

L'évolution de la mâchoire inférieure et de l'articulation des mâchoires, des reptiles à l'homme

J. DELAIRE

Service de Stomatologie, Hôtel-Dieu, 44035 Nantes cedex

RÉSUMÉ

L'évolution de la mâchoire inférieure et de l'articulation des mâchoires, des reptiles à l'homme

L'évolution des mâchoires est caractérisée par la transformation des os angulaire et articulaire et carré des reptiles (en, respectivement, os tympanique, marteau, et enclume de l'oreille moyenne), et l'augmentation spécifique du volume de l'os « dentaire » (qui forme la totalité de la mandibule des Mammifères).

Cette évolution, dépend essentiellement de celles de la station la locomotion, et la mastication, qui ont provoqué simultanément 1) le déplacement des régions temporales, 2) une transformation de la forme de la face, avec abaissement et élargissement de la mâchoire inférieure, 3) une distension (« *élongation* ») des sutures qui unissaient les divers os de la mâchoire reptilienne, entraînant progressivement leur *séparation* et leur *orientation transversale*.

Ces transformations ont été accentuées par la bipédie. Ainsi, chez l'homme, les A.T.M. sont très externes et haut situées, proches des mastoïdes. Les condyles mandibulaires sont allongés transversalement avec un « porte à faux » interne. La partie interne du ménisque est attirée en dedans par le ptérygoïdien latéral, tandis que sa partie externe est tirée en dehors par les fibres du temporal et du masseter. Les branches montantes sont verticales, et proches du rachis cervical. Les arcades dentaires sont très reculées sur leurs bases osseuses et ont perdu leur butée antérieure. Le maximum des forces occlusales est reporté à la partie postérieure des arcades et se transmet verticalement au ménisque intra-articulaire.

Tous ces phénomènes, représentent des « *adaptations extrêmes* » ne pouvant (semble-t-il) être dépassées sans souffrance des A.T.M.

On peut en déduire les « *facteurs architecturaux de surcharge* » de ces articulations, ceci par comparaison avec les conditions architecturales « idéales » de l'équilibre cranio-facial.

SUMMARY

Evolution of the mandible and the jaw joint from reptiles to man

The evolution of the mandible shows two characteristic features: transformation of the angular, articular and square bones in reptiles into the tympanic bone, malleus and incus of the middle ear respectively; and specific volume expansion of the tooth-bearing bone which in mammals comprises the entire mandible.

Posture, locomotion and mastication are the basic evolutionary factors which simultaneously provoked 1) a displacement of the temporal regions, 2) a transformation of the face lowering and widening the lower jaw and 3) an elongation of the sutures uniting the different bones in the reptile jaw bone, progressively leading to their separation and transversal orientation.

These transformations were accentuated in the biped. Thus in man the temporomandibular joint is in a very lateral and elevated position near the mastoids. The mandibular condyles are elongated transversally with a medial cantilever. The medial part of the meniscus is drawn medially by the lateral pterygoid while the lateral part is drawn laterally by the temporal and masseter fibers. The ramus is oriented vertically and lies close to the cervical spine. The dental arches are displaced posteriorly on the bone and have lost their anterior abutment. The strongest occlusal forces are displaced to the posterior part of the arches and are transmitted vertically to the intra-articular meniscus.

All these phenomena are termed extreme adaptations and the temporomandibular joint would (apparently) suffer if the evolution continued.

The architectural features of temporomandibular joint overload can be deduced by comparison with the « ideal » architectural conditions for the craniofacial equilibrium.

La connaissance du passé facilite la compréhension du présent.

Il en est ainsi, en ce qui concerne la mandibule et les articulations temporo-mandibulaires humaines,

dont l'origine, la nature exacte, le fonctionnement et les troubles (fréquents) dépendent fondamentalement des conditions particulières de leur naissance et de leurs transformations liées à l'hominisation céphalique.

Dans l'évolution des mâchoires, le rôle des gènes « spécifiques » est indéniable (4, 5, 6, 7). Delattre

et Fenart (3) et Leroi-Gourhan (14, 15, 16) ont cependant démontré que l'évolution de l'ensemble de la « construction céphalique » et l'état de chacune de ses parties dépendent essentiellement de la station *, la locomotion **, et la mastication ***.

Les forces provenant de ces fonctions « fondamentales » ont d'abord provoqué la naissance de l'articulation mammalienne, puis les modifications particulières à la mandibule humaine.

NAISSANCE DE L'ARTICULATION MAMMALIENNE

La mâchoire inférieure des reptiles et celle des mammifères sont très différentes (2, 10, 20). Ces différences sont même si nettes qu'elles sont à la base de l'individualisation de ces deux classes de vertébrés (21) ****. En effet, la mâchoire inférieure des reptiles est formée de plusieurs os alignés mésio-distalement (fig. 1A) : le dentaire, l'angulaire, le supra-angulaire, le coronoïde, le splénial, et l'articulaire, ce dernier articulé avec l'os carré (associé à la boîte crânienne).

La mâchoire inférieure des mammifères, au contraire, comporte un seul os (fig. 1B), le dentaire, articulé directement sur le squamosal (os crânien). L'angulaire, l'articulaire et l'os carré (complètement séparés de la mandibule), sont devenus respectivement : le tympanique, le marteau, et l'enclume de l'oreille moyenne *****.

Les effets de la mastication sur la mâchoire des reptiles primitifs se manifestent très tôt, par le développement « extensif » de la partie postérieure de l'os dentaire (17), en rapport avec l'augmentation de la puissance des muscles masticateurs dont les insertions inférieures occupent progressivement la plus grande partie de la mâchoire (fig. 2). Les autres os,

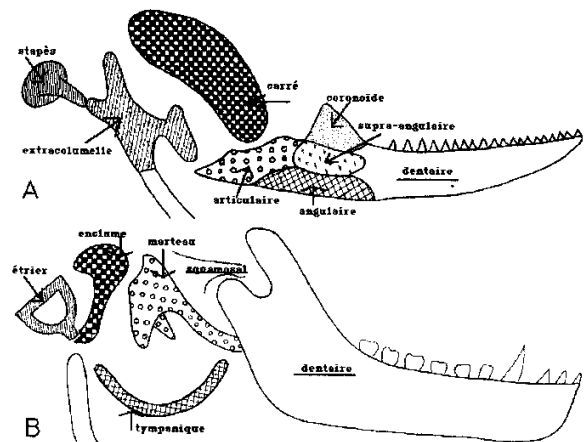


FIG. 1. — Représentation très schématique de la mâchoire inférieure et de l'articulation des mâchoires des reptiles et des mammifères (d'après Gaupp 1913.) A) Mâchoire de lépidosaure (articulation entre articulaire et carré). B) Mandibule de mammifère (articulation entre dentaire et squamosal).

reportés à la partie postérieure de celle-ci, deviennent de plus en plus petits. Ainsi, la forme générale de la mâchoire reptilienne se rapproche de plus en plus de celle des mammifères.

Les effets de la station (et la locomotion) ont été bien représentées par Delattre et Fenart (3) sous la forme de « rotations » postérieure (occipito-temporale) et antérieure (fronto-faciale). Elles provoquent :

— des déplacements des régions temporales (donc des articulations des mâchoires), dans les trois directions de l'espace : en avant, en haut, et en dehors.

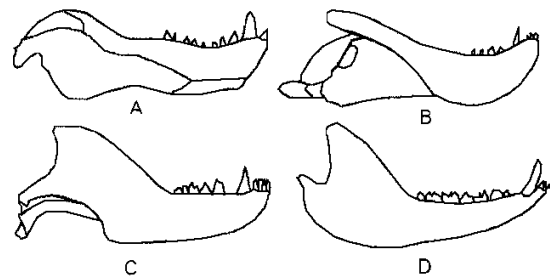


FIG. 2. — Accroissement de l'os dentaire avec l'augmentation de la puissance masticatoire, des reptiles primitifs au mammifère (d'après J. McLoughlin). A) Pélécosaure. B) Thérapside primitif. C) Thérapside évolué. D) Mammifère.

* « La cause première de l'évolution crânienne a été l'apparition de la station debout. L'homme, par conséquent, avant d'être un être pensant, a été un animal vertical » (Vallois H.V. in « L'homínisation de crâne » (Delattre A. et Fenart F.).

** « La simultanéité de l'apparition de la locomotion quadrupède dressée et de la différenciation dentaire » et « le lien entre crâne et station » « ouvrent la perspective d'une véritable paléontologie fonctionnelle qui hors de toute finalité, place au premier rang le problème de la technicité en général » (Leroi-Gourhan A.).

*** « Deux facteurs biologiques et extérieurs au crâne interviennent pour en modifier la morphologie. C'est, d'une part, le genre d'alimentation de l'animal qui, en modifiant le mode d'alimentation, transforme la mâchoire ; d'autre part, la position plus ou moins redressée du cou et du tronc, qui entraîne celle de la région postérieure du crâne » (A. Delattre et F. Fenart).

**** Les mammifères se définissent essentiellement « par la présence de l'articulation squamoso-dentaire » (Piveteau J., Lehman J.P., Dechaseaux C.), plus que par les poils, l'homéothermie et les glandes lactéales (autres caractéristiques des mammifères).

***** Ces notions ont été établies depuis longtemps : « l'homologie enclume-carré en 1818 par Carrus ; celle du marteau-articulaire en 1820 par Meckel, celle du tympanique-angulaire en 1905 par Van Kampen, et celle du processus (zone) d'attache des muscles sur le marteau avec le pré-articulaire par Gaupp en 1908 » (Devillers Ch.).

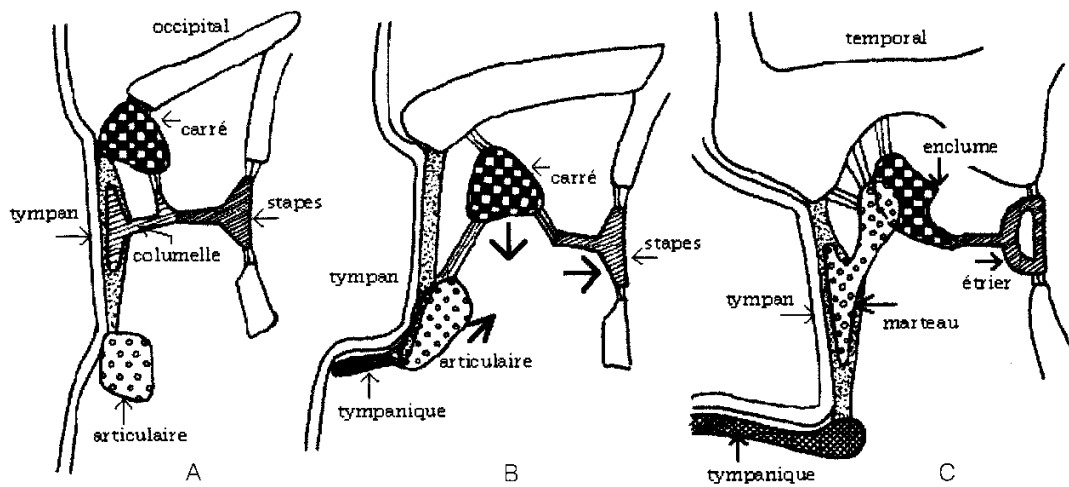


FIG. 3. — Représentation schématique des transformations de l'oreille moyenne, des Reptiles aux Mammifères.

— des déplacements des régions temporales (donc des articulations des mâchoires), dans les trois directions de l'espace : en avant, en haut, et en dehors.

— une diminution des dimensions sagittales de la face, avec augmentation de sa hauteur, abaissement et élargissement de la mâchoire inférieure.

Il en résulte obligatoirement une distension (« élongation ») des sutures qui unissent les divers os de la mâchoire reptilienne, entraînant progressivement leur séparation et leur orientation transversale (fig. 3).

Ainsi, l'os carré se sépare de l'occipital, migre en avant (au dessous du temporal), et devient l'enclume. L'articulaire (resté uni au carré) se situe plus en dehors et devient le marteau. Les deux os s'intercalent transversalement entre le tympan (en dehors) et le stapes (devenu l'étrier), formant ainsi la chaîne des osselets de l'oreille moyenne. L'angulaire, ayant perdu toute attache avec le dentaire, s'oriente transversalement (en arrière de lui), et forme la paroi antéro-inférieure du conduit auditif externe.

Ces faits sont démontrés par les modifications observées chez les Thérapside (il y a 230 millions d'années), dont le mode de déplacement et l'anatomie générale étaient déjà très proches de ceux des quadrupèdes actuels. Chez les plus évolués d'entre eux il existait, en effet, une double articulation mandibulaire : reptilienne en dedans (entre articulaire et carré) et mammalienne en dehors (entre squamosal et dentaire). Cette double articulation a été décrite, en particulier (21), chez *Diarthrogathus* (fig. 4A), *Probai-*

nognathus, et *Eozostrodon* (fig. 4B)*. Les stades évolutifs montrant le développement du dentaire et le remplacement progressif de l'articulation « carré-articulaire » par une articulation « temporo-articulaire » au cours du passage des Reptiles aux Mammifères, ont été bien schématisés par Parrington et Westoll [in Fenart G. (9)] (fig. 5).

Chez les mammifères quadrupèdes, la forme générale de la mandibule et l'état de ses différentes parties varient nettement en fonction de leur mode d'alimentation (8)**. Dans toutes les espèces animales, cependant, le condyle est toujours petit par rapport au reste du ramus (fig. 6), en particulier par rapport au coroné (très développé chez les carnivores) et/ou à l'angle mandibulaire (plus développé chez les herbivores et les rongeurs).

De ces phénomènes évolutifs, on retiendra que :

— le condyle mandibulaire résulte de l'extension en arrière du ramus et en particulier du coroné (13)*** ;

— l'articulation temporo-mandibulaire est née de l'augmentation des forces masticatoires (en rapport avec l'homéothermie) et de la quadrupédie ;

* « Les découvertes récentes semblent prouver que les thérapside à double articulation mandibulaire ont été relativement assez fréquents ». (Piveteau).

** En particulier la tête du condyle, allongée transversalement chez les carnivores, sagittalement chez les rongeurs, plus arrondie chez les omnivores.

*** Chez *Probainognathus jenseni*, où l'articulation squamoso-dentaire (temporo-mandibulaire) est à l'état naissant, « le bord postérieur de l'apophyse coronéide, très forte, envoie vers l'arrière un prolongement en lame triangulaire qui s'applique sur la face externe du surangulaire, se terminant presque à l'extrémité distale de cet os. Cet éperon du dentaire arrive ou presque au contact du squamosal. Or, c'est là le point capital pour l'évolutionniste, le squamosal en face de cet éperon présente une dépression qui paraît être l'ébauche d'une fosse glénoïde. Ainsi, on saisit le stade qui précède de peu, de très peu, l'articulation dentaire-squamosale qui caractérise, au plus haut point, la structure mammalienne » (Grassé).

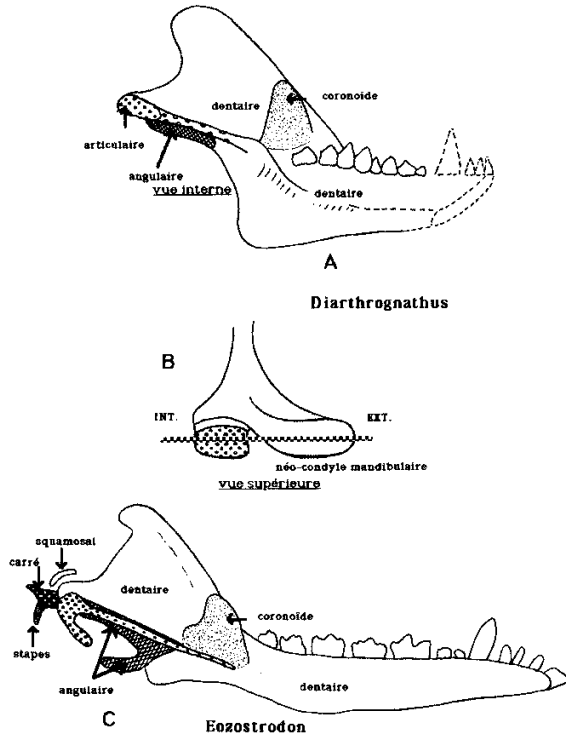


FIG. 4. — Représentation schématique des mâchoires, à double articulation, de thérapsides évolués. A, B) *Diarthrognathus* vue latérale et verticale : le néo-condyle du dentaire (en dehors) et la tête de l'articulaire (en dedans) sont sur le même axe. C) *Eozostrodon* (Rhétien) vue interne. (d'après Parrington).

— c'est bien une « suture ouverte » (1). Plus précisément c'est l'ancienne suture dento-angulaire « disloquée ». Ainsi, tous les constituants de l'A.T.M. sont de la même nature « membraneuse », notamment le ménisque intra-articulaire et le « cartilage condylien qui, en fait, n'est que du « périoste chondrifié » sous l'influence des effets mécaniques qui s'exercent sur lui.

HOMINISATION DE LA MANDIBULE ET DE L'A.T.M.

De nouvelles transformations se produisent avec la bipédie, et ceci d'autant plus que la station et la locomotion sont plus érigées.

Chez homo sapiens-sapiens, où l'hominisation est la plus avancée, les phénomènes liés à ces fonctions, se sont ainsi considérablement accentués.

DANS LE SENS TRANSVERSAL (fig. 7 et 8)

Les parties externes de l'A.T.M. sont nettement éloignées du plan médian et des reliquats de l'an-

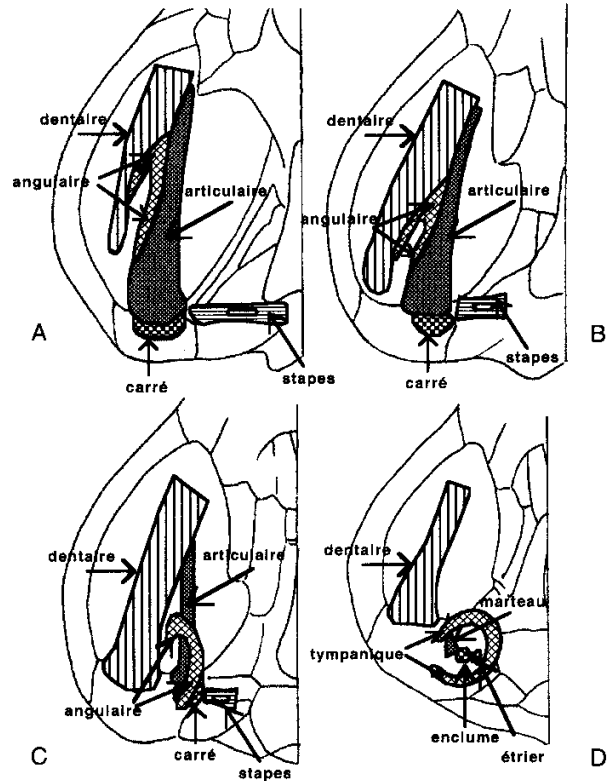


FIG. 5. — Développement du dentaire et remplacement de l'articulation carré-articulaire par une articulation temporo-dentaire, au cours du passage des Reptiles aux Mammifères. A et B) *Cynodontes*. C) *Ictidosaurien*. D) Stade réalisé en grande partie chez *Galeopithecus* (mammifère euthérien). (d'après Parrington et Westoll).

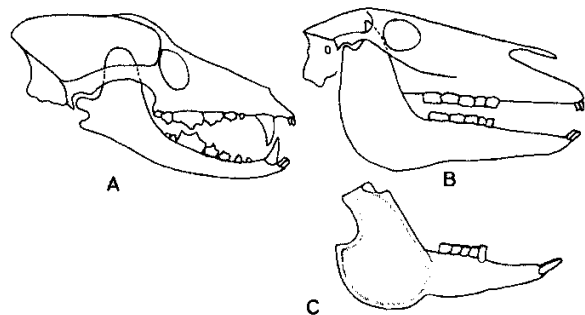


FIG. 6. — Exemples de différences de la forme des mâchoires selon l'alimentation chez les Mammifères. A, B) Les « modèles » carnivore et herbivore (selon E.L. Du Brühl). C) Mâchoire d'un lapin. A Noter : chez le carnivore (A) l'important développement du coroné, des canines et des molaires (les condyles sont orientés transversalement) ; chez l'herbivore (B) l'important développement de l'angle, l'aplatissement de la face occlusale des molaires, l'existence d'une zone édentée en avant de ces dents ; chez le rongeur (C) le développement spécifique de la partie postérieure de l'angle mandibulaire (les condyles sont orientés sagittalement).

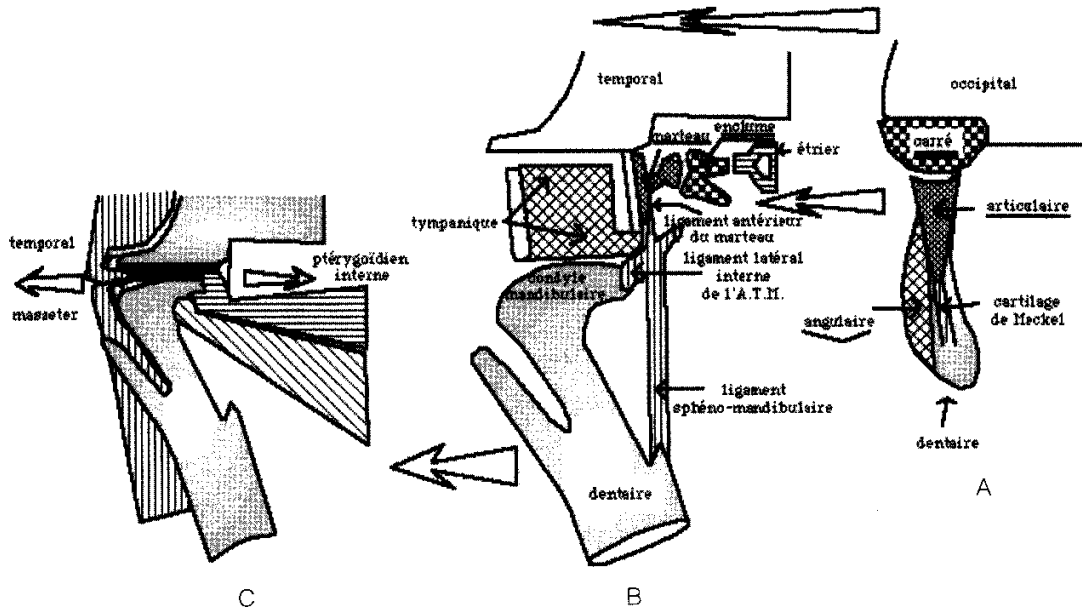


Fig. 7. — L'hominisation de l'A.T.M. (représentation très schématique). Vue frontale. A) Reptiles. B) Homo : les reliquats de l'articulation mammalienne sont en dedans et orientés transversalement. C) Sens des tractions musculaires sur le ménisque intra-articulaire.

cienne articulation reptilienne : enclume, marteau, ligament « malléo-mandibulaire » (11-12) *.

Cet éloignement s'exagère encore, de la naissance à l'âge adulte, provoquant l'allongement transversal de la tête du condyle, dont le pôle externe est dans le prolongement du ramus alors que son pôle interne reste à proximité immédiate de l'insertion supérieure du ligament sphéno-mandibulaire **. L'importance de ce porte à faux, particulière au genre homo, résulterait (au moins en partie) de l'externation (22) des parties latérales du crâne, due à l'expansion du cerveau humain. On peut invoquer, aussi, l'écartement des branches montantes et des angles mandibulaires provoqué par la chute en bas et en arrière du massif lingual, propre à l'espèce humaine.

Cet « écartement » des A.T.M. observé au cours de la phylogénèse (et aussi de l'ontogénèse), fait partie de la « rotation occipito-temporale » décrite par Delattre et Fenart (fig. 7B).

Les deux chefs du muscle ptérygoïdien latéral s'insèrent sur ce pôle interne du condyle (à proximité immédiate du ligament latéral interne) et sur la partie

la plus interne du ménisque intra-articulaire ** puis s'orientent très obliquement en avant et en dedans ***. Les insertions méniscales du temporal et du masseter s'effectuent, au contraire, sur les parties antéro-externe du ménisque et tirent celui-ci en dehors (fig. 7C).

DANS LES SENS SAGITTAL ET VERTICAL (fig. 9)

Chez l'homme, les dimensions sagittales de la face ont beaucoup diminué (elle s'implante seulement au niveau de la moitié antérieure de la base du crâne) ; par contre, sa hauteur s'est accrue considérablement, ceci symétriquement de part et d'autre du plan palais osseux-articulation occipito-rachidienne (18 et 19). Les A.T.M., solidaires des pyramides ptérygoïdes, sont haut situées, à distance de l'angle et de la partie postérieure du corps mandibulaire. Elles se projettent juste en avant de la pente basilaire de l'occipital (les mastoïdes, développées verticalement,

* Formé par le ligament antérieur du marteau et le ligament sphéno-mandibulaire, tous deux situés hors (en dedans) de l'A.T.M. et unis au ligament latéral interne de celle-ci. (2) et du temporal.

** Reliquat de la gaine du cartilage de Meckel.

*** Le ligament « disco-malléaire » (12), intra-articulaire, né à la jonction tiers moyen-tiers médial du bourrelet postérieur du disque articulaire et situé dans le prolongement des insertions du chef supérieur du muscle ptérygoïdien latéral correspond vraisemblablement à une différenciation localisée du bourrelet méniscal postérieur.

**** Et en bas, pour leurs fibres les plus inférieures.

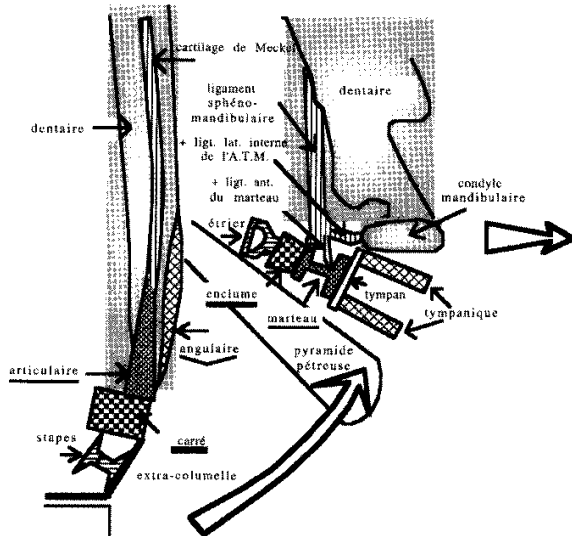


FIG. 8. — L'hominisation de l'A.T.M. (représentation très schématique), Vue verticale. A) Reptiles. B) Homo. Au cours de l'évolution, l'A.T.M. se déplace en avant et en dehors. Les éléments de la mâchoire reptilienne, orientés sagittalement, se séparent, se déplacent et s'orientent transversalement.

sont à peu de distance en arrière d'elles). Les branches montantes sont orientées verticalement et leur bord postérieur se projette juste en avant de l'arc antérieur de l'atlas. L'apophyse condylienne et le coroné ont sensiblement la même longueur. Le sommet de l'angle mandibulaire est en regard du bord inférieur de la 2^e vertèbre cervicale. Le maxillaire et le corps de la mandibule sont très raccourcis.

Les arcades dentaires, « pressées » en avant par les muscles superficiels de la face et « aspirées » en arrière par la chute du massif lingual, sont reculées sur leur bases squelettiques. Ce recul s'accompagne d'un phénomène très important : la « rentrée dans le rang » des canines dont les pointes cuspidiennes ne dépasse plus le niveau des autres dents.

De ce fait elles ont perdu leur fonctions (essentielles) de « butée antérieure », empêchant le recul de la mandibule et protégeant l'A.T.M.*. Les forces occlusales, reportées à la partie postérieure des arcades, sont transmises verticalement à celle-ci.

En résumé, chez l'homme, les A.T.M. sont très externes et haut situées, proches des mastoïdes. Les condyles mandibulaires sont allongés transversalement avec un « porte à faux » interne. La partie interne du ménisque est attirée en dedans par le ptérygoïdien latéral, tandis que sa partie externe est tirée

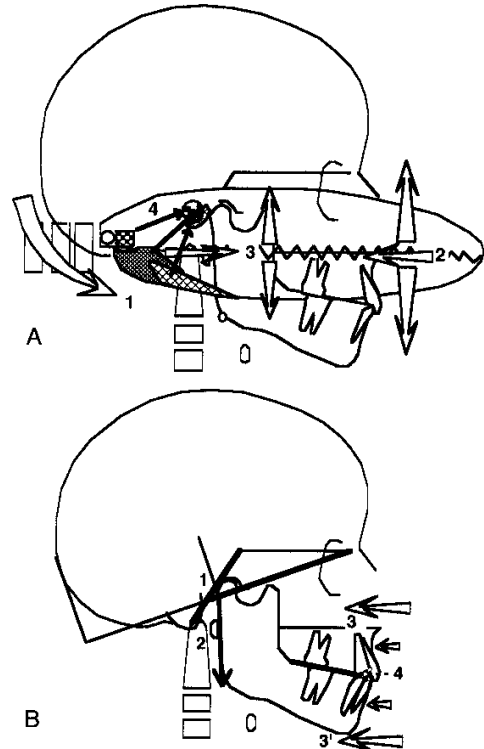


FIG. 9. — L'hominisation de l'A.T.M., des Reptiles à Homo. Phénomènes évolutifs dans les sens vertical et sagittal. A) 1 : verticalisation du rachis cervical ; 2 et 3 : réduction des dimensions sagittales de la face, avec augmentation de ses hauteurs antérieure et postérieure ; 4 : avancée et ascension de l'articulation des mâchoires et de l'oreille moyenne. B) 1 : proximité de la pente basilaire et de l'A.T.M. ; 2 : parallélisme et proximité de l'apophyse odontoïde et du bord postérieur du ramus ; 3 et 3' : raccourcissement des mâchoires et recul des arcades alvéolo-dentaires sur leurs bases osseuses ; 4 : canines dans l'alignement des autres dents.

en dehors par les fibres du temporal et du masseter. Les branches montantes sont verticales, et proches du rachis cervical. Les arcades dentaires sont très reculées sur leurs bases osseuses et ont perdu leur butée antérieure. Le maximum des forces occlusales est reporté à la partie postérieure des arcades et se transmet verticalement aux ménisques intra-articulaires.

Tous ces phénomènes, représentent des « adaptations extrêmes » à la station (et à la locomotion) verticale, ne pouvant (semble-t-il) être dépassées sans souffrance des A.T.M.

On peut en déduire les « facteurs architecturaux de surcharge » de ces articulations, ceci par comparaison avec les conditions architecturales « idéales » de l'équilibre crânio-facial (fig. 10) :

* Ce blocage antérieur existe chez la plupart des mammifères à l'exception des herbivores et des rongeurs.

— recul du condyle, par rapport à la pente basilaire occipitale et de l'ensemble de la mandibule par rapport au rachis ;

— orientation trop verticale du condyle et des branches montantes ;

— raccourcissement du corps de la mandibule et/ou recul de l'arcade dentaire inférieure (sur sa base mandibulaire) par rapport au maxillaire et à l'arcade dentaire antagoniste ;

— ascension et horizontalisation du plan d'occlusion des molaires (secondaires à l'augmentation des forces masticatoires par bruxisme et/ou tensions psychologiques).

On peut y ajouter :

— certaines particularités anatomiques (élargissement de la face) et les asymétries crânio-faciales (favorisant la surcharge d'un côté, par rapport à l'autre) ;

— éventuellement des malformations et/ou troubles de la posture du rachis cervical ;

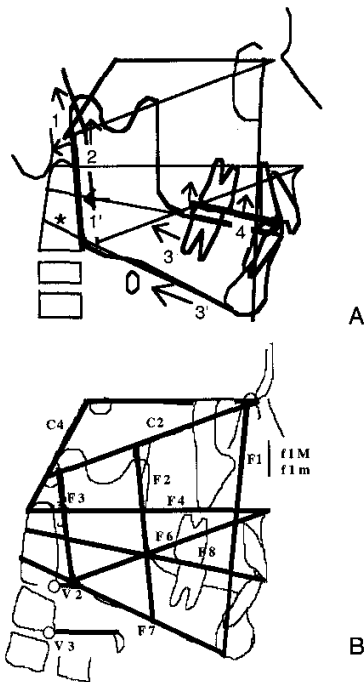


FIG. 10. — Les « facteurs architecturaux de surcharge » des A.T.M. (A), par comparaison avec l'équilibre architectural « idéal » de la face. 1 : recul du condyle par rapport à la pente basilaire occipitale ; 1' : recul du bord postérieur du ramus par rapport à l'arc antérieur de l'atlas et à la partie antérieure de l'apophyse odontoïde ; 2 : orientation trop verticale du condyle ; 3 : recul de l'arcade dentaire inférieure (sur sa base mandibulaire) et/ou raccourcissement du corps de la mandibule (3') par rapport au maxillaire et à l'arcade dentaire antagoniste. 4 : ascension et horizontalisation du plan d'occlusion des molaires (secondaire à l'augmentation des forces masticatoires, par bruxisme ou tensions psychologiques).

Ces facteurs sont bien mis en évidence par la céphalométrie architecturale crânio-faciale (fig. 11 et 12).

CONCLUSIONS

Les articulations temporo-mandibulaires sont nées de la quadrupédie. Leurs ennuis proviennent de la bipédie, la station totalement « érigée », et des adaptations dento-squelettiques extrêmes qui en ont résulté. Lorsque celles-ci sont « dépassées », des troubles articulaires peuvent en résulter.

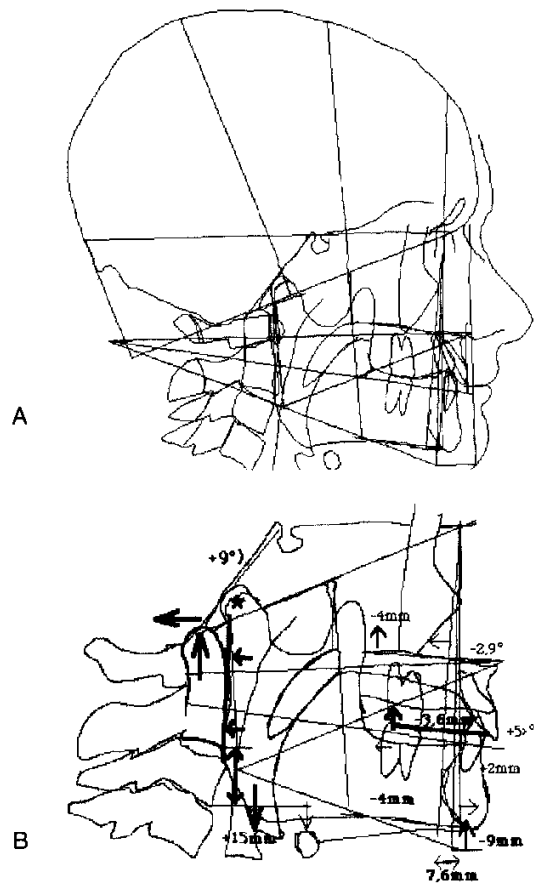
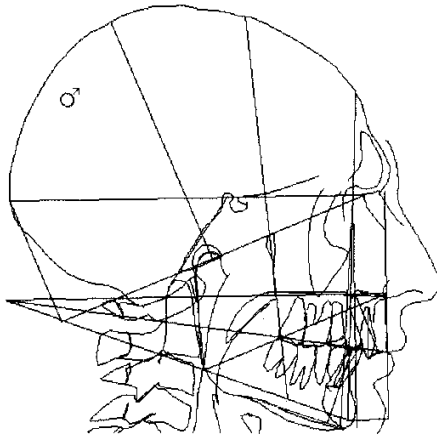
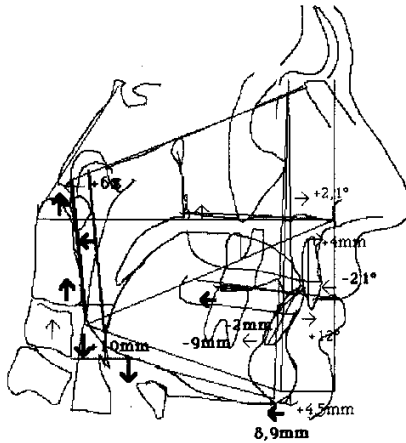


FIG. 11. — S.A.D.A.M. Observation Dr Alley) : Allongement du champ crânio-facial ; ouverture de l'angle sphénoïdal ; ascension du sommet de l'odontoïde ; ascension asymétrique d'un condyle mandibulaire ; recul mandibulaire global avec superposition du bord postérieur des ramus et de l'arc antérieur de l'atlas ; malocclusion de classe II ; hypertrophie (avec abaissement considérable) de l'angle mandibulaire = augmentation des forces masticatrices ; « short face » avec ascension du corps mandibulaire, du plan occlusal et du palais secondaire. A) Analyse architecturale crânio-faciale. B) Les facteurs de surcharge des A.T.M.



A



B

FIG.12. — S.A.D.A.M. (Observation Dr Griffol) : Allongement du champ crânio-facial ; Ascension du rachis cervical et de l'écaïlle de l'occipital ; asymétrie des têtes condyliennes ; rétromandibulie « globale », avec superposition bord post. ramus-arc antérieur de l'atlas ; malocclusion de classe II-2 avec blocage incisif (palatoversion incis. sup.) ; promaxillie ; brachycorpie ; rétroalvéolie et vestibulo-version incis. inf ; abaissement de l'os hyoïde. A) Analyse architecturale crânio-faciale. B) Les facteurs de surcharge des A.T.M.

En présence de toute dysfonction des A.T.M, le clinicien devra rechercher ces « anomalies adaptati-

ves », liées à des troubles des postures céphaliques et/ou de la mastication, et en tenir compte dans sa thérapeutique.

RÉFÉRENCES

1. COULY G. Morphogénèse de l'articulation temporo-mandibulaire : réflexions, invariants et applications. *Act Odontol* 1979 ; 128 : 793-809.
2. CROMPTON AW, PARKER P. Evolution of the masticatory apparatus. *Am Scientist* 1978 ; 60 : 192-201.
3. DELATTRE A. et FENART F. L'homínisation du crâne, Editions du CNRS, 15 quai Anatole France. Paris VII^e, 1960.
4. DEVILLERS C. La genèse des mammifères. *La Recherche* 1961 ; 12-122 : 580-89.
5. DEVILLERS C. *Traité de Paléontologie*. Masson 1961 ; Paris.
6. DEVILLERS C. Problèmes actuels de Paléontologie (Evolution des vertébrés) *Ed. du C.N.R.S.* 1962 ; 205-13.
7. DEVILLERS C. et MAHE J. Mécanismes de l'évolution Animale. Masson 1980 ; Paris.
8. DU BRUL LLOYD E. Early Hominid Feeding Méchanisms 1. *American journal of physical anthropology* 1977 ; 47 : N° 2.
9. FENART G. Etude « Vestibulaire » de la chaîne ossiculaire de l'oreille des Mammifères. Problèmes étiologiques soulevés par son homínisation. *Thèse Médecine* 1982 ; Lille.
10. GAUPP E. *Arch F Anat U Entw Gesch* 1913 ; suppl V. 1-416.
11. GOLA R, CHOSSEGROS C, ORTHLIEB JD. Appareil discal de l'articulation temporo-mandibulaire. *Rev Stomatol Chir Maxillo-fac* 1991 ; 93 : 236-45.
12. GOLA R, CHOSSEGROS C, CHEYNET F. Les ligaments oto-mandibulaires : ligaments disco-malléaire et malléo-mandibulaire. *Rev Stomatol Chir Maxillo-fac* 1997 ; 98 : 66-71.
13. GRASSÉ PR. L'évolution du vivant. *Ed. Albin-Michel* 1973 ; Paris.
14. LEROI-GOURHAN A. Tracés d'équilibre mécanique du crâne des vertébrés terrestres. *Thèse Doctorat-Faculté des sciences* 1955 ; Paris.
15. LEROI-GOURHAN A. Du quadrupède à l'homme (station face et denture). *Revue Française d'Odonto-Stomatologie* 1955 ; 2 : 1021-33.
16. LEROI-GOURHAN A. Mécanique vivante Le crâne des vertébrés du poisson à l'homme. *Fayard éditeur* 1983 ; Paris.
17. LOUGHLIN JMc. Synapsida. *Viking Press* 1980 ; N.Y.
18. MUZJ E. Musical and Architectural Proportions in the Anatomy of the Facial System An Anthropologic Approach. *Angle Orthodontist* 1982 ; 52 : 177-210.
19. MUZJ E. Oro-facial anthropometrics. *Index Pub. Co. Hempstead* 1970 ; New York.
20. PARKER HW, BELLAIRS A. Les Amphibiens et les Reptiles. La grande Encyclopédie de la Nature. *Bordas* 1969 ; Tome 9. Paris.
21. PRIVETEAU J, LEHMAN JP, DECHASEAU C. Précis de paléontologie des vertébrés. *Masson* 1978 ; Paris.
22. SAKKA M. Anatomie comparée et fonctionnelle de l'ensemble anatomique de la nuque et de la voûte du crâne chez les Hominidés et les Pongidés. *Thèse doctorat d'Etat es sciences Naturelles*. 1974 ; Paris.