

# Détermination de l'intensité des forces maximales prémolaires et molaires au cours de la contraction isométrique des muscles masticateurs par fermeture forcée de la mandibule

A. DHEYRIAT\*, J. FRUTOSO\*\*, M. LISSAC\*

\* *Laboratoire d'Etude des Interfaces en Odontologie, Faculté d'Odontologie, rue Guillaume Paradin, 69372 Lyon Cedex 08.*

\*\* *Laboratoire de Physiologie de l'Environnement, Faculté de Médecine, avenue Rockefeller 8, 69373 Lyon Cedex 08.*

## RÉSUMÉ

Le but de cette étude est une quantification de l'activité des muscles masticateurs. Pour ce faire, nous avons enregistré la force maximale développée entre les dents antagonistes par fermeture volontaire forcée de la mandibule. L'étude a été réalisée sur 32 étudiants entre 21 et 28 ans possédant un état bucco-dentaire très satisfaisant. Les forces ne sont enregistrées que d'un seul côté. La zone prémolaire a été retenue comme zone d'enregistrement en utilisant neuf épaisseurs croissantes de capteur, la zone molaire en utilisant deux épaisseurs de capteur. Nous avons mis en évidence l'existence d'une épaisseur optimale pour laquelle la force est la plus grande. Cette épaisseur est de 6,5 mm au niveau prémolaire et 5,2 mm au niveau molaire. La valeur moyenne de la force prémolaire de plus grande intensité est de 35 kgforces chez la femme et de 50 kgforces chez l'homme; la valeur moyenne de la force molaire de plus grande intensité est de 100 kgforces chez la femme et de 130 kgforces chez l'homme.

## MOTS CLÉS:

Force maximale - Appareil manducateur - Jauge de déformation - Epaisseur de capteur - Angle d'ouverture de la mandibule.

## SUMMARY

The purpose of this study to quantify the activity of the masticatory muscles. For this we recorded the maximum bite force of opposing teeth during voluntary clenching. The study was carried out on 31 students aged 21 to 28 with a satisfactory dental arch. The measurements were obtained on one side only. Nine thicknesses of the traducers were used for the premolar zone and two for the molar zone. We determined an optimal thickness enabling the highest measurement: 6.5 mm for the premolars and 5.2 for the molars. The highest measurements were averaged and the following results were obtained: premolars-35 kgf for females and 50 kgf for males; molars-100 kgf for females and 130 kgf for males.

## KEY WORDS:

Maximum bite force - Manducatory system - Occlusal traducer - Thickness of traducer - Mandibular opening angle.

## INTRODUCTION

Dans le but d'une quantification de l'activité des muscles masticateurs, nous avons choisi de retenir un exercice de nature à révéler la force musculaire maximale physiologique développée par l'appareil manducateur dont dépend la force occlusale induite.

Malgré l'abondance des travaux effectués sur la force occlusale, les résultats obtenus sur son intensité moyenne varient considérablement selon le protocole retenu (travail statique avec Friel 1924 à l'aide d'un gnathodynamomètre, Wornes 1939 à l'aide d'un appareil hydrolique, Tueller 1969 à l'aide d'un système porte empreinte et travail dynamique, avec De Boever 1978 à l'aide de jauge de déformation au cours de la mastication). Les relations établies entre l'amplitude de cette force et tel ou tel facteur apparaissent également, parfois, contradictoires selon les auteurs (Ringqvist 1973 et Helkimo et Ingervall 1978 sur les relations avec la musculature; Jenkins 1970 et Linderholm *et col.* 1971 sur l'influence du sexe).

Notre étude consiste à enregistrer la valeur de la force maximale développée entre les dents antagonistes par fermeture volontaire forcée de la mandibule et à déterminer à quels paramètres cette valeur est susceptible d'être corrélée.

Deux méthodologies peuvent être utilisées: celle où un capteur est incorporé dans une dent artificielle, bridge habituel, couronne ou inlay (Nyquist et Owall 1968) et celle où un capteur est interposé entre deux dents antagonistes (Boss 1940; Winders 1956; Linderholm et Wennstrom 1970). Nous avons retenu cette dernière méthodologie.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 1. Appareil de mesure

Nous avons été amenés à concevoir un capteur de force adéquat, respectant un cahier des charges précis.

Ce capteur doit:

- enregistrer et résister aux forces maximales occlusales
- être fiable et précis
- avoir une épaisseur se rapprochant des conditions physiologiques de mastication.

Afin de déterminer l'épaisseur optimale permettant l'obtention d'une force maximale, il a été conçu de façon à pouvoir augmenter son épaisseur graduellement.

Ce capteur utilise le principe des jauges de déformation. Il a été réalisé à l'aide de quatre jauges Kiowa (réf KTG 2 120 D9 11N 10C2) montées en pont complet. Le tout est incorporé dans une plaque d'Altuglass (Fig. 1). Son épaisseur minimale est de 3,5 mm. L'électronique est conçue autour d'un amplificateur d'instrumentation AD 524 de chez Analod Device suivi d'un amplificateur TL 704 qui nous permet un réglage fin du gain et la visualisation de la valeur directement en «kg forces» sur l'afficheur numérique.

La courbe de réponse, en fonction de la force exercée, indique une fiabilité jusqu'à 150 kg forces.

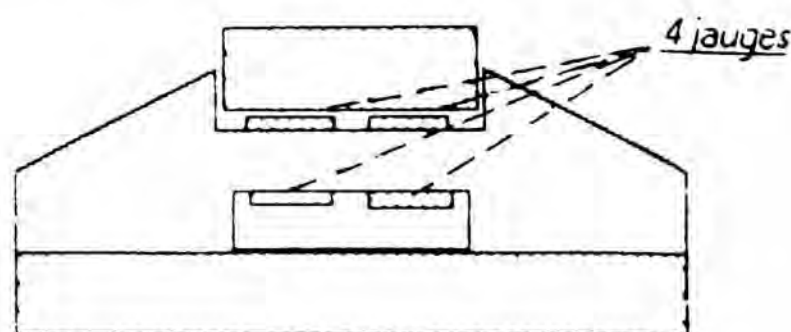


Fig. 1.  
Fig. 1.

### 2. Population

L'étude porte sur 32 étudiants de la Faculté d'Odontologie de Lyon, dont 15 sujets féminins (F) et 17 sujets masculins (M).

Ils appartiennent tous à une classe d'âge assez étroite, entre 21 et 28 ans, en accord avec les travaux relatés par Bakke *et col.* (1990).

Leur état buco-dentaire est bon, sans édentation, ni reconstitution prothétique pour tenir compte des travaux de Corrucini *et col.* (1985).

Il ne présentent ni pathologie musculaire, ni pathologie articulaire dues à une éventuelle dysfonction de l'ATM.

### 3. Méthodologie

L'étudiant est assis sur un tabouret. Il s'agit, pour lui, de nous donner une force maximale physiologique, c'est-à-dire une force maximale qui n'engendre ni gêne, ni douleur.

Les forces ne sont enregistrées que d'un seul côté, sans contre partie contro-latérale, dans une situation comparable à la mastication (Fields *et col.* 1986; Van Eijden 1990). Nous avons privilégié la zone prémolaire comme zone d'enregistrement entre dents antagonistes du fait de l'espace inter occlusal important, pour utiliser le plus grand nombre d'épaisseurs différentes de capteur.

Nous procédons à l'enregistrement avec des épaisseurs croissantes (Epm). A partir de 3,5 mm, le protocole est répété pour 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17 et 19 mm. Pour une épaisseur donnée, nous enregistrons successivement trois valeurs à partir desquelles nous obtenons une valeur moyenne maximale prémolaire (Fpm moy).

Nous recueillons, au total, neuf valeurs moyennes maximales à partir desquelles nous apprécions la valeur moyenne de plus grande intensité (Fpm max) obtenue avec une épaisseur qualifiée d'optimum.

Ces mesures consignées, nous insérons une cale de cire au niveau de la zone molaire en même temps que nous introduisons le capteur d'épaisseur optimale au niveau de la zone prémolaire. Nous mesurons l'épaisseur de cette cale qui sera retenue pour la construction d'un capteur adéquat destiné à enregistrer la force de plus grande intensité au niveau molaire.

Dans cette zone, nous procédons à l'enregistrement uniquement à l'aide de deux épaisseurs de capteur (Em), à savoir l'épaisseur minimale de 3,5 mm et celle déterminée par la hauteur de la cale en cire.

Comme précédemment pour une épaisseur donnée, l'opération est répétée trois fois pour recueillir au total deux valeurs moyennes maximales molaires (Fm moy) dont l'une est la valeur moyenne de plus grande intensité (Fm max).

L'axe charnière condylien est repéré par palpation. Nous mesurons la distance de la zone prémolaire (Lpm) ainsi que la distance de la zone molaire (Lm) à cet axe.

Ces distances nous sont utiles dans la détermination de la valeur de l'angle de roto-translation  $\beta$  et de l'angle d'ouverture  $\alpha$  (Fig. 2). L'angle de roto-translation  $\beta$  est représenté par l'angle BÔB' ou l'angle AôA'; la distance OA ou OA' symbolise la distance Lm et la distance OB ou OB', la distance Lpm.

Par simple rotation mathématique, il est aisé de montrer que l'angle de roto-translation  $\beta$  est égal à l'angle

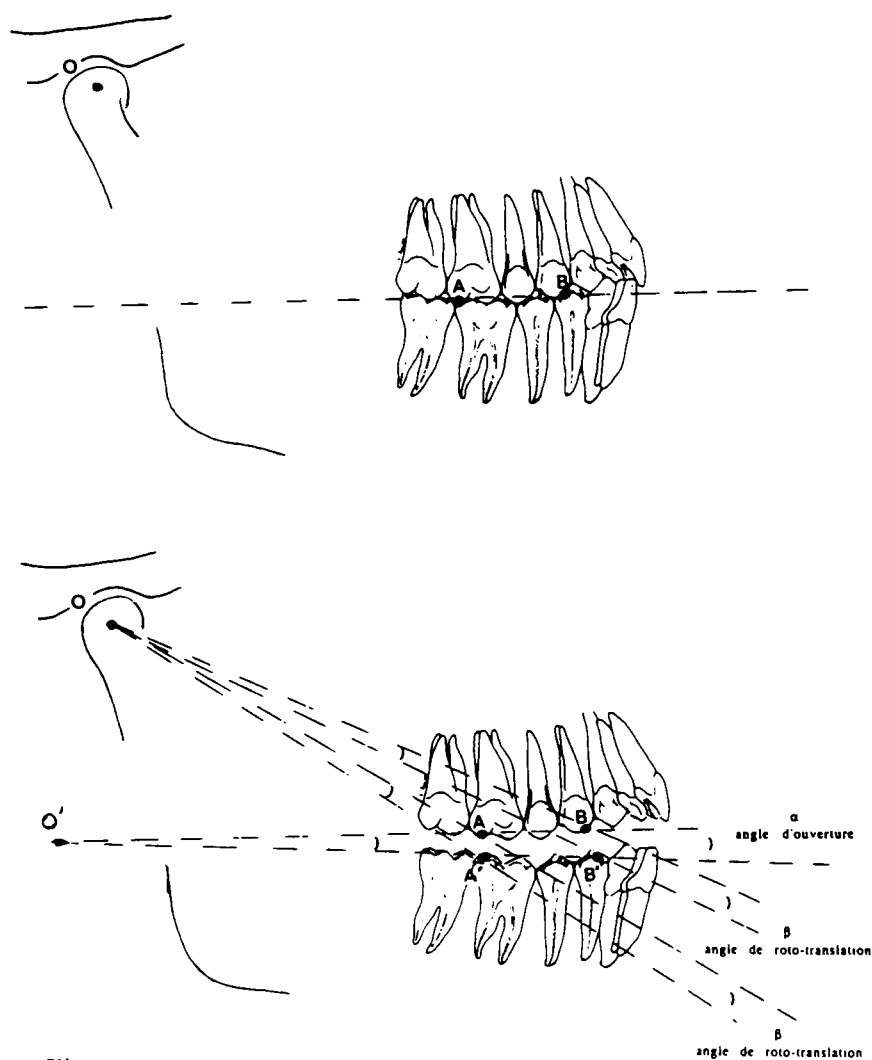


Fig. 2.  
Fig. 2.

d'ouverture  $\alpha$ , angle qui traduit la distance séparant les dents antagonistes lors de l'ouverture de la mandibule, en relation, d'abord, avec une rotation pure du condyl accompagné, secondairement, par une translation d'autant plus faible que l'ouverture est limitée.

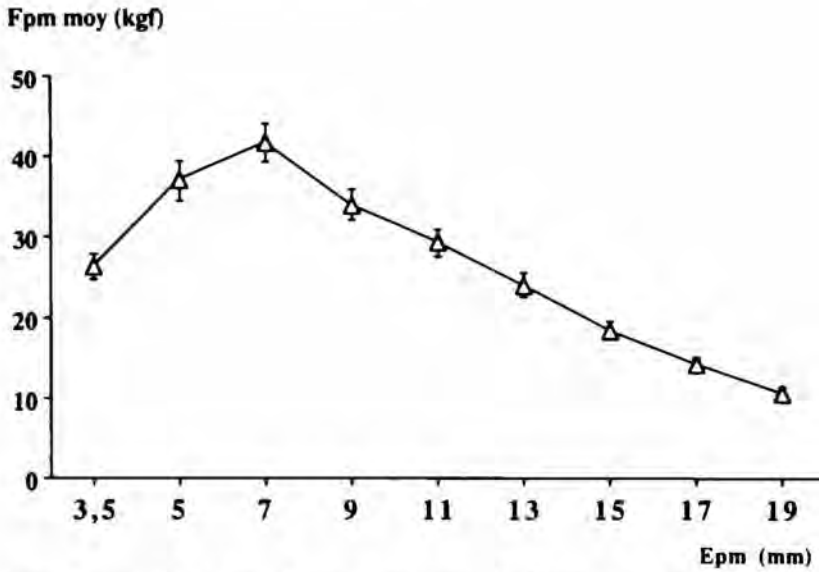
#### 4. Etude statistique

Les valeurs obtenues ont été traitées sur un plan statistique à l'aide du test *Anova* sur les variances.

#### RÉSULTATS

Les résultats obtenus sont résumés par les graphiques ci-après. Ils se présentent comme suit:

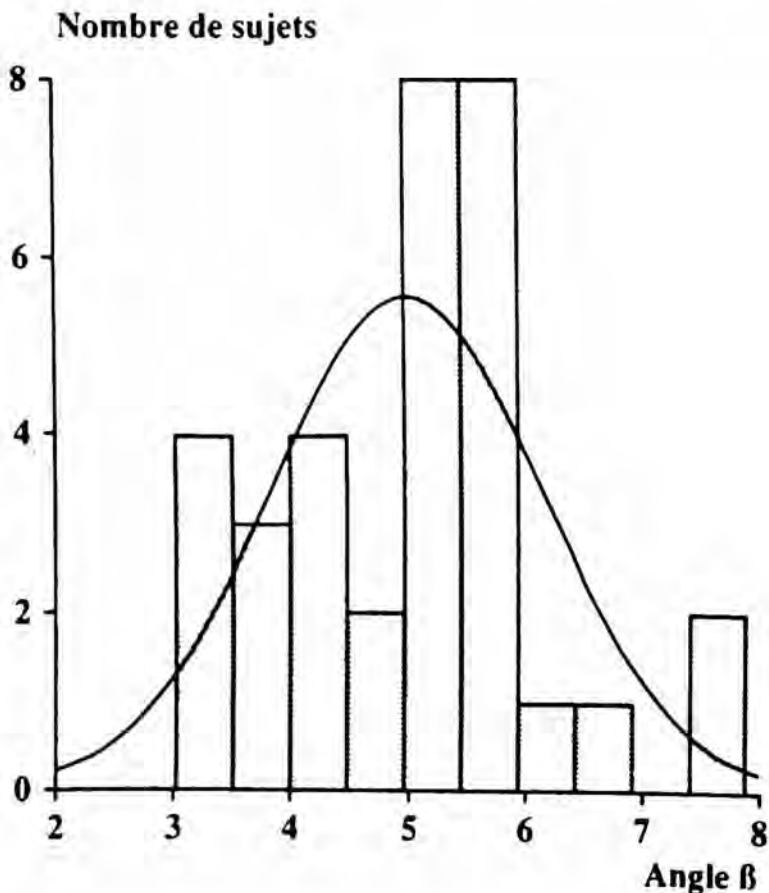
- le graphique 1 donne la valeur moyenne de la force maximale prémolaire développée en fonction de l'épaisseur du capteur.



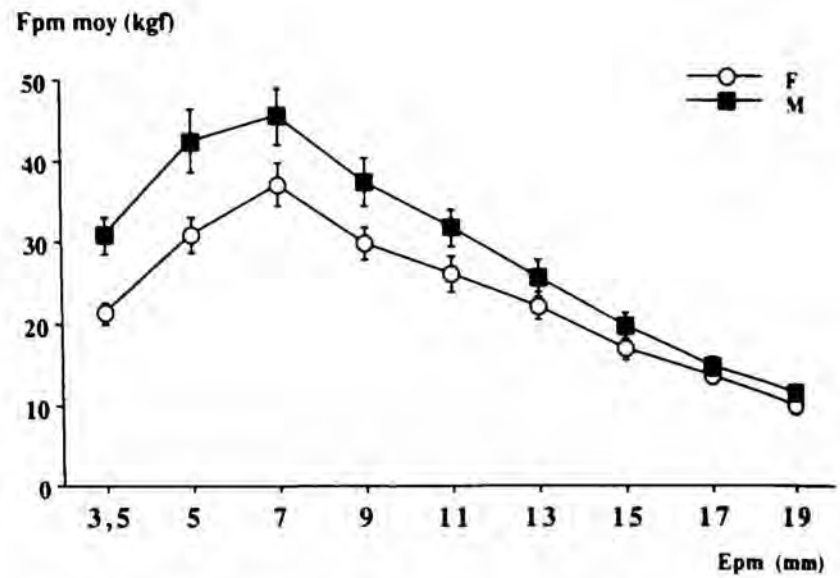
Graphique 1: La courbe nous permet d'affirmer, pour tout individu confondu, que l'épaisseur optimale permettant de développer au niveau prémolaire la force de plus grande intensité, est de 7 mm ou plus exactement supérieure à 5 mm et inférieure à 9 mm, et que cette force peut atteindre une moyenne de 43 kg forces.

Graph 1: The curve shows that for any on subject, the optimum thickness enabling subjects to produce maximum clenching force is 7 mm or, more precisely, > 5 mm and < 9 mm, and that the average highest forces is 43 kgf.

- la graphique 2 met en évidence la valeur de l'angle  $\beta$  (donc de l'angle  $\alpha$ ) obtenue par la règle des tangentes. Cette valeur permet le calcul de l'épaisseur idéale, quelle que soit la zone où se situe la capteur, zone prémolaire ou molaire



- les graphiques 3 permettent d'apprécier l'influence du sexe sur l'intensité de la force enregistrée



Graphique 3A: La courbe 3A nous montre, d'une part que l'épaisseur optimum pour obtenir la force maximale prémolaire est la même pour la population féminine et masculine et, d'autre part que la valeur de cette force est moindre avec la population féminine qu'avec la population masculine.

Graph 3A: The curves show that the optimum thickness enabling maximum clenching force is the same for male and female subjects. They also show that the measurements of maximum clenching force obtained are lower for the female subjects.

Graphique 2: Le graphique 2 fait référence à l'angle de roto-translation  $\beta$  dont nous savons que

$$\text{tg}\beta = \frac{E_{pm}}{L_{pm}} = \frac{E_m}{L_m} \Leftrightarrow E_{pm} = \text{tg}\beta \times L_{pm} \text{ et } E_m = \text{tg}\beta \times L_m.$$

Il permet le calcul de la valeur exacte de l'épaisseur optimum à interposer, non seulement entre les prémolaires antagonistes, mais également entre les molaires antagonistes pour développer la force de plus grande intensité. Pour tous les sujets confondus, l'angle est maximum quand sa valeur égale 5°, ce qui nous permet, après avoir tiré la valeur moyenne de  $L_{pm}$  et de  $L_m$  pour les 32 sujets, de trouver une valeur de  $E_{pm}$  égale à 6,5 mm et de  $E_m = 5,2$  mm.

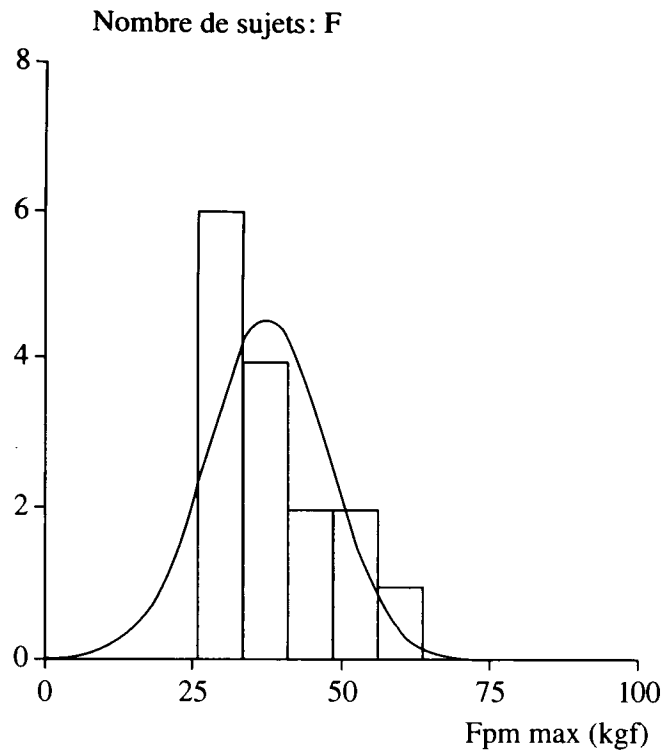
Ainsi, l'épaisseur optimum que devrait avoir le capteur dans la zone prémolaire n'est pas de 7 mm comme le montre la courbe 1, mais exactement de 6,5 mm (7 mm étant l'épaisseur dont nous disposons qui se rapproche le plus de l'épaisseur idéale).

Graph 2: The graph is based on the use of the roto-translation angle  $\beta$ . We know:

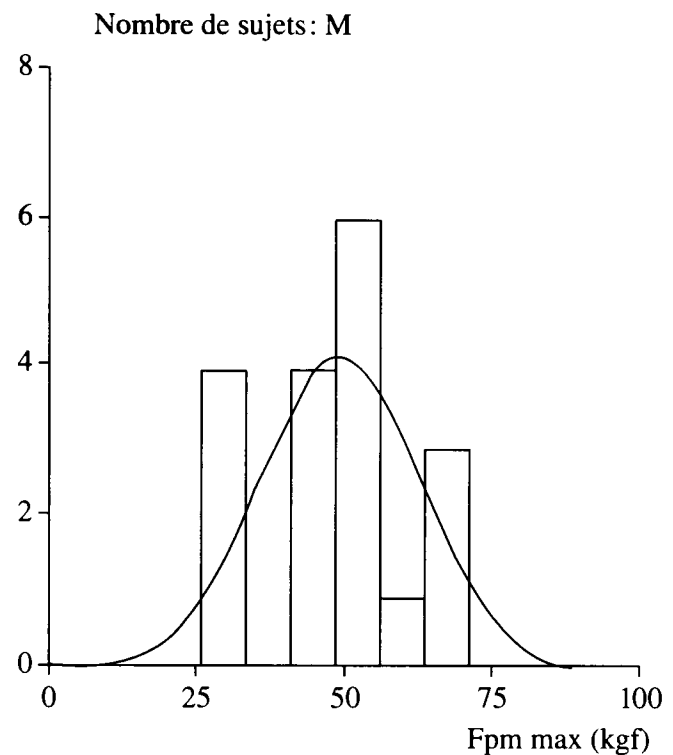
$$\text{tg}\beta = \frac{E_{pm}}{L_{pm}} = \frac{E_m}{L_m} \Leftrightarrow E_{pm} = \text{tg}\beta \times L_{pm} \text{ et } E_m = \text{tg}\beta \times L_m.$$

This enables us to calculate precisely the optimum width to be interposed between opposing teeth in order to obtain maximum clenching force for both molars and premolars. For any one subject, the maximum value of the angle is 5°, and this allows us, after measuring  $L_{pm}$  and  $L_m$  for each of the 32 subjects and obtaining the average values, to calculate the optimal premolar (6.5 mm) and molar (5.2 mm) distances.

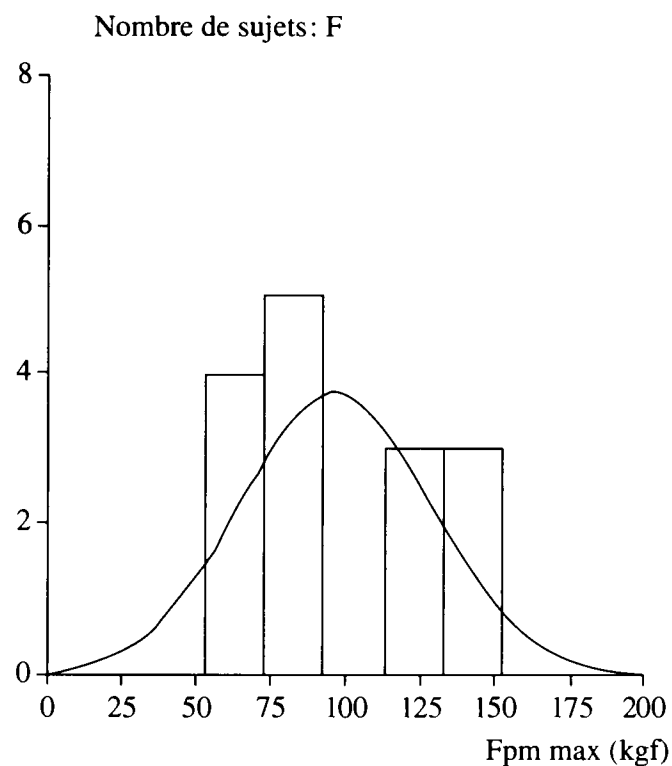
Thus the optimum distance is not 7 mm as seen in Graph 1 (the thickness of the nearest available traducer) but precisely 6.5 mm.



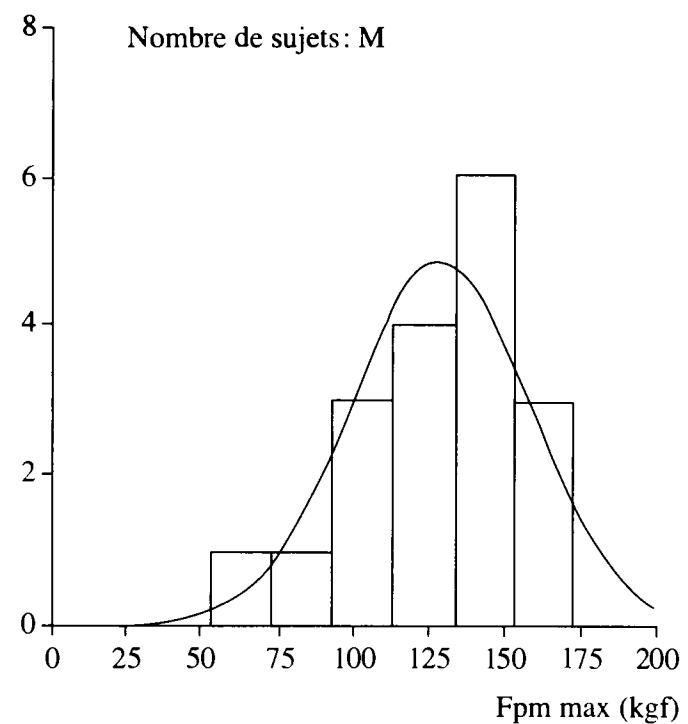
Graphique 3B1



Graphique 3B2



Graphique 3B3

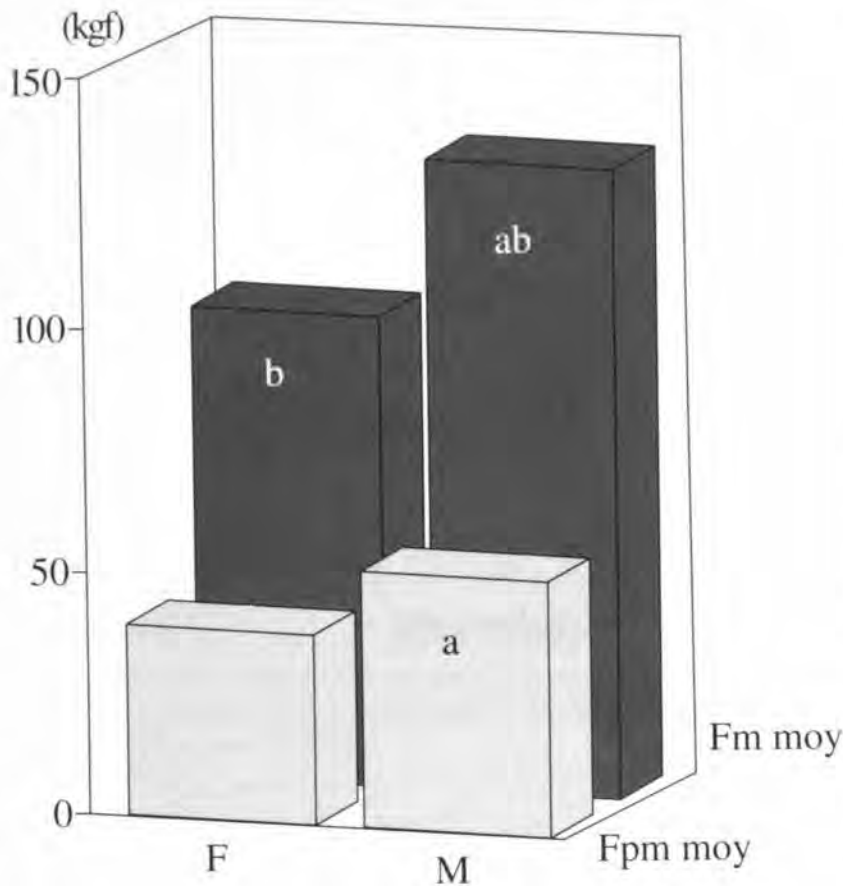


Graphique 3B4

Graphiques 3B1, 3B2, 3B3, 3B4: Les graphiques 3B1, 3B2, 3B3 et 3B4 nous donnent les valeurs des forces, quelle que soit l'épaisseur optimum. La valeur moyenne de la force maximale prémolaire de plus grande valeur (Fpm max) se situe chez les femmes (F) autour de 35 kgf (les valeurs extrêmes étant 26 et 58 kgf), et chez les hommes (M) au voisinage de 50 kgf (les valeurs extrêmes étant 28 et 72 kgf); la valeur moyenne de la force maximale molaire de plus grande valeur (Fm max) se situe chez les femmes (F) au voisinage de 100 kgf (les valeurs extrêmes étant 53 et 146 kgf) et pour les hommes au voisinage de 130 kgf (les valeurs extrêmes étant 60 et 173 kgf).

Graphs 3B1, 3B2, 3B3, 3B4: Graphs 3B1, 3B2, 3B3, 3B4 show the average maximum clenching forces measured for male and female group, whatever the optimum thickness of the traducer. The average maximum premolar clenching force for the female population (Fpm max) is 35 kgf with a spread from 26 to 58 kgf. The average maximum clenching force for the male population is 50 kgf with a spread from 28 to 72 kgf. The average maximum molar clenching force for the female population (Fm max) is 100 kgf with a spread from 53 to 146 kgf. The average maximum clenching force for the male population is 130 kgf with a spread from 60 to 173 kgf.

- le graphique 4 souligne que la force exercée au niveau molaire est toujours plus grande que la force exercée au niveau prémolaire.



Graphique 4: Ce tableau fait ressortir les valeurs des forces maximales prémolaires (Fpm moy) et molaires (Fm moy) exprimées en « kg forces », en fonction du sexe (F ou M). Il met en évidence des différences significatives soit d'une population à l'autre (F par rapport à M) (notée « a »), pour une même force (Fpm ou Fm moy), soit d'une force à l'autre (notée « b »), à l'intérieur d'une même population.

Graph. 4: The graph shows the maximum premolar and molar clenching forces obtained by the male and female populations. It shows significant differences between the male and female populations (« a ») for both molar and premolar sites and between the molar and premolar sites (« b ») for both male and female populations.

## DISCUSSION - CONCLUSION

Le but de notre étude était de déterminer l'intensité de la force maximale développée entre les dents antagonistes par fermeture volontaire forcée de la mandibule. Nous avons mis en évidence l'existence d'une épaisseur de 6,5 mm au niveau prémolaire, pour laquelle la force est la plus grande.

Vander, Sherman et Luciano (1989) indiquent une relation entre la longueur d'un muscle et la tension qu'il développe. Une fibre musculaire peut être étirée passivement jusqu'à diverses longueurs et stimulée à chacune de ces nouvelles longueurs. Quand une fibre musculaire est mise à une longueur égale à 60% de cette longueur optimale, elle ne développe pas de tension quand elle est stimulée. Quand on augmente la longueur de la fibre par extension passive, la tension produite au cours de la contraction augmente jusqu'à une valeur maximale et tout allongement supplémentaire de la fibre cause une chute de tension. Quand la fibre musculaire est étirée à 175% ou encore plus, elle ne développe plus de tension.

Ramfjord et Ash (1975) soulignent, quant à eux, que l'espace inter-occlusal en position de repos mesure normalement 1 à 3 mm au niveau des dents antérieures, mais qu'il peut atteindre 8 à 10 mm sans que cela ne provoque le moindre trouble dans la fonction ou dans la santé de l'appareil manducateur. Ces auteurs s'élèvent même fermement contre l'application systématique de valeurs moyennes dans la détermination occlusale prothétique d'un individu. Ils pensent qu'il existe une zone de repos, plutôt qu'une position de repos précise.

Selon ces mêmes auteurs, les muscles ne sont pas complètement en repos mais se contractent dans une certaine mesure, en raison de leur tonicité intrinsèque, même dans le champ de repos de la mandibule. Il se peut que la position de repos déterminée cliniquement dépende davantage des réflexes myotatiques des muscles concernés que du tonus musculaire, qui se modifie volontiers. La position de repos déterminée électromyographiquement par une activité musculaire minimale semble être influencée, dans une plus large mesure, par la tension psychique, la douleur et les interférences occlusales. Cependant, le processus par lequel la position de repos clinique est déterminée sous-entend également des influences émotionnelles et des impulsions des réseaux extéroceptifs et proprioceptifs sur le système neuromusculaire. De telles impulsions provenant de l'articulation temporo-mandibulaire, des muscles, des joues, du desmodonte (occlusion) et de la langue, contribuent, sans aucun doute, à l'apprentissage de la position de repos et au conditionnement des réflexes.

Ces propos sont confirmés par Woda (1983). L'auteur nous fait part que le tonus musculaire résulte de l'activité asynchrone et répétitive des unités motrices extrafusoriales spécialisées dans son maintien. Les fibres musculaires appartenant à plu-

siieurs unités motrices se chevauchent au sein d'un volume déterminé de la masse musculaire, si bien que seules certaines fibres dispersées dans le volume musculaire considéré sont actives à un instant donné. Cette dissémination des contractions permet d'assurer un niveau de tension léger et graduable même si le mécanisme qui en est à l'origine obéit à la loi du tout ou rien.

Woda (1983), rapporte que chez l'homme, la position « bouche grande ouverte » entretenue volontairement s'accompagne d'une activité importante du digastrique (abaisseur) et d'une faible activité des élévateurs. Si, à partir de cette position, le sujet ferme la bouche volontairement et lentement, l'activité digastrique diminue progressivement mais l'activité des élévateurs ne varie pas jusqu'à la position de repos. Les forces visco-élastiques développées par les muscles élévateurs sous l'effet de leur étirement et la diminution de l'activité digastrique, semblent donc suffisantes pour provoquer le retour de la mandibule de la position « bouche grande ouverte » à la position de repos.

Si bien que, la position de repos d'un sujet parfaitement détendu correspond à un équilibre entre les forces visco-élastiques et la pesanteur. L'activité musculaire contractile n'interviendrait que pour maintenir la posture lorsque la mandibule est soumise à des forces extérieures subites ou à la suite de modifications centrales résultant de tensions psychologiques.

La position de la mandibule oscille d'instant en instant, par exemple avec la respiration, et peut se modifier considérablement. Des événements comme la phonation, la déglutition, le changement de posture corporelle peuvent faire passer la mandibule d'une position à une autre. La posture est également influencée par l'état émotionnel. Elle se différencie lors de la vision d'un spectacle effrayant ou au contraire réconfortant, l'espace d'inocclusion étant plus important dans ce dernier cas. La modification, par un praticien, de la hauteur d'occlusion (hauteur de l'étage inférieur de la face lorsque les dents sont en occlusion d'intercuspidation maximale) entraîne une nouvelle position de repos, et n'apporte que peu de modification de l'espace d'inocclusion. Enfin, la posture habituelle se modifie à long terme avec la transformation des rapports occlusaux et avec l'âge.

D'après nos travaux, nous affirmons qu'il est nécessaire d'interposer une épaisseur optimum entre les dents antagonistes pour obtenir la plus grande efficacité musculaire d'écrasement, et non d'utiliser, soit des capteurs d'épaisseur réduite égale à l'espace inter

occlusal libre moyen de 2 mm, soit, à fortiori, d'incorporer des jauges dans des couronnes dentaires afin de ne pas créer de surépaisseur.

La connaissance de la valeur de l'angle d'ouverture nous permet de calculer non seulement l'épaisseur idéale à appliquer de la zone prémolaire à la zone molaire, mais aussi de déterminer l'épaisseur théorique à utiliser en fonction du sexe.

Chez les femmes, l'angle d'ouverture est sensiblement égal à  $\beta = 5,25^\circ$ , alors que chez les hommes cet angle est sensiblement égal à  $\beta = 4,80^\circ$ . Les calculs appliqués à ces angles nous amènent, pour la population féminine, à une épaisseur optimum théorique prémolaire égale à 6,1 mm (Epm optimum F=6,1) et une épaisseur optimum théorique molaire égale à 5,5 mm (Em optimum F=5,5 mm); pour la population masculine, l'épaisseur optimum théorique prémolaire égale 6,5 mm (Epm optimum M=6,5 mm) et l'épaisseur optimum théorique molaire égale 5,5 (Em optimum M=5,5 mm). Toutes ces valeurs restent, néanmoins, théoriques car elles n'expriment aucunement des différences significatives de l'une à l'autre.

En ce qui concerne l'intensité des forces, nos résultats approchent ceux publiés par Van Steenberghe (1978) et Hirano (1980) selon lesquels les forces de mastication varient selon les individus de 30 à 130 kgf.

Nos résultats confirment, en outre, ceux déjà divulgués, entre autres, par Jenkins (1970), Helkimo *et col.* (1978) et Bakke *et col.* (1990), à savoir que le sexe influence la valeur de l'intensité de la force masticatrice, cette dernière étant plus importante chez les hommes que chez les femmes.

Ils confirment enfin, que la force la plus grande qui puisse être développée entre les dents antagonistes se situe au niveau des molaires, confortant, ainsi, les travaux de Linderholm et Wennström (1970) qui font ressortir que les forces occlusales diminuent nettement de la région molaire à la région incisive.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bakke, M., Betty, H., Jensen, B.Z., Michler, L., Noller, E. — Unilateral isometric bite force in 8-68 years old women and men related to occlusal factors. *Scand. Dent. Res.*, 98: 149-158, 1990.
- Boss, R.H. — Intermaxillary relation established by biting power. *J. Am. Dent. Ass.*, 27: 1192-1199, 1940.
- Corrucini, R.S., Henderson, A.M., Kaul, S.S. — Bite force variation related to occlusal variation in rural and urban Punjabis (North India). *Arch. Oral Biol.*, 30: 65-69, 1985.

- De Boever, J.A., Mac Call, W.D., Holden, S., Ash, M.R.** — Functional occlusal forces: an investigation by telemetry. *J. Prosth. Dent.*, 40: 326-333, 1978.
- Fields, H.W., Proffit, W.R., Case, J.C., Vig, W.L.** — Variables affecting measurement of vertical occlusal forces. *J. Dent. Res.*, 65: 135-138, 1986.
- Friel, E.S.** — Muscle testing and muscle training. *Dental Record*, 44: 187, 1924.
- Helkimo, E., Ingervall, B.** — Bite force functional state of the masticatory system in young men. *Scand. Dent. J.*, 2: 167-175, 1978.
- Hirano, S., Hirasawa, T.** — Biting pressure measured with pressure measuring sheet. *Shika Rikogaku Zasshi*, 21: 194-200, 1980.
- Jenkins, G.N.** — The Physiology of the Mouth. Blackwell Scientific Publications, 1970.
- Linderholm, H., Lindqvist, B., Ringqvist, M., Wennström, A.** — Isometric bite force in children and its relation to body built and general muscle force. *Acta Odont. Scand.*, 29: 563-568, 1971.
- Linderholm, H., Wennström, A.** — Isometric bite force and its relation to general muscle force and body build. *Acta Odontol. Scand.*, 28, 679-689, 1970.
- Nyquist, G., Owall, B.** — Masticatory load registrations during function. A methodological study. *Odont. Rev.*, 19, 45-54, 1968.
- Ramfjord, S.P., Ash, M.A.** — Occlusion. J. Prentice-Hall Edition, Paris, 1975.
- Ringqvist, M.** — Isometric bite force and its relation to dimensions of the facial skeleton. *Acta Odont. Scand.*, 31: 35-42, 1973.
- Tueller, V.M.** — The relationship between the vertical dimension of occlusion and forces generated by closing muscles of mastication. *J. Prosthet. Dent.*, 22: 284-288, 1969.
- Vander, A.J., Sherman, J.H., Luciano, D.S.** — Physiologie Humaine. Mc Graw Hill Edition, Montreal, 1989.
- Van Eijden, T.** — Jaw muscle activity in relation to the direction and point of application of bite force. *J. Dent. Res.*, 69: 901-905, 1990.
- Van Steenberghe, D., De Vries, J.H.** — The development of a maximal clenching force between two antagonistic teeth. *J. Periodont. Res.*, 13: 91-97, 1978.
- Winders, R.V.** — A study in the development of an electronic technic to measure the forces exerted on the dentition by the periodontal and lingual musculature. *Am. J. Orthod.*, 48: 645-657, 1956.
- Woda, A.** — Abrégé de Physiologie Oro-faciale. Masson Edition, Paris, 1983.
- Wornes, H.K.** — Gnathodynamics. *Austral. J. Dent.*, vol. 43, 11: 381-393, 1939.

**Corresponding author:**

A. Dheyriat  
Laboratoire d'Etude des Interfaces en Odontologie -  
Faculté d'Odontologie  
Rue Guillaume Paradin  
69372 Lyon Cedex 08