

RADIOLOGIE MODERNE ET CRANES FOSSILES

par

Jan WIND * et Frans W. ZONNEVELD **

INTRODUCTION

L'anatomiste est naturellement porté à voir une corrélation directe entre forme et fonction. Or, chez les espèces vivantes la relation forme/fonction peut se prêter relativement facile, l'homme étant un exemple clair. Mais il surgit un problème lorsque les objets d'étude sont des fossiles. Parce que dans ce cas là, nous ne disposons que de quelques indications de la morphologie et ce n'est que par extrapolation à partir d'observations faites sur des espèces modernes qu'un lien hypothétique peut être tracé avec la fonction. Cependant, les questions les plus intrigantes posées par les restes fossiles sont celles précisément relatives à la fonction. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne nos ancêtres directs. En effet, la plupart des paléontologues qui travaillent sur des restes d'hominidés fossiles se demandent comment et dans quel mesure la morphologie reflète la fonction; par exemple, comment nos ancêtres se sont-ils comportés, quel était leur mode de vie, etc.

Divers éléments opposent l'étude morphologique des ancêtres de l'homme à celle appliquée aux hommes actuels: (1) le nombre de spécimens est extrêmement limité, (2) le matériel est généralement détérioré, (3) les spécimens sont souvent considérés comme tellement précieux que les possibilités d'examen sont très limitées. Par exemple, il est, le plus souvent, difficile d'obtenir la permission de toucher les fossiles et ils ne peuvent être examinés que de l'extérieur. Il y a au moins un autre problème sur lequel je reviendrai plus loin.

En conséquence des critères décrits ci-dessus, on a essayé de regarder l'intérieur des spécimens par des méthodes non contraignantes, par exemple en utilisant des ondes électromagnétiques qui pénètrent à l'intérieur du spécimen. Bien entendu, dans la pratique clinique, ceci est réalisé par l'utilisation des rayons X. Traditionnellement, ces rayons X ont montré leur grande utilité pour l'analyse interne de la morphologie relativement simple du squelette post-crânien des hominidés. Cependant, habituellement les crânes sont considérés comme la partie la plus intéressante puisqu'ils témoignent d'un grand nombre de fonctions qui fascinent précisément le paléo-anthropologiste.

* Institute of Human Genetics, Free University - Amsterdam and Anatomical Institute, University of Groningen. Free University, Medical Faculty, Institute of Human Genetics, P.O. Box 7161, 1007 MC Amsterdam, The Netherlands.

** Department of Diagnostic Radiology, University Hospital - Utrecht, The Netherlands.

Dans cette contribution, nous allons nous occuper des fonctions qui peuvent être déduites de la structure des os temporaux. En effet, dans la recherche sur l'origine du langage (WIND, 1976, 1983) il devint évident qu'en dépit du manque d'enregistrement de voix d'hominidés, on trouve néanmoins des parties essentielles des microphones d'enregistrement utilisés à ces époques et adaptés aux voix de nos ancêtres (WIND, 1978). Ces "microphones" sont évidemment les oreilles dont le spectre sonore, dans la plupart des espèces, coïncide avec le spectre de leur vocalisation, car elles furent utilisées le plus intensément pour la communication intra-spécifique. Ceci signifie que si nous étions capables de reconstituer l'ensemble de l'oreille moyenne et interne des hominidés fossiles, nous pourrions aussi reconstituer plusieurs de leurs caractéristiques physiques d'écoute.

Une deuxième propriété qui peut répondre à une question importante pour les paléo-anthropologistes est fournie par le canal semi-circulaire latéral, car dans la plupart des vertébrés, il possède la même position par rapport à la direction de la gravité et peut donc être utilisé comme indication sur la position habituelle de la tête de nos ancêtres (GIRARD, 1923; FENART et EMPEREUR-BUISSON, 1970). Troisièmement, on pourrait se demander si le diamètre du canal facial peut servir d'indication du diamètre du nerf facial et peut donc être utilisé dans la reconstitution de la mobilité faciale de nos ancêtres. Cette mobilité est généralement considérée comme étant très importante dans la communication intra-spécifique des primates.

Quels sont donc les problèmes à surmonter lorsqu'on réalise la reconstitution de la morphologie interne des os temporaux chez les hominidés fossiles? Outre les trois problèmes mentionnés ci-dessus, il en reste d'autres. Comme dans chaque crâne de primate, les parties caractéristiques des structures intra-temporales sont obscurcies par leur morphologie compliquée, par leur étroite proximité (provoquant les superpositions dans les radiographies traditionnelles) et par leurs petites dimensions. Or, diverses restrictions relatives à l'analyse morphologique des crânes fossiles s'appliquent aussi à l'analyse clinique. La solution est apportée, dans le cas d'analyse clinique, par l'utilisation de la tomographie radiologique dans laquelle des tranches du corps examiné peuvent être reconstituées.

Il n'est donc pas étonnant que de telles tomographies furent appliquées aussi aux crânes fossiles. Les résultats furent néanmoins assez décevants, particulièrement à cause du taux important de minéralisation propre à la plupart des fossiles. Ceci est dû aux minéraux, tels que le calcium et le silicium, qui ont imprégné les ossements durant de nombreux milliers, voire de millions d'années de fossilisation. Lorsqu'ils sont minéralisés à ce point, les spécimens apparaissent, à la radiographie, comme un bloc de pierre et de ce fait la radiographie traditionnelle ou la tomographie ne fournissent qu'une figure blanchâtre avec très peu de contrastes. Ce phénomène est illustré à la figure 1.

Une solution à ce problème est apportée par la tomographie informatisée. Comme ce fut illustré par Zonneveld (1985), la troisième génération de CT-scanners est capable d'accroître le contraste grâce à un programme informatique particulier. Ceci permet de reconstituer les structures intra-temporales inaccessibles par la radiographie traditionnelle. De plus, cette technique permet de reconstituer le détail des structures intra-temporales de telle sorte qu'on reconnaît les osselets et d'autres structures de dimensions très réduites. Par contre, les premiers scanners ne fournissaient qu'un degré de précision assez bas qui ne nous aidait guère dans l'analyse des crânes fossiles (Fig. 2).

Il y a bien sûr des crânes fossiles moins imperméables à la radiographie traditionnelle: ceux qui furent traités par immersion dans une solution acide pendant un certain temps permettent l'application de la radiologie traditionnelle et fournissent un contraste beaucoup plus net car les minéraux en furent dissouts. Les conservateurs cependant ne traitent pas souvent leurs fossiles de cette façon car cela les rend plus fragiles (Fig. 3).

METHODES

Outre les difficultés dans l'examen des crânes fossiles mentionnées ci-dessus, on a le problème de "Mahomet et la montagne". Par ceci, nous voulons dire qu'il est aussi difficile de déplacer le crâne que le scanner, très lourd et très difficilement transportable. Ceci explique pourquoi c'est principalement une question de "logistique" d'appliquer le scanner aux crânes fossiles: par exemple la plus grande partie des crânes actuellement en Afrique orientale ne peuvent pas en être sortis pour être soumis au scanner. Il en résulte que, tenant compte de leur vaste distribution géographique, peu d'entre eux ont pu être analysés de cette manière. Voici les crânes que nous avons pu radiographier: 1: Taung (*Australopithecus africanus*), 2: STS 5 ou "Madame Ples" (*Australopithecus africanus*), 3: SK 46 (*Australopithecus robustus*), 4: Pithécantrope IV (*Homo erectus*), 5: Modjokerto (*Homo erectus*), 6: La Quina 5 (*Homo sapiens neanderthalensis*), 7: Broken Hill (*Homo sapiens archaïque*), 8: Gibraltar (*Homo sapiens*, pré-néandertalien), 9: Wadjak (*Homo sapiens sapiens*), 10: Olduvai Hominidé n° 9 (*Homo erectus*), 11: SK 48 (*Australopithecus*), 12: MLD 37/38 (*Australopithecus africanus*), 13: STW 53 (*Homo habilis*), 14: TM 1517 (*Australopithecus robustus*), 15: Sangiran 5 et 6 (*Homo erectus*). Aussi, des analyses au scanner ont été faites sur des crânes de chimpanzé, des gorilles et des orang-outans. Des exemples de radiographies sont donnés dans les figures 4 à 7. Pour des descriptions détaillées des analyses au scanner du Pithécantrope IV, voir WIND (1984). Descriptions des autres crânes sont dans WIND et ZONNEVELD (1985) et ZONNEVELD et WIND (1985).

CONCLUSION

Il apparaît donc que la dernière génération des CT-scanners est effectivement capable de fournir des images plus satisfaisantes des structures internes des os temporaux des hominidés fossiles. Grâce à sa programmation, le scanner est capable de fournir une grande précision dans la définition des contrastes ce qui est spécialement important pour les crânes d'habitude très minéralisés.

Jusqu'ici, les résultats indiquent que les os temporaux, y inclus les pétreux avec le labyrinthe, étaient largement similaires à ceux de l'homme actuel.

Ceci semble être confirmé par la comparaison anatomique et physiologique des organes d'équilibre et de l'oreille interne autant dans leurs fonctions que dans leur morphologie qui sont très largement similaires chez l'homme et chez les grands singes.

Cette recherche est en cours et il nous reste à espérer que des osselets seront découverts tels que ce fut le cas pour un crâne d'Australopithèque (RAK et CLARKE, 1979).

REMERCIEMENTS

Nous remercions B. Bichakjan, R.J. Clarke, E. Claus, J. Cook, E. Desmedt, Elscint Ltd., R. Fenart, P. Gerlings, H. Hacker, B.A. den Herder, R. Hoare, F. Hotton, A. Hughes, H.R. von Ilberg, H. Jackson, feu G. von Koenigswald, A. Kroon, W. Maier, R.D. Martin, G.R. Nep, E. Pantak, Philips U.K., Philips S.A., M. Plhak, M. Sakka, H. Saxton, C. Stringer, P.V. Tobias, J.C. de Valois, J. Vignaud, J. de Vos, E.S. Vrba, G. Wheeler, et B.A. Wood.

BIBLIOGRAPHIE

- FENART R. et EMPEREUR-BUISSON R., 1970. Application de la méthode "vestibulaire" d'orientation, au crâne de l'enfant du Pech de l'Azé, et comparaison avec d'autres crânes néandertaliens. *Mém. Arch. Inst. Paléont. Hum.*, 33/3, 89-148.
- GIRARD L., 1923. L'attitude normale de la tête déterminée par le labyrinthe de l'oreille. *Soc. Anthrop.*, Paris, 79, 99.
- RAK Y. and CLARKE R.J., 1979. Ear ossicle of *Australopithecus robustus*. *Nature*, 279, 62-63.
- WIND J., 1976. Phylogeny of the Human Vocal Tract. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 280, 612-630.
- WIND J., 1978. Fossil evidence for primate vocalizations? In: D.J. Chivers and K.A. Joysey (Eds.): *Recent Advances in Primatology*, vol. 3. Academic Press, Londres, pp. 87-91.
- WIND J., 1983. Primate Evolution and the Emergence of Speech. In: *Glossogenesis. The Origin and Evolution of Language and Speech* (E. de Grolier, A. Lock, C.R. Peters and J. Wind, Eds.). Harwood Academic Publishers, Paris, pp. 15-35.
- WIND J., 1984. Computerized X-ray Tomography of Fossil Hominid Skulls. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 63, 265-282.
- WIND J., 1985. CT-scanning of Fossil Hominid Skulls. *Acta Morphol. Neerl.-Scand.*, 23, 297-304.
- WIND J. and ZONNEVELD F., 1985. Radiology of Fossil Hominid Skulls. In: P. Tobias (Ed.): *The Past, Present and Future of Hominid Evolution*. Alan R. Liss, New York, pp. 437-442.
- ZONNEVELD F. and WIND J., 1985. High-resolution computed tomography of fossil hominid skulls. In: P. Tobias (Ed.): *The Past, Present and Future of Hominid Evolution*. Alan R. Liss, New York, pp. 427-436.
- ZONNEVELD F., 1985. Computed tomography; possibilities and impossibilities of an anatomical-medical imaging technique. *Acta Morphol. Neerl.-Scand.*, 23, 201-220.

splanchnocranium
fortement minéralisé

matrice de minéraux
sous l'arc du zygoma

boîte crânienne médiane

l'os pétreux gauche
minéralisé et fracturé

orifice occipital



FIGURE 1

Une radiographie classique du crâne STS 5 ("Madame Ples") attribué à une Australopithèque. Elle illustre la minéralisation et la superposition obscurcissant l'analyse des structures intra-temporales (d'après Wind, 1985, avec permission de l'éditeur).

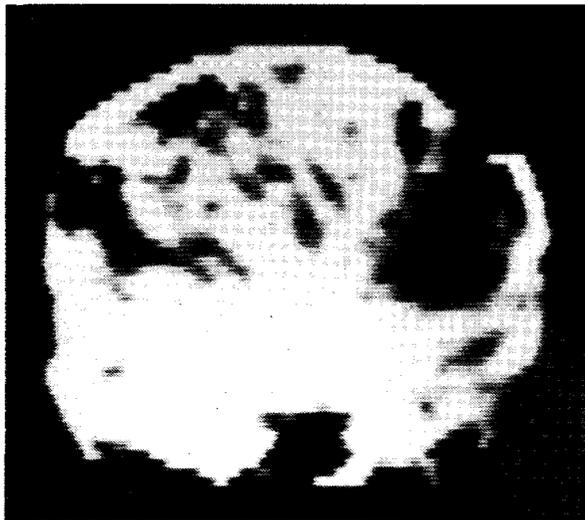


FIGURE 2

Une section coronaire du crâne de Modjokerto (Homo erectus). Cette radiographie fut faite avec un scanner de la première génération manifestant des images très grossières ne permettant pas de distinguer les structures intra-temporales (d'après Wind, 1985, avec permission de l'éditeur).

squame temporale
 conduit auditif interne
 canal semicirculaire supérieur
 système de cellules aériennes bien développé
 conduit auditif externe avec une pièce de fil de fer comme indicateur



FIGURE 3

Une radiographie classique du temporal gauche de SK 46, un Australopithèque robuste qui fut traité à l'acide. Par ce traitement les minéraux furent lessivés et les structures osseuses devinrent plus visibles. L'incidence est celui de Stenvers, selon l'axe longitudinal de la pyramide. Les altérations du crâne et le phénomène de superposition rendent cependant difficile une analyse correcte (d'après Wind, 1985, avec permission de l'éditeur).

squasme temporale
 fracture post mortem
 conduit auditif interne
 processus mastoïdien bien développé
 canal facial

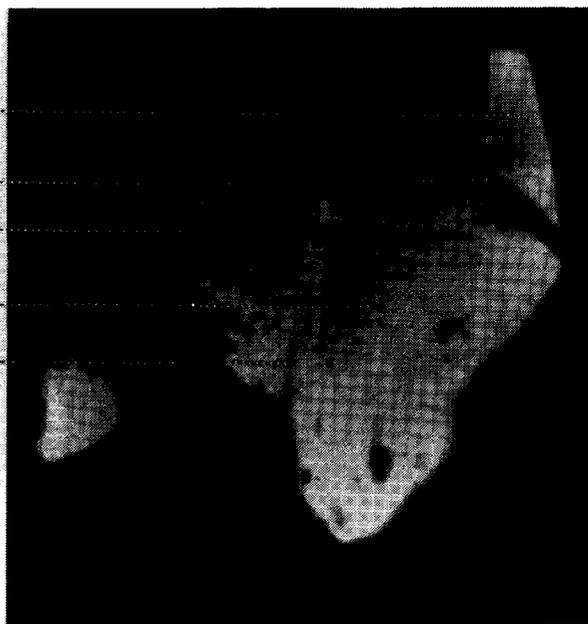


FIGURE 4

Une section coronale de l'os temporal droit du Pithécantropus IV (Homo erectus de Java) réalisée à l'aide d'un CT-scanner de la deuxième génération (Elsint 705). Elle montre que les structures intra-temporales, dans ce spécimen légèrement minéralisé, peuvent être distinguées d'une manière satisfaisante. Une description plus détaillée est donnée dans Wind (1984) (d'après Wind, 1985, avec permission de l'éditeur).



arcade sus-orbitaire
bien développée et sinus
frontal positionné en arrière

orbite gauche
cavité maxillaire
os pétreux gauche
(v. Fig. 6)
dents maxillaires

FIGURE 5

Une section sagittale gauche du crâne de Broken Hill, un spécimen d' *Homo sapiens* archaïque, réalisé à l'aide de CT-scanner de la troisième génération montre clairement les structures intra-temporales bien que le crâne est très minéralisé (d'après Wind, 1985, avec permission de l'éditeur).

boîte crânienne médiane
epitympanum
dépression de l'aqueduc
vestibulaire fosse mandibulaire
canal facial
cellules aériennes
foramen stylomastoidien
boîte crânienne postérieure

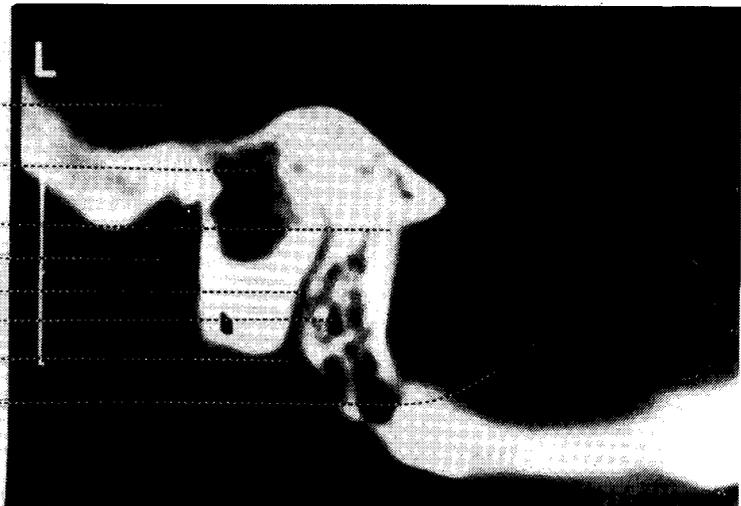


FIGURE 6

Même spécimen que figure 5 mais elle présente, sans perte de détails, comment elle peut être agrandie par la technique du zoom. Les taches noires du côté caudal représentent les points particulièrement minéralisés qui empêchent la pénétration des rayons X. L'échelle est en centimètres, (d'après Wind, 1985, avec permission de l'éditeur).

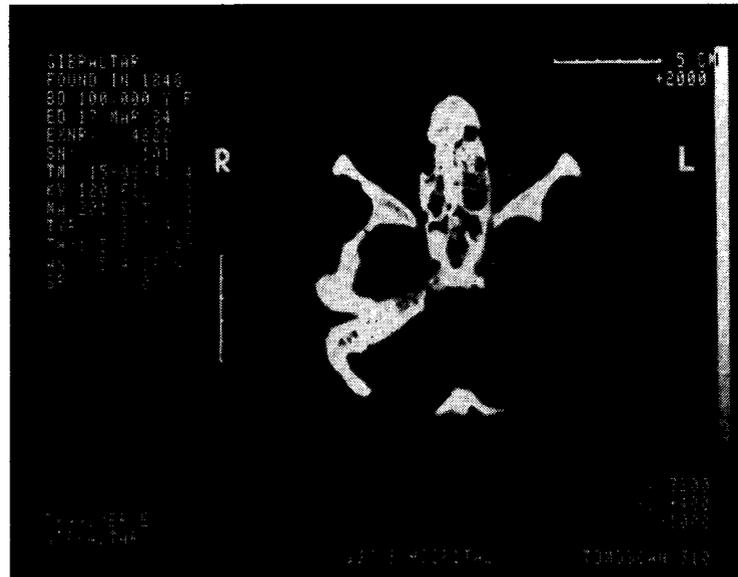


FIGURE 7

Une section horizontale au travers du crâne de Gibraltar, Homo sapiens préandertalien, réalisée à l'aide de la troisième génération de CT-scanners et montrant les cellules ethmoïdes en partie comblées par la matrice (d'après Wind, 1985, avec permission de l'éditeur).