigoureuse de montage et de paramétrage au niveau de l'articulateur.

Une insuffisance de rigueur a parfois conduit certains auteurs à rejeter l'utilisation des articulateurs, et à exprimer leur méconnaissance dans la formule, malheureusement, trop souvent usitée « le meilleur

articulateur c'est la bouche ».

Un travail de restauration doit être convenablement préparé, sur simulateur, dans les conditions optimales que constitue le laboratoire. Dans le cas contraire, il aboutira à une caricature de l'anatomie occlusale restituant mal les fonctions de centrage, calage, guidage, caractérisant une occlusion physiologique [46].

[Haut de page](#)

► Conclusion

La cinématique mandibulaire permet la réalisation des fonctions manducatrices principales que sont la mastication et la phonation. On distingue des mouvements élémentaires, des mouvements fondamentaux, combinaison de mouvements élémentaires, et des mouvements fonctionnels, combinaison de mouvements fondamentaux. Les mouvements fondamentaux représentent les fonctions potentielles de l'appareil manducateur alors que les mouvements fonctionnels en sont le mode de fonctionnement réel. L'occlusion domine les mouvements mandibulaires en imposant, non seulement le « point de chute », l'occlusion d'intercuspidie maximale, mais également les trajectoires d'accès à cette OIM, en délimitant des zones frontières qui bornent l'enveloppe limite fonctionnelle. Au cours de la croissance de l'individu, les ATM, en particulier par leur éminence temporale, s'adaptent à ces sollicitations. Chez l'adulte, ces structures sont figées, mémoire d'un schéma fonctionnel dans lequel les traitements restaurateurs odontostomatologiques (orthodontie, prothèse, chirurgie orthognathique) devront chercher impérativement à s'inscrire. Cela sous-entend une capacité à observer et mesurer (diagnostic clinique et enregistrements axiographiques), puis à simuler au laboratoire les potentialités de mouvements (articulateur).

Les approches fonctionnelles ont souligné les limites et les imperfections de nos systèmes de simulation des mouvements mandibulaires, mais aussi le caractère stéréotypé de nos concepts occlusodontiques.

Les constants progrès de l'informatique et de la robotique laissent espérer, pour un avenir proche, des systèmes à la fois simples et performants d'analyse et de reproduction de la cinématique mandibulaire. Souhaitons, avec Slavicek (comme il l'avait exprimé aux journées du Collège national d'occlusodontologie de Nancy, en 1985) [59], qu'un de nos compatriotes ferme la boucle initiée, il y a plus de deux siècles, par Ferrein.

► Références

- [1] Ackermann F. Le mécanisme des mâchoires (naturelles et artificielles). Paris : Masson, 1953
- [2] Airoidi RL, Gallo LM, Palla S Precision of the jaw tracking system JAWS-3D. *J Orofacial Pain* 1994 ; 8 : 155-164
- [3] Balkwill FH The best form and arrangement of artificial teth for mastication. *Trans Odont Soc Gr Brit* 1865 ; 5 : 133-158
- [4] Batarec E. Lexique des termes de prothèse dentaire. Paris : Cdp, 1986
- [5] Bell WE. Temporomandibular disorders : classification, diagnosis, management. Chicago : Year Book medical, 1986
- [6] Bennett NG A contribution to the study of the movement of the mandible. *Proc R Soc Med* 1907 ; 1 : 79-89
- [7] Cannon DC, Reswick JB, Messerman T. Instrumentation for the investigation of mandibular movements. Cleveland : Engineering design center report EDC-4-64-8 Case Western Reserve University, 1964
- [8] Cornu F, Dechoux C. Étude comparative des possibilités de mobilisation de la mandibule dans les trois plans de l'espace, effectuée à partir d'une population examinée au centre de médecine préventive de Vandoeuvre. [thèse]. Nancy, 1982
- [9] Cretot M. L'arcade dentaire humaine. Paris : Cdp, 1983
- [10] Dapprich J Protrusion und mediotrusion von 100 patienten im vergleich zu Stuart-, Sam- und Panadent-Einsätzen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1992 ; 47 : 677-678
- [11] Dawson PE. Evaluation, diagnosis and treatment of occlusal problems. St Louis : CV Mosby, 1989
- [12] Didier G À propos de Ferrein. *Actual Odontostomatol* 1963 ; 64 : 469-480
- [13] Dubois JM, Donat J. Mouvement de Bennett et cône de Guichet. [thèse], Paris V, 1979
- [14] Gaspar SM. Troubles de l'occlusion dentaire et SADAM. Collection du chirurgien-dentiste.

Sèvres : Procodif Editeur, 1985

- [15] Gaspar SM Exploration structurale du complexe temporo-massétéрин par la tomoéchographie. *Cah Prothèse* 1994 ; 81 : 36-73
- [16] Gibbs, Messerman, Reswick JB. The Case replicator for the investigation of mandibular movements. Engineering design center report EDC-4-64-8 Case Western Reserve University, 1964. Cleveland : Engineering design center report EDC-4-66-14 Case Western Reserve University, 1966
- [17] Glossary of prosthodontic terms, the Academy of Prosthodontics. *J Prosthet Dent* 1994 ; 71 : 50-112
- [18] Gola R, Chossegros C, Orthlieb JD. Syndrome algo-dysfonctionnel de l'appareil manducateur. Paris : Masson, 1992
- [19] Gross M, Nemcovsky C, Friedlander LD Comparative study of condylar settings of three semiadjustable articulators. *Int J Prosthodont* 1990 ; 3 : 135-141
- [20] Guichet NF. Occlusion, a teaching manual. California : Anaheim Denard corporation, 1970
- [21] Gysi A The problem of articulation. *Dent Cosmos* 1910 ; 52 : 1-19
- [22] Hue O. Manuel d'occlusodontie. Paris : Masson, 1992
- [23] Kamina P, Renard M. Tête osseuse, Articulation temporo-mandibulaire-dents. Paris : Maloine, 1994
- [24] Langer K Das Kiefergelenk des Menschen. *Sitzungsber Finn Akad Wiss* 1860 ; 30 : 457-471
- [25] Lauret JF, Le Gall M La mastication, une réalité oubliée par l'occlusodontologie ?. *Cah Prothèse* 1994 ; 85 : 30-46
- [26] Lavigne J, Spirgi M. Analyse du mouvement axial terminal du diagramme de Posselt. Occlusion : contributions cliniques et scientifiques. Tirages à part de la revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie, Zurich, 1979
- [27] Lee RL. Jaw movements engraved in solid plastic for articulators controls Part I and II. *J Prosthet Dent* 1969 ; 22 : 209-324, 513-527
- [28] Lee RL. Anterior guidance. In : Lundeen HC, Gibbs CH eds. *Advances in occlusion, Postgraduate dental handbook*. Boston : J Wright, 1982 : 51-79
- [29] Leibowitch R. Propos sur l'occlusion prothétique : la formule de Thieleman. CES de prothèse conjointe, Paris V, 1976
- [30] Luce CE The movements of the lower jaw. *Boston Med Surg J* 1889 ; 121 : 8-11
- [31] Lundeen HC Mandibular movement recording and articulator adjustments simplified. *Dent Clin North Am* 1979 ; 23 : 231-241
- [32] Lundeen HC, Gibbs CH. *Advances in occlusion, Postgraduate dental handbook*. Boston : J Wright, 1982
- [33] Lundeen HC, Gibbs CH. *Human chewing*. Video-University of Florida, 1983
- [34] Lundeen HC, Shryock EF, Gibbs CH An evaluation of mandibular border movements : their character and significance. *J Prosthet Dent* 1978 ; 40 : 442-452
- [35] Lundeen HC, Wirth C Conylar movements patterns engraved in plastic blocks. *J Prosthet Dent* 1973 ; 30 : 866-875
- [36] Magnusson T, Carlsson GE, Egermark I Changes in clinical signs of CMD from the age of 15 to 25. *J Orofacial Pain* 1994 ; 8 : 207-215
- [37] Marguelles-Bonnet R, Yung JP. *Pratique de l'analyse occlusale et de l'équilibration*. Paris : Cdp, 1984
- [38] McCollum B Considering the mouth as a functional unit as a basis of a dental diagnosis. *J Calif Dent Assoc* 1938 ; 5 : 268-276
- [39] McNeil CH La position optimale des condyles de l'articulation temporo-mandibulaire en pratique clinique. *Rev Int Parod Dent Rest* 1985 ; 6 : 53-75
- [40] Messerman T A concept of jaw function with a related clinical application. *J Prosthet Dent* 1963 ; 13 : 130-134
- [41] Michielin M, Damiani MG, Orthlieb JD, Simon J Analyse statistique des interrelations fonctionnelles entre guide antérieur et déterminant postérieur. *Cah Prothèse* 1990 ; 70 : 53-65
- [42] Mohl ND, Lund JP, Widmer CG, Mc Call W Devices for the diagnosis and the treatment of TMD : part I : scientific evidence, and jaw tracking. *J Prosthet Dent* 1990 ; 63 : 198-201
- [43] Monginif, Schmid W. *Craniomandibular and TMJ orthopedics*. Chicago : Quintessence, 1989
- [44] Okeson JP. *Management of temporomandibular disorders and occlusion*. St Louis : CV Mosby, 1989 : 22-26
- [45] Orthlieb JD. *Diagnostic occluso-céphalométrique assisté par ordinateur*. [thèse]. Université Aix-Marseille, 1990
- [46] Orthlieb JD, Laplanche O, Preckel EB La fonction occlusale et ses dysfonctionnements. *Real Clin* 1996 ; 7 : 131-143

- [47] Palla S. Cinématique de l'ATM : étude tridimensionnelle en IRM. 2nd international congress on orofacial pain and temporomandibular disorders EACD. Paris 24-25 Mai 1996
- [48] Pelletier LB, Campbell SD Evaluation of the relationship between anterior and posterior functionally disclusive angles. part II. *J Prosthet Dent* 1990 ; 63 : 536-540
- [49] Piehslinger E, Celar RM, Celar AG, Slavicek R Computerized Axiography : Principles and methods. *J Craniomand Pract* 1991 ; 9 : 344-355
- [50] Posselt U. Physiologie de l'occlusion et réhabilitation. Paris : Prélât, 1969
- [51] Ramfjord SP De l'opportunité d'enregistrer les mouvements mandibulaires. *Odontologia* 1982 ; 2 : 65-69
- [52] Ramfjord SP, Ash MM. L'occlusion. Paris : Prélât, 1975
- [53] Ricketts RM Perspective in the clinical application of cephalometrics. *Angle Orthod* 1981 ; 51 : 115-150
- [54] Rozenzweig D. Algies et dysfonctionnements de l'appareil manducateur. Paris : Cdp, 1994
- [55] Saizar P Le mouvement mandibulaire rétrusif (mouvement de Ferrein). *Actual Odontostomatol* 1962 ; 58 : 187-200
- [56] Shillinburg HT, Hobo S, Whitsett LD. Bases fondamentales de prothèse fixée. Paris : Cdp, 1982
- [57] Slavicek R L'enregistrement axiographique de la trajectoire condylienne à l'aide d'un arc facial à fixation « extra-occlusale ». *Cah Prothèse* 1983 ; 41 : 77-86
- [58] Slavicek R. Die funktionellen determinanten des kauorganes. Munchen : Verlag Zahnärztlich-medizinisches shrifttum, 1984
- [59] Slavicek R. Analyse fonctionnelle de l'occlusion. Communications libres. Compte rendu : journées internationales du CNO. Nancy, 1985
- [60] Slavicek R. Compte rendu des IX^{es} journées du collège national d'occlusodontologie. Lyon, 1992
- [61] Slavicek R, Lugner P Détermination de l'angle de Bennett à partir d'un tracé sagittal. *Cah Prothèse* 1981 ; 35 : 87-102
- [62] Tallec P. Anatomie dentaire : cours de morphologie et technologie appliquée à l'art dentaire. Aix-en-Provence : Ifosupd-Editions, 1986
- [63] Toubol JP, Michel JF Le mouvement initial de Bennett : expérimentation clinique, conséquences thérapeutiques. *Cah Prothèse* 1983 ; 42 : 69-87
- [64] Ulrich J The human temporomandibular joint-kinematics and actions of the masticatory muscles. *J Prosthet Dent* 1959 ; 9 : 399-406
- [65] Verchere L, Budin P. Dictionnaire des termes odontostomatologiques. Paris : Masson, 1992
- [66] Walker WE Movements of the mandibular condyles and dental articulation. *Dent Cosmos* 1896 ; 38 : 573-582
- [67] Wilkes C Arthrography of the temporo-mandibular joint in patients with the TMJ pain dysfunction syndrome. *Minnesota Med* 1978 ; 61 : 465-468
- [68] Yung JP, Carpentier P, Marguelles-Bonnet R Anatomie de la relation centrée. *Real Clin* 1990 ; 1 : 255-262

© 1997 Éditions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS - Tous droits réservés.
EMC est une marque de Elsevier SAS.

► Fig 1:

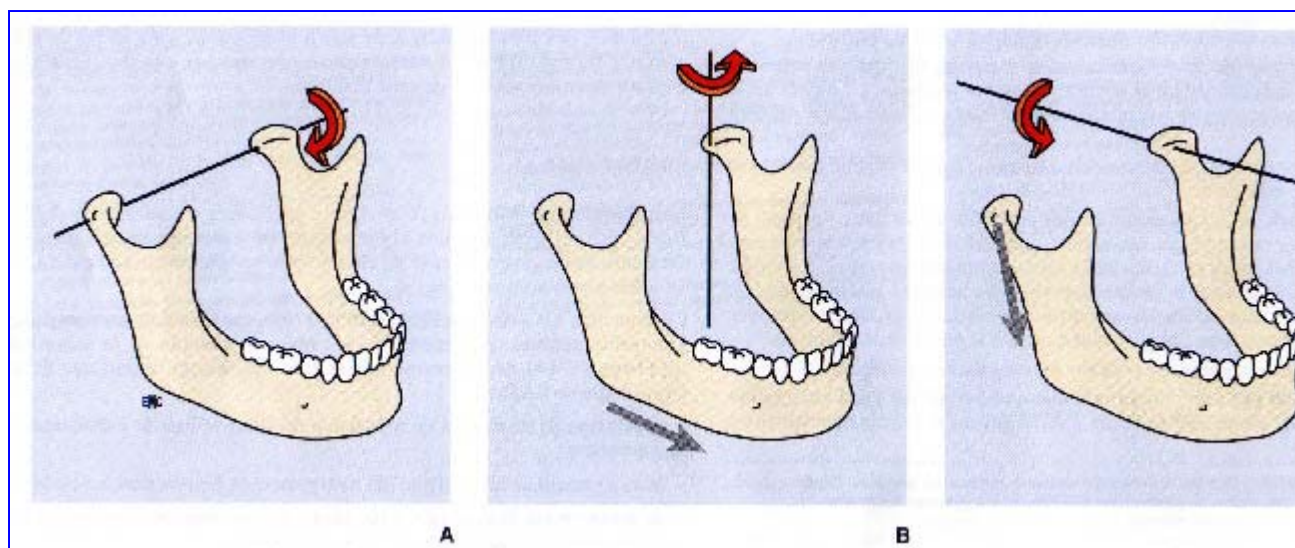


Fig 1:

Axes de rotation mandibulaire.

A. Horizontal bicondylien.

B. Vertical.

C. Sagittal.

► Fig 2:

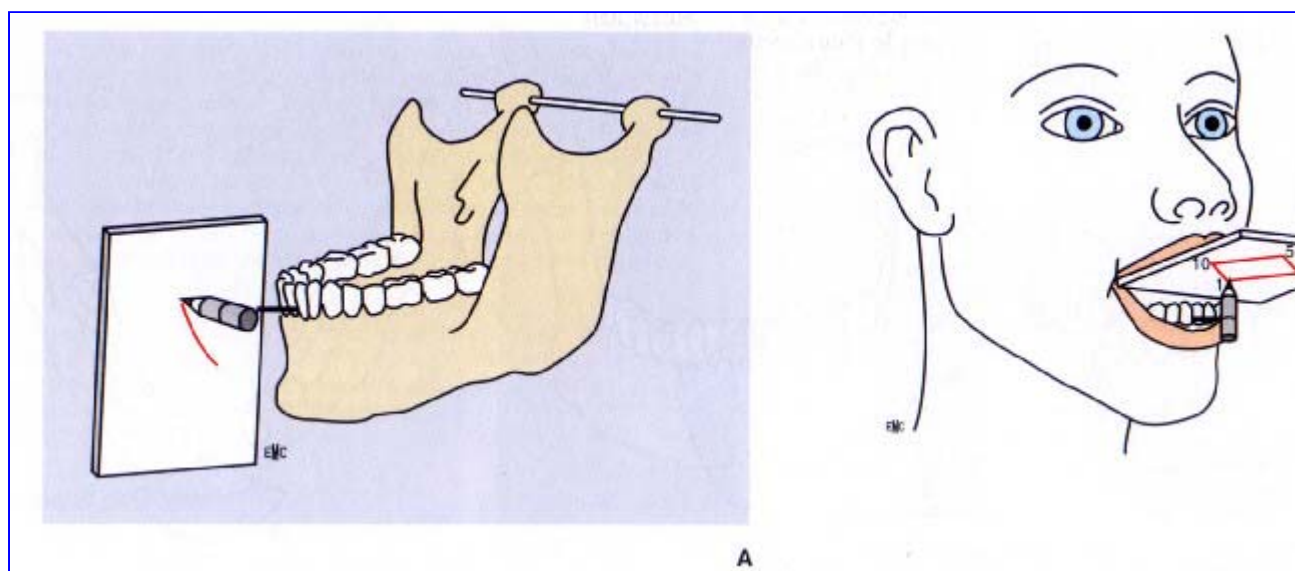


Fig 2:

Méthode graphique d'enregistrement du point interincisif [\[50\]](#).

A. Plan sagittal.

B. Plan horizontal.



Fig 3:

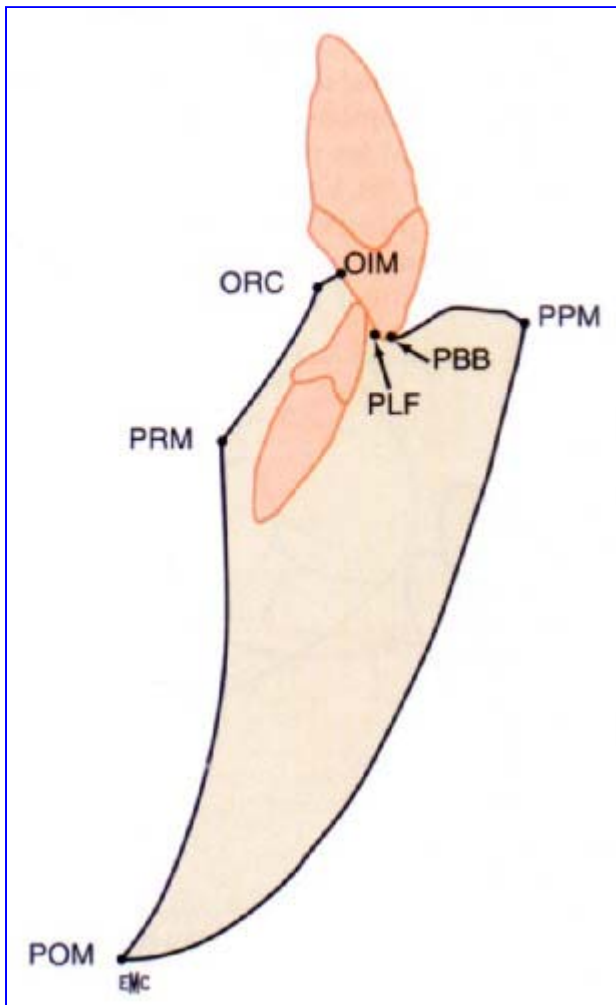


Fig 3:

Diagramme de Posselt dans le plan sagittal. ORC : occlusion en relation centrée ; OIM : occlusion d'intercuspidie maximale ; PLF : position limite fonctionnelle ; PBB : position en bout à bout ; PPM : position de propulsion maximale ; POM : position d'ouverture maximale ; PRM : position de rotation maximale.

► Fig 4:

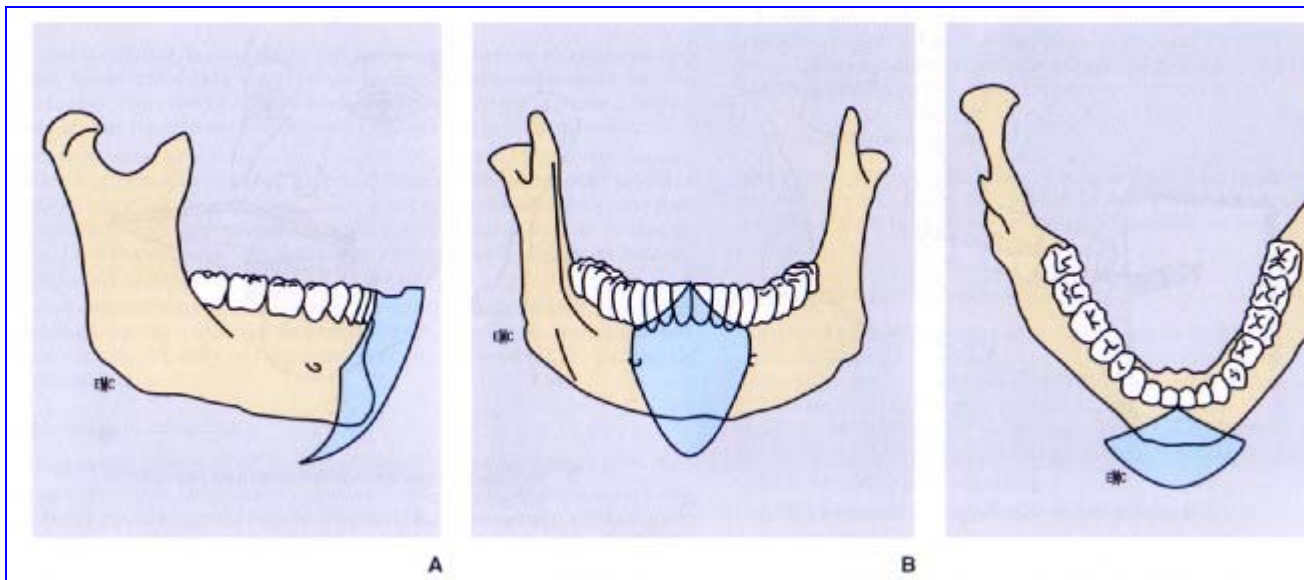


Fig 4:

Enveloppe limite de mouvement.

A. Plan sagittal.

B. Plan frontal.

C. Plan horizontal.

► **Fig 5:**

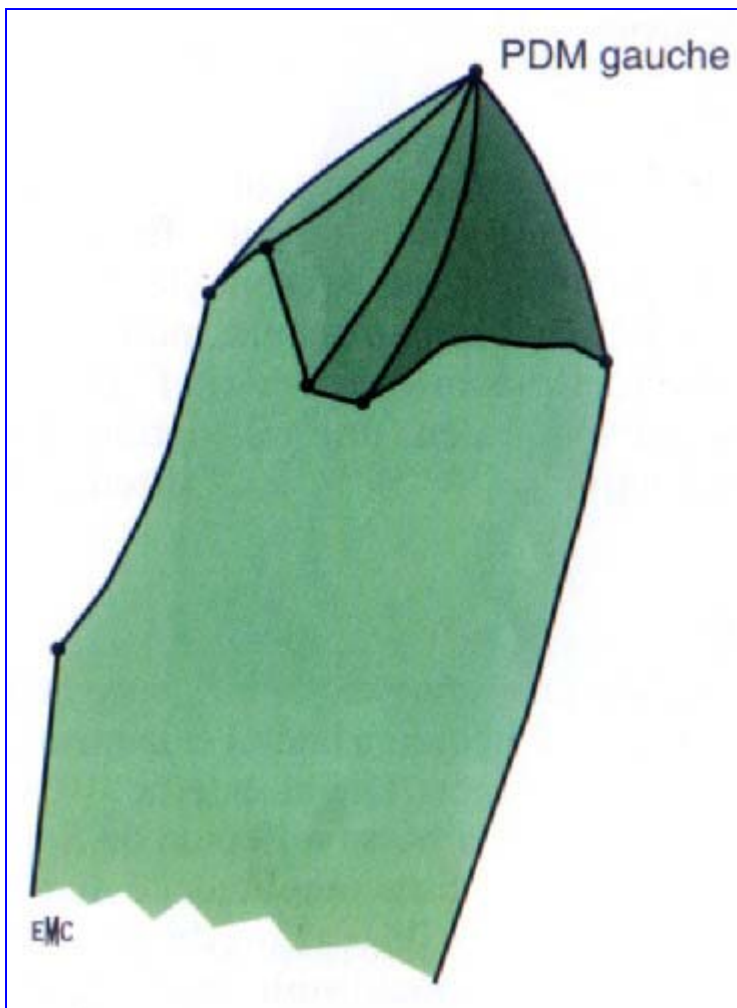


Fig 5:

Rhomboïde de Posselt (coupe sagittale). PDM : position de diduction maximale.

► Fig 6:

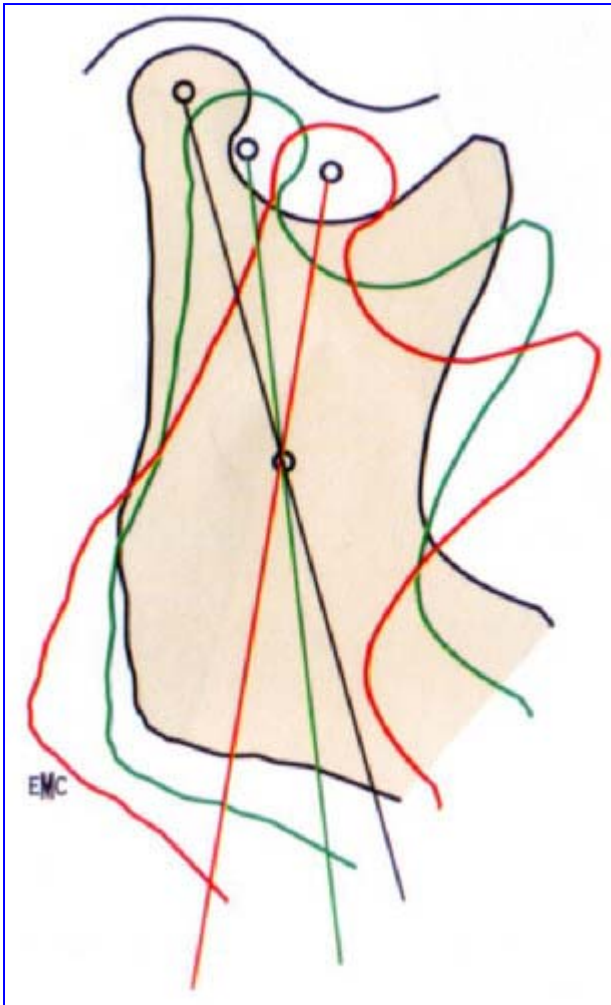


Fig 6:

Midramus : centre géométrique de la branche montante mandibulaire, à proximité de l'épine de Spix ; point stable de la rototranslation mandibulaire lors de l'ouverture buccale.

► Fig 7:

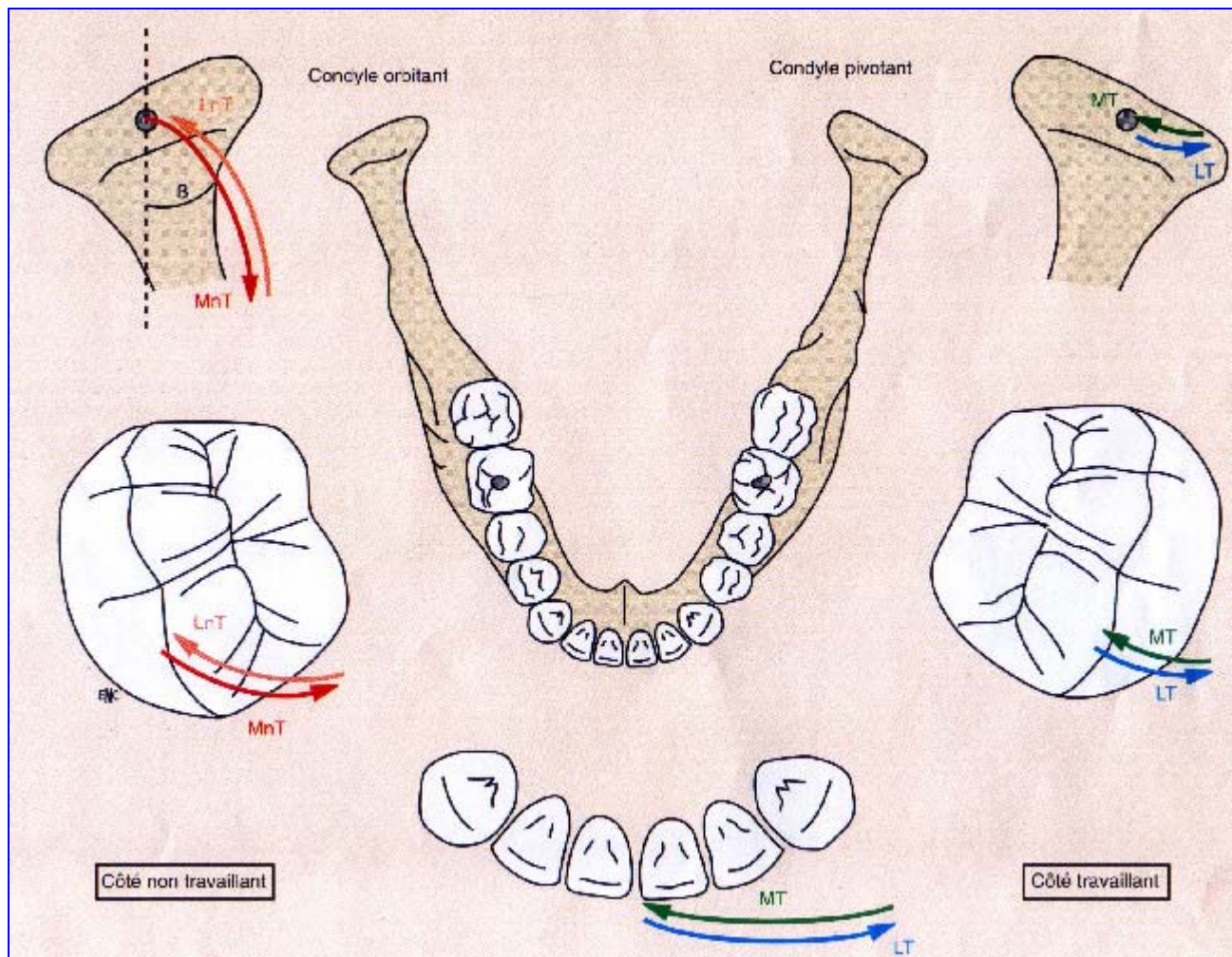


Fig 7:

Diduction observée au niveau des condyles, des premières molaires mandibulaires et du point interincisif. L : latéralisation travaillante ; MT : médialisation travaillante ; MnT : médialisation non travaillante ; LnT : latéralisation non travaillante.

► Fig 8:

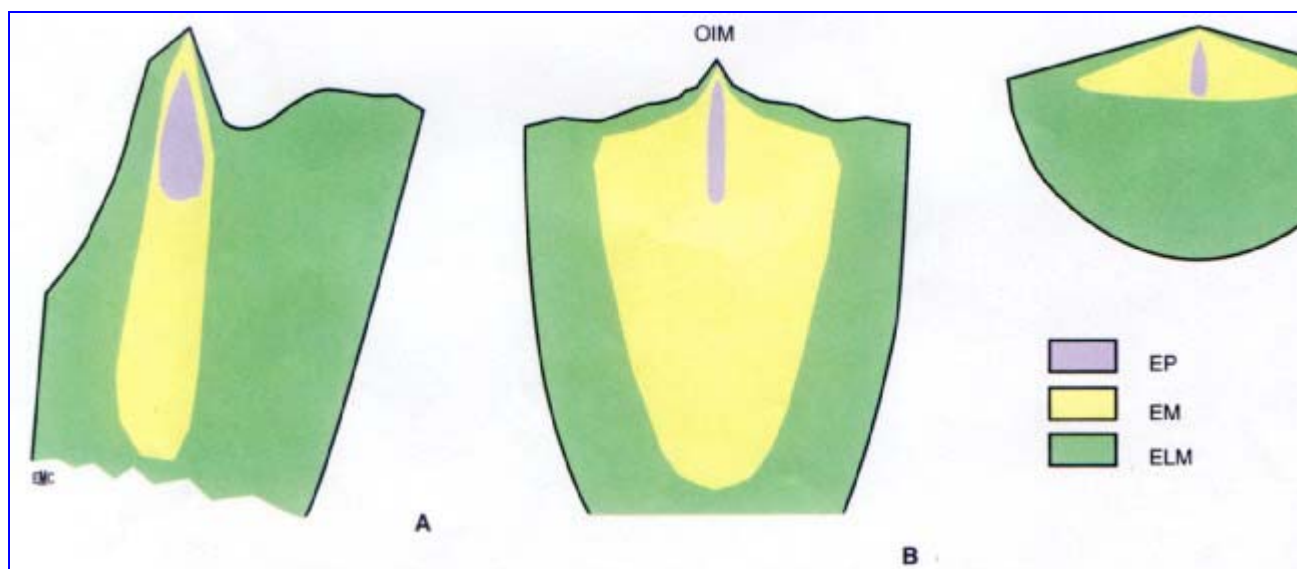


Fig 8:

Enveloppes fonctionnelles et enveloppe limite de mouvement dans les plans sagittal, frontal et horizontal. E : enveloppe de phonation ; EM : enveloppe de mastication ; ELM : enveloppe limite de mouvement.

► Fig 9:

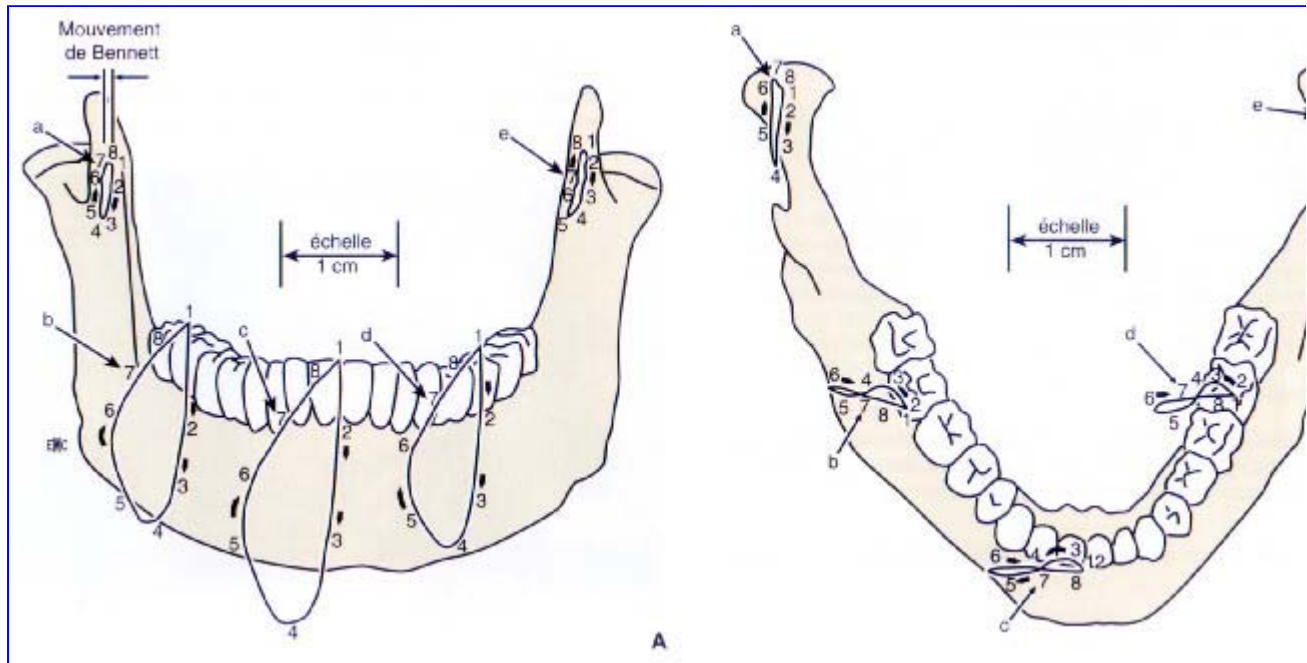


Fig 9:

Cycle masticatoire typique d'un adulte sain (mastication à droite) (d'après Lundeen et Gibbs) [\[321\]](#).

A. Plan frontal.

B. Plan horizontal.

► Fig 10:

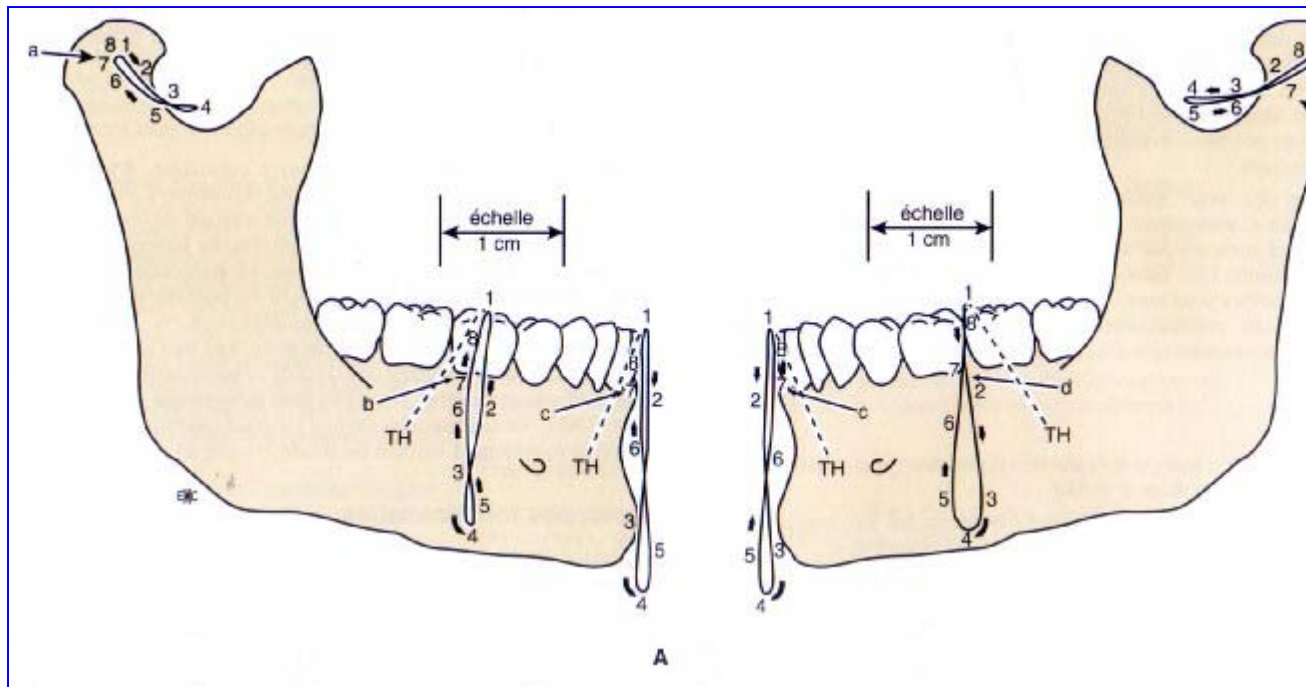


Fig 10:

Cycle masticatoire typique d'un adulte sain (mastication à droite) (d'après Lundeen et Gibbs) [\[321\]](#).

A. Plan sagittal, côté travaillant.

B. Plan sagittal, côté non travaillant.

► Fig 11:

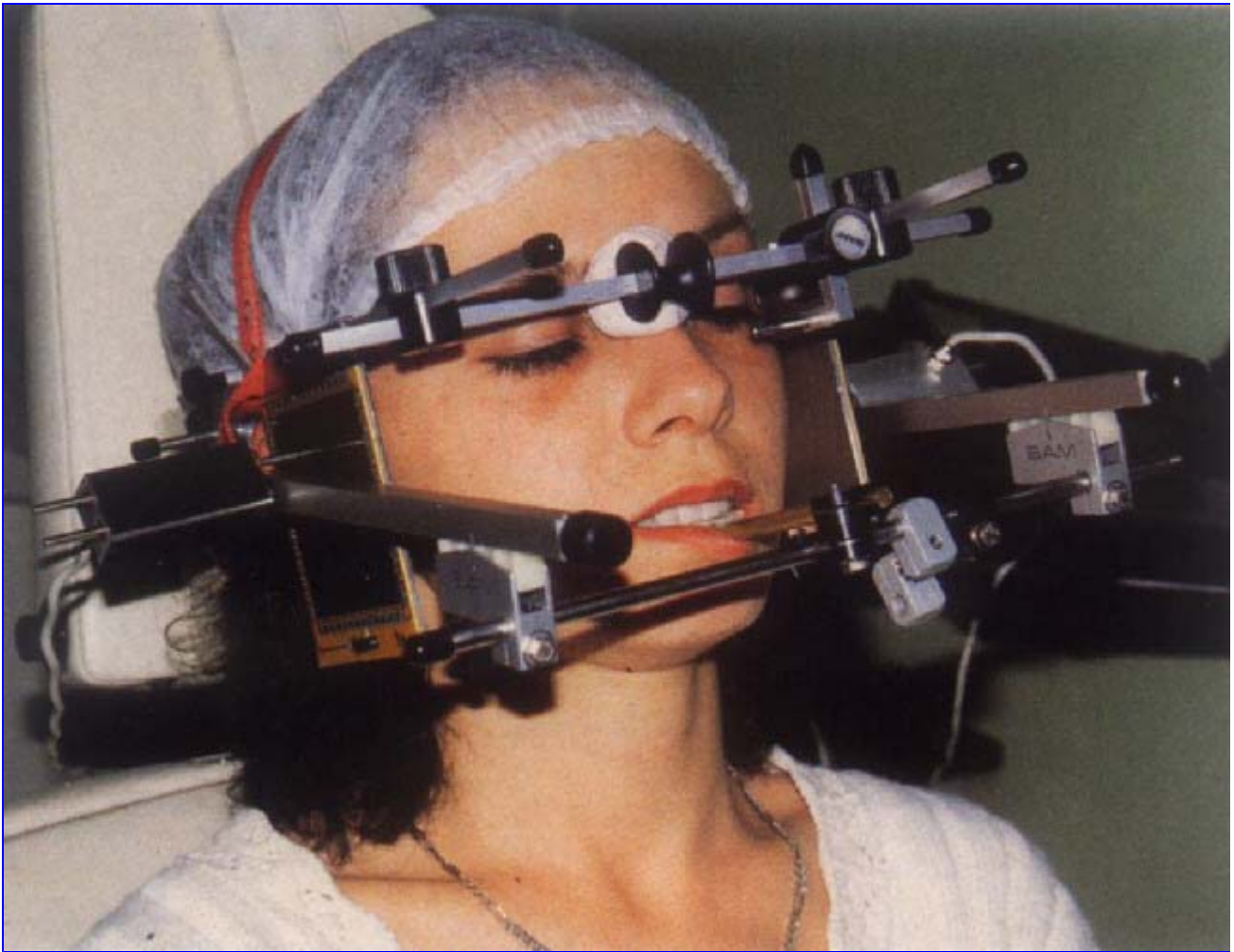


Fig 11:

Axiographe électronique (système Cadiax®).

► Fig 12:

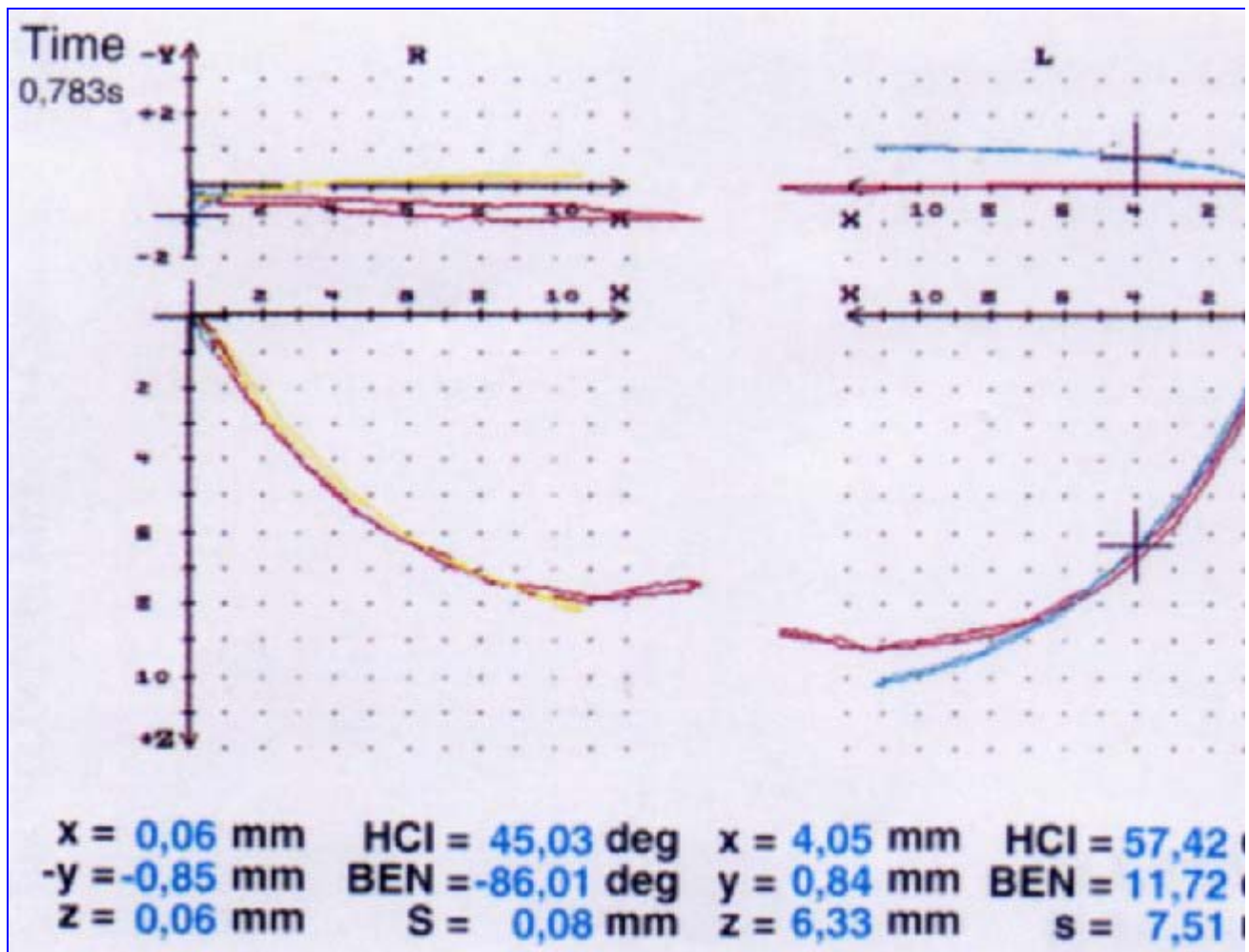


Fig 12:

Superposition de tracés axiographiques d'un adulte sain dans les plans sagittal et horizontal. Mouvements r guidés : d'ouverture-fermeture (rouge), de diduction gauche (jaune) et droite (bleu clair). Les croix (bleu fr indiquent les positions condyliennes droites et gauche à un instant donné du mouvement de diduction gauc (0,783 seconde après le début de l'enregistrement) ; le tableau fournit, pour ces positions condyliennes, les coordonnées millimétrées dans les trois dimensions (X, Y, Z), la pente condylienne (HCI), la valeur de l'ang Bennett (BEN), et la distance par rapport à la position de référence (S).

Tableaux

Tableau I.

Tableau I.			
	Femmes	Hommes	Ensemble
Ouverture	49 ± 6	51,7 ± 6,7	50,2 ± 6,5
Propulsion	7,1 ± 2,5	7,7 ± 2,6	7,3 ± 2,6
Diduction droite	9 ± 2,8	9,2 ± 2,7	9,1 ± 2,8
Diduction gauche	9,7 ± 3	10,1 ± 3	9,9 ± 3