

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Herausgeber:** Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 35 (1899)  
**Heft:** 134

**Artikel:** L'articulation de l'épaule : étude d'arthrologie comparée  
**Autor:** Ludkewitch, Anna  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-265687>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## L'ARTICULATION DE L'ÉPAULE

---

ÉTUDE D'ARTHROLOGIE COMPARÉE

PAR

ANNA LUDKEWITCH.

---

### INTRODUCTION

L'arthrologie comparée est un domaine peu exploré et peu connu. Nous possédons, il est vrai, plusieurs mémoires remarquables sur la mécanique et la statique des animaux. Il suffit de citer les ouvrages de Maissiat, Michel, Giraud-Teulon, Haughton, Pettigrew et J. Marey. Mais tandis que ces auteurs étudient d'une manière complète les mouvements, les actions musculaires, les divers modes de locomotion, c'est à peine s'ils consacrent quelques lignes à la forme des surfaces articulaires et à la disposition des ligaments. Les traités d'ostéologie comparée, les livres d'anatomie vétérinaire sont eux-mêmes très sobres de détails relatifs aux articulations.

Et pourtant il y a là un beau champ d'études, une mine précieuse à exploiter.

S'il est vrai que l'usage commande la forme, si l'on peut dire que la fonction fait l'organe<sup>1</sup>, la disposition des surfaces articulaires doit être, de même que l'agencement des ligaments et des muscles, dans un rapport étroit avec les aptitudes, avec le genre de vie de chaque espèce. Ces cartilages dont la savante courbure est si bien *calculée* en vue des mouvements à effectuer, ces ligaments qui assurent les contacts, ces apophyses qui aug-

<sup>1</sup> Le mot est de J. Guérin (cité par Marey. Index bibl. 78, p. 87). La même idée a été exprimée par G. Tornier. « La fonction engendre l'articulation » (94, p. 98). Ce fait a été démontré expérimentalement par R. Fick (90).

mentent la puissance des muscles, les articulations en un mot avec tous les appareils qui en dépendent, doivent être considérés comme le résultat, comme le but final d'un long travail d'adaptation et de perfectionnement.

La doctrine transformiste, déjà si féconde en résultats, trouve dans l'arthrologie comparée des applications nouvelles ; elle découvre ici encore ses vastes perspectives, ses horizons lumineux.

Envisagée à ce point de vue, l'étude des articulations s'éclaire d'une lumière plus vive et promet à ses adeptes une riche moisson de faits instructifs et intéressants.

Abordons le sujet de cette étude *l'articulation de l'épaule chez l'homme et chez les animaux*.

Un premier fait digne de remarque est que la position de l'omoplate est en relation intime avec la forme du thorax et que le thorax lui-même change du tout au tout, suivant qu'il est conformé en vue de la station bipède ou qu'il appartient à un animal marchant sur quatre pieds.

Le thorax du quadrupède (cheval, chien) est étroit, allongé, comprimé latéralement ; il semble comme enserré entre les épaules, entre les membres antérieurs. L'épine dorsale est proéminente, le dos rétréci. Les omoplates placées obliquement sur les côtés de la poitrine se trouvent dans un plan à peu près sagittal. Les épaules se rapprochent l'une de l'autre au-dessus du sternum, les mouvements de l'humérus s'effectuent principalement dans un plan antéro-postérieur.

Une telle disposition est nécessaire chez le quadrupède : 1° pour que le poids de l'avant-train puisse être transmis sur les membres antérieurs (le corps est suspendu sur les grands dentelés comme sur une sorte de sangle); 2° pour que les épaules ne soient pas trop écartées et que dans la marche, la course, etc., l'animal ne soit pas soumis à un balancement disgracieux et incommodé.

Le thorax humain, au contraire, se distingue par sa largeur, par sa forme aplatie d'avant en arrière, sa brièveté dans le sens vertical. Les omoplates sont appliquées, non plus sur les côtés, mais sur la face dorsale du thorax. Les épaules, au lieu d'enser-rer la poitrine, sont rejetées en arrière et en dehors ; des clavicules longues et solides contribuent à les maintenir dans cette position. Le dos étant aplati, les omoplates se trouvent dans un plan à peu près transversal (frontal). La conformation du thorax

humain est donc en rapport intime avec la position debout, et la ceinture scapulaire est disposée elle aussi, pour une part tout au moins, en vue du mode de station qui nous est propre<sup>1</sup>.

Un second fait est que la tête humérale des quadrupèdes est dirigée en arrière, du côté de l'olécrane, tandis que chez l'homme et déjà chez le gorille, la surface articulaire est tournée en dedans. Laissant de côté les diverses théories relatives à la *torsion de l'humérus*<sup>2</sup>, nous constatons simplement que la direction de la tête humérale varie dans la série animale et que cette variation correspond à la position de l'omoplate et à la fonction de celle-ci.

Ces différences dans la direction de la tête humérale frappent immédiatement lorsqu'on fait des coupes. Chez les quadrupèdes, une coupe passant par le milieu de la surface cartilagineuse tombe justement sur la coulisse bicipitale et partage celle-ci en deux moitiés ; tandis que chez l'homme une coupe semblable passe par la grosse tubérosité et laisse la coulisse bicipitale en dedans du plan de la section.

La déviation des surfaces articulaires peut être mesurée d'ailleurs en considérant un plan fictif (vertical) passant par le centre de la tête humérale et en notant l'angle que fait ce plan avec l'axe de flexion du coude. J'ai trouvé comme valeur de cet angle<sup>3</sup> :

chez le chien	95°	chez le porc	75°
» tigre	95°	» cynocéphale	60°
» daim	90°	» l'orang	60°
» mouton	85°	» le chimpancé	50°
» chat	80°	» gorille	20°
» cheval	80°	» l'enfant (5 ans)	20°
» bœuf	75°	» l'homme	0-10° (moyenne 8°)

<sup>1</sup> Voyez à ce sujet le mémoire de Stuart T. P. Anderson (91).

<sup>2</sup> On se convainc facilement de la signification de la torsion de l'humérus en prenant une patte de chien préparée avec l'omoplate et en l'attachant à un squelette humain en lieu et place du bras. On voit que l'avant-bras du quadrupède se porte tout à fait en dehors dans l'extension. Si notre humérus était conformé comme celui du chien, le bord dit « antérieur » de cet os regarderait en dehors, l'avant-bras se fléchirait dans un plan transverse, la main se porterait en dehors dans l'extension au lieu de se porter en avant.

<sup>3</sup> Des indications plus complètes au sujet de la position de la tête articulaire se trouvent dans les ouvrages de Welcker (66), Broca (81), Manouvrier (81), Lucae (86) et Bertaux (91).

Il faut remarquer toutefois que cet angle n'indique pas la direction de la tête humérale relativement au plan médian du corps, car l'axe de flexion du coude varie lui-même suivant les espèces; presque transversal chez les quadrupèdes, l'axe du coude devient fortement oblique chez l'homme (presque antéro-postérieur), quand l'avant-bras se trouve dans sa position naturelle avec le pouce en avant et l'olécrane en dehors.

Nous venons de voir que le genre de station (bipède ou quadrupède) retentit non seulement sur la position de l'omoplate, mais encore sur la forme de l'humérus et entre autres sur le phénomène désigné assez improprement sous le nom de torsion de cet os.

Nous allons constater maintenant que la conformation des os du bras dépend plus directement encore des usages que le membre thoracique est appelé à remplir.

Prenons deux types très différenciés, très éloignés l'un de l'autre :

1<sup>o</sup> Le cheval dont le membre antérieur est exclusivement locomoteur;

2<sup>o</sup> L'homme dont le bras est si bien adapté à la préhension, au travail mécanique, à des usages variés.

**L'épaule du cheval.** — L'humérus du cheval, relativement court et épais, est presque noyé dans les chairs, l'épaule rapprochée du sternum; le coude, à peine dégagé des téguments, reste appliqué contre les parois du tronc. On trouve en revanche des épiphyses massives, des tubérosités proéminentes, une gouttière bicipitale énorme, transformée en poulie double. Cette simple inspection fait pressentir déjà des mouvements très puissants, mais peu étendus et peu variés.

Le membre antérieur étant exclusivement locomoteur, l'humérus exécute un mouvement principal, *habituel*, le balancement en avant et en arrière, l'extension et la flexion. Les autres genres de déplacements (abduction et adduction, circumduction, rotation), si étendus chez l'homme, sont au contraire très réduits chez le cheval.

Quelle est la disposition des surfaces articulaires?

La tête humérale comprend, sur la coupe verticale passant par le milieu de la surface, un arc presque aussi étendu que chez l'homme (cheval 152°; homme 153°,3), mais la cavité glénoïde étant relativement plus grande (cheval 96°; homme 85°),

l'amplitude du mouvement d'extension et de flexion est de 56° seulement<sup>1</sup>. C'est moins de la moitié de ce qu'on observe chez l'homme, puisque le balancement de notre humérus en avant et en arrière s'effectue avec une amplitude de 135°.

Il faut remarquer à ce propos que le mouvement habituel de l'humérus équin, bien que désigné sous les noms d'extension et de flexion, correspond en réalité à l'abduction-adduction de l'épaule humaine. Le mouvement extension-flexion du cheval est en effet un mouvement angulaire, en vertu duquel l'humérus s'éloigne et se rapproche tour à tour du bord axillaire. Un mouvement de ce genre est nécessairement réduit, puisqu'il y a, à un certain moment, rencontre des deux os. L'épaule humaine offre à cet égard une disposition beaucoup plus avantageuse.

Quant aux autres genres de mouvements, la différence entre le cheval et l'homme est plus considérable encore.

Nous avons trouvé :

Abduction et adduction : cheval 30°, homme 100-105°

Rotation : » 23°, » 105°

Ici encore la réduction des mouvements provient des grandes dimensions de la glène. La tête humérale du cheval comprenant un arc de 81° dans le sens transverse, la cavité glénoïde un arc de 58°, la différence en faveur de la surface convexe est de 23° seulement.

On constate en outre que l'épaule du cheval n'est pas une véritable énarthrose (à surfaces sphériques), mais appartient plutôt aux articulations à surfaces spirales. En d'autres termes, le rayon de courbure n'a pas une dimension unique pour toute la surface, mais grandit d'arrière en avant (sur la coupe sagittale). La surface convexe ayant sur la dite coupe une longueur totale de 9 1/2 cm., le rayon de courbure passe successivement de 22 à 50 mm., soit environ du simple au double.

Cette disposition qui se retrouve dans notre genou<sup>2</sup> est, paraît-il, en rapport avec la fonction locomotrice des membres. Son but est vraisemblablement de favoriser le mouvement d'exten-

<sup>1</sup> Cette conclusion n'est pas tout à fait légitime. Il se produit en effet dans les mouvements extrêmes un empiètement des surfaces cartilagineuses par-dessus les bords de celles-ci. L'étendue relative des surfaces donne toutefois une idée approximative de l'amplitude des mouvements.

<sup>2</sup> Voy. E. Bugnion (92). p. 9.

sion. L'axe de flexion se déplaçant en effet au cours du mouvement (il passe successivement par les divers centres de courbure), l'agrandissement du rayon correspond à un agrandissement du bras de levier ou, ce qui revient au même, à une augmentation de la puissance des extenseurs au cours de leur effort.

Un autre fait digne de nous arrêter quelques instants est que l'omoplate du quadrupède participe d'une manière régulière aux mouvements du bras et de l'avant-bras.

Oblique dans la position moyenne de l'humérus, le scapulum du cheval est plus horizontal dans la flexion, plus vertical dans l'extension. Les phalanges, le métacarpe, l'avant-bras, le bras lui-même constituent avec l'omoplate une série de leviers dont les mouvements sont associés. Ces leviers se redressent et se fléchissent alternativement les uns sur les autres. Il résulte de cette combinaison de mouvements une sorte de va-et-vient (balancement) de l'omoplate que l'on distingue à travers les téguments chez le cheval au pas ou au trot, surtout chez un animal attelé et tirant avec effort<sup>1</sup>.

Remarquons à ce propos que l'omoplate du cheval de course est plus inclinée au repos que celle du cheval de trait, ce qui se comprend bien, puisque l'amplitude des mouvements de l'humérus dépend en partie de cette inclinaison. L'omoplate du cheval de course est en outre plus allongée, ce qui donne plus d'ampleur à l'action des muscles<sup>2</sup>.

L'agent actif du balancement de l'omoplate est manifestement le biceps. Ce muscle, qui n'a qu'un chef unique, rattache si directement le radius au tubercule sus-glénoïdien, que toute extension de l'avant-bras produit en même temps l'extension de l'omoplate et inversément.

<sup>1</sup> Le mouvement automatique du scapulum est bien décrit dans l'ouvrage de Goubaux et Barrier (84), p. 211. L'omoplate basculant autour d'un axe situé un peu au-dessus de sa partie moyenne, son extrémité glénoïdienne se porte en arrière dans l'extension et en avant dans la flexion. Le premier mouvement coïncide avec l'ouverture, le second avec la fermeture de l'angle scapulo-huméral.

Ce mouvement qui atteint son maximum dans la course et le saut, a vraisemblablement pour but de relever l'avant-train (par l'entremise des grands dentelés) au moment de l'extension. Il permet à l'animal de « s'enlever » plus vivement au dessus du sol.

<sup>2</sup> Voy. à ce sujet: Cornevin (84), Kiesewalter (89), Eichbaum (98).

Le biceps du cheval n'est donc pas seulement fléchisseur du coude (la flexion exige peu d'effort ; elle a d'ailleurs son muscle propre le brachial antérieur) ; le biceps du cheval est essentiellement extenseur de l'épaule. Traversé dans toute sa longueur par une bande fibreuse très solide, il joue le rôle d'un ligament actif associant les mouvements de l'avant-bras à ceux de l'humérus et du scapulum. C'est sans doute pour donner plus de précision à l'action du biceps que la gouttière bicipitale se transforme en poulie double et c'est pour augmenter la puissance du même muscle que l'humérus se relève si fortement à ce niveau au-dessus de l'axe de flexion.<sup>1</sup>

Quant au fibrocartilage qui se développe au même endroit dans l'épaisseur du tendon et qui se moule si bien sur le relief médian de la poulie, il contribue pour sa part à assurer la précision des mouvements, mais son rôle principal est de préserver le tendon contre l'aplatissement et contre l'usure sur le point où celui-ci supporte le plus grand effort. C'est exactement la fonction d'une rotule et ici encore on peut constater une analogie intéressante entre l'épaule du cheval et notre genou.

Remarquons en passant que l'absence de la clavicule chez les animaux coureurs apparaît comme une conséquence du va-et-vient de l'omoplate signalé plus haut. La présence de cet os ne pourrait que gêner le mouvement du scapulum et que l'en-traver.

Quant à l'atrophie de l'acromion, atrophie qui caractérise encore les quadrupèdes vrais, elle semble s'expliquer tout d'abord par la disposition des muscles et par la réduction des mouvements autres que l'extension et la flexion.

Le biceps jouant le rôle d'un puissant extenseur, les sus- et sous-épineux étant insérés d'une manière plus favorable que les nôtres (en vue de l'extension), l'abduction étant assurée d'autre part par le delto-épineux et le petit-rond, la portion acromiale du deltoïde était désormais inutile. L'acromion a disparu en même temps que le delto-acromial.

La réduction de l'apophyse coracoïde se déduit de considérations analogues (fusionnement du biceps en un seul chef.)

<sup>1</sup> Je ne prétends pas, en insistant sur le rôle du biceps équin, que ce muscle soit le seul agent du va-et-vient de l'omoplate. D'autres muscles tels que le sus-épineux et le rhomboïde ont sans doute aussi un rôle à jouer. Je pense seulement que le biceps est l'agent principal de ce mouvement.

Je pense toutefois que la présence de l'acromion et de l'apophyse coracoïde chez les mammifères supérieurs est plus spécialement en rapport avec la disposition de la cavité supplémentaire et avec le rôle de cette cavité dans le mécanisme de la suspension du bras.

**L'épaule humaine.** — L'omoplate étant rejetée en arrière, placée presque transversalement sur la face dorsale du thorax, la cavité glénoïde, au lieu de regarder en bas, est tournée en dehors, en avant et un peu en haut. Il résulte de cette disposition que le point de départ des mouvements du bras est plus favorable et mieux approprié aux usages de ce dernier.

Au surplus l'omoplate s'appuie sur une clavicule longue et solide, ce qui donne à ce même point de départ plus de fixité et de précision.

L'acromion et le processus coracoïde, beaucoup plus développés que ceux des quadrupèdes, forment avec les parties molles une *cavité supplémentaire* qui joue vraisemblablement un rôle essentiel dans le mécanisme de la suspension du bras et qui, sans rien ôter à la mobilité, diminue à un haut degré le danger des luxations.

Dégagé des chairs, librement suspendu à côté du tronc, l'humérus est allongé, aminci et à peu près droit. Les tubérosités sont peu proéminentes. Le bout supérieur, régulièrement arrondi, est disposé de façon à pouvoir entrer dans la cavité supplémentaire et à y tourner librement, lorsque le bras s'élève en avant ou en dehors.

Notre épaule est une énarthrose à peu près typique. La tête humérale, à peu près sphérique, se meut aisément dans les directions les plus diverses. La faible étendue de la glène par rapport à la surface convexe permet une amplitude considérable des mouvements. Nous avons trouvé:

Sur la coupe verticale, arc de la tête articulaire	153.3°
arc de la glène . . . .	75°
différence . . . .	78.3°
Sur la coupe transverse, arc de la tête articulaire	151°
arc de la glène. . . .	50°
différence . . . .	101°

Ces chiffres donnent déjà des amplitudes minimales de 78.3° pour l'abduction-adduction et de 101° pour la rotation. Le chevauchement des surfaces cartilagineuses, chevauchement qui

se produit régulièrement dans les positions extrêmes permet une amplitude plus considérable encore dans les deux directions. (105° environ pour chacun de ces mouvements.)

Il y a plus. La glène est dirigée de telle façon que le mouvement d'extension et de flexion n'est pas un mouvement angulaire comme celui des quadrupèdes, mais une sorte de balancement, en vertu duquel l'humérus oscille comme une bielle sur le fond de la cavité, sans se rencontrer avec les bords du celle-ci. Il résulte de ce fait que le mouvement en question n'est plus limité par la rencontre des rebords osseux ou des os eux-mêmes, mais seulement par la tension de la capsule ; il atteint grâce à cette disposition la belle amplitude de 135°.

Si à l'oscillation en avant et en arrière s'ajoute une légère abduction, la capsule elle-même ne limite plus le mouvement et le bras décrivant un large cône peut tourner indéfiniment sur le fond de la cavité (circumduction).

La liberté des mouvements est favorisée d'ailleurs par la laxité de la capsule dont la longueur est « calculée », pour ainsi dire, de manière à permettre dans chaque direction l'excursion complète.

Les faisceaux supérieurs de la capsule et le ligament dit *suspenseur* sont disposés de telle façon que, lorsque l'omoplate est relevée, la tête humérale reste en place d'elle-même. La pression de l'air agit dans le même sens et contribue de son côté à décharger l'appareil musculaire.

Les muscles enfin sont agencés de manière que le bras se meut le plus souvent indépendamment de l'omoplate. Le scapulum ne prenant, dans les circonstances habituelles, aucun appui sur l'humérus, il n'y a pas comme chez le cheval une association nécessaire des mouvements de ces os. Et pourtant l'omoplate humaine est fort mobile ; les déplacements de la ceinture scapulaire s'ajoutent à ceux de l'humérus toutes les fois que c'est nécessaire et augmentent à un haut degré l'amplitude de l'excursion.

En résumé nous trouvons : *dans l'épaule du cheval* une mobilité réduite, une liberté moindre des mouvements, le balancement de l'humérus s'effectuant habituellement dans une direction constante, en revanche une solidité plus grande, des bras de leviers plus longs, des actions musculaires beaucoup plus puissantes ; *dans l'épaule humaine* une liberté parfaite, une mobilité admirable dans toutes les directions, mais comme conséquence

de cette mobilité une solidité moindre (tendance à la luxation), des bras de leviers plus courts, une puissance musculaire relativement réduite.

Du moment que l'on connaît la disposition de l'épaule chez deux types extrêmes, le cheval et l'homme, il devient assez facile de prévoir ce qu'elle doit être chez les formes intermédiaires.

D'une manière générale on peut dire que l'articulation scapulo-humérale des quadrupèdes (bœuf, porc, chien) se rapproche beaucoup plus de celle du cheval que de celle de l'homme.

Partout où le membre thoracique est essentiellement destiné à la marche, on constate que la tête articulaire s'éloigne de la forme sphérique et que sa surface, encore assez allongée dans le sens antéro-postérieur, ne comprend dans la direction transverse qu'un arc peu étendu et faiblement courbé. La cavité glénoïde, d'autre part, est relativement plus grande surtout dans le sens transverse ; elle est plus large et plus arrondie que la nôtre.

Les articulations construites sur ce type-là se distinguent de l'épaule humaine par la tendance à un mouvement habituel (extension et flexion) et par la réduction des autres genres de mouvements. Cependant on observe chez les mammifères une série de perfectionnements qui conduisent graduellement à l'épaule humaine et offrent à cet égard un intérêt spécial.

Chez les félins, par exemple, dont le membre antérieur sert déjà à des usages variés, la tête humérale offre dans les deux directions une surface plus étendue que celle du cheval, tandis que la cavité glénoïde est relativement plus petite.

Examinons deux coupes empruntées au tigre, nous trouvons :

Sur la coupe sagittale, arc de la tête humérale.	185°
arc de la glène	105°
Différence	80°

Sur la coupe transverse, arc de la tête humérale.	141°
arc de la glène	76°
Différence	65°

Ces chiffres indiquent une amplitude minimale des mouvements de 80° dans le sens antéro-postérieur (extension et flexion) et de 65° dans le sens transverse (rotation). Pour le cheval les

nombres correspondants sont  $56^{\circ}$  et  $23^{\circ}$ , pour l'homme  $78.3^{\circ}$  (abduction) et 101 (rotation)<sup>1</sup>.

Des modifications intéressantes se rencontrent chez les animaux fouisseurs (taupe, échidné), chez les nageurs (phoques, cétacés), chez ceux dont le bras est conformé pour le vol (oiseaux, chauve-souris), mais les types les plus instructifs au point de vue qui nous occupe sont sans contredit les marsupiaux et les quadrumanes, parce que c'est dans ces deux ordres que l'on voit le membre thoracique se modifier peu à peu en vue de la préhension.

C'est ainsi que l'épaule des lémuriens et des singes inférieurs (cynocéphale), bien que déjà très mobile, offre des caractères qui la rapprochent encore de celle des carnassiers, tandis que chez les anthropoïdes (gorille, orang) l'articulation scapulo-humérale ne le cède en rien à celle de l'homme et offre même en vue des mouvements d'élévation des dispositions particulièrement favorables.

Au reste l'étude des surfaces articulaires montre qu'il n'y a pas entre l'épaule des animaux et l'épaule de l'homme des différences si profondes qu'on ne puisse établir des transitions.

En effet la tête humérale humaine n'est pas absolument sphérique. Notre épaule, bien que présentée comme type des énarthroses dans les manuels, n'est pas une articulation à surfaces sphériques dans le sens mathématique de ce mot.

On trouve, en divisant la surface articulaire en centimètres et en marquant avec le compas les centres de courbure correspondants, une augmentation du rayon qui va (sur la coupe verticale) de 23 à 29 mm. environ.

Cette augmentation est faible en comparaison de celle que l'on observe chez les animaux tels que le cheval, le chien ou le tigre, mais elle se fait dans le même sens (d'arrière en avant); il n'y a en somme qu'une différence de degré.

La tête humérale du quadrupède s'aplatit dans sa partie antérieure d'abord parce qu'elle a l'avant-train à supporter, mais surtout parce que ce genre de courbure augmente la puissance des extenseurs et qu'une articulation conformée de cette façon est plus propre à la fonction locomotrice.

<sup>1</sup> On ne tient pas compte ici du chevauchement des surfaces cartilagineuses, chevauchement qui se produit dans les positions extrêmes chez les animaux aussi bien que chez l'homme.

L'épaule humaine au contraire tend à prendre une forme sphérique, d'abord parce qu'elle n'a rien à porter et ensuite parce que le bras étant devenu un organe de préhension, la forme sphérique est celle qui favorise le plus la liberté et l'égalité des mouvements dans des directions diverses. La même tendance s'observe chez les singes supérieurs.

Toutefois si une épaule à tête sphérique représente le plus haut degré de perfectionnement, il faut reconnaître que cette forme idéale n'est réalisée nulle part d'une manière parfaite.

Chez l'homme lui-même, la surface convexe offre d'arrière en avant un agrandissement fort appréciable de son rayon. Notre tête humérale rentre donc en quelque mesure dans les articulations à surface spirale. Ce genre de courbure étant beaucoup plus marqué chez les animaux, nous sommes en droit de conclure que la conformation de l'épaule humaine représente vraisemblablement le dernier vestige d'une disposition ancestrale.

Prof. E. Bugnion.

---

## L'ÉPAULE HUMAINE

L'épaule humaine est une énarthrose typique. Articulé avec la glène au moyen d'une tête à peu près sphérique, l'humérus peut se mouvoir librement autour de tous les axes passant par le centre de cette sphère.

Du côté de l'humérus la surface articulaire mesure 6-7 cm. dans le sens vertical et 7-8 cm. dans le sens transversal. Cette surface représente un peu moins d'une demi-sphère de 27 mm. de rayon (d'après mes mesures), plus exactement un arc de 153,3° dans le sens sagittal et de 151° dans le sens transverse (153,5° et 151,1° d'après Lesshaft 92. p. 197). Le milieu de cette surface est dirigé en dedans, en haut et un peu en arrière, lorsque le bras est pendant et lorsqu'il est placé de telle façon que l'olécrane se trouve en arrière, et l'épicondyle en dehors. Un plan passant par le centre de la tête articulaire forme avec l'axe de flexion du coude un angle de 6 à 10°. Parfois même cet angle est nul, la tête humérale étant alors dirigée directement en dedans. L'angle de 20° indiqué par H. von Meyer (61 p. 120) paraît quelque peu exagéré.

L'axe de la tête humérale forme avec l'axe de l'humérus un angle de 130° environ.

Du côté d'en haut la surface cartilagineuse s'arrête assez brusquement au sillon oblique connu sous le nom de *col anatomique*<sup>1</sup>, sillon limité d'autre part par la grosse et la petite tubérosité; de même en arrière et en avant. En bas la surface articulaire s'arrête sans limite précise à l'endroit où le col anatomique et le col chirurgical se confondent.

Le revêtement cartilagineux épais de 1,7 mm. s'amincit vers les bords. (H. Werner, 97, p. 11).

La cavité glénoïde représente un segment de sphère beaucoup plus petit que la surface humérale correspondante. Son étendue est de  $3\frac{1}{2}$  — 4 cm. (arc = 75°) dans le sens vertical et de  $2\frac{1}{2}$  - 3 (arc = 50°) dans le sens transverse, soit la moitié environ ou

<sup>1</sup> Le col anatomique n'est pas exactement circulaire. Il offre chez quelques sujets un contour plutôt ovalaire ou elliptique. Cette disposition est beaucoup plus accusée chez l'orang (Bugnion).

même le tiers de celle de la tête humérale. La surface est assez régulièrement sphérique. Le rayon de courbure est comme pour la partie moyenne de la surface convexe de 26 à 27 mm. Cette cavité, régulièrement arrondie vers le bas, va en se rétrécissant du côté d'en haut. Son bord interne offre une échancrure assez marquée. Le milieu de la glène est dirigé de côté et un peu en haut et en avant; c'est seulement lorsque l'épaule s'abaisse autant que possible, que la cavité regarde en bas.

Le revêtement cartilagineux mince dans la partie centrale, (1,5 mm.) va en s'épaississant vers les bords et se continue sans démarcation précise avec le fibrocartilage connu sous le nom de bourrelet glénoïdien. Celui-ci, triangulaire sur la coupe, large de 3-4 mm., épais de 4-6 mm., sert à assurer le contact et à prévenir une rencontre trop brusque des rebords osseux. La capsule s'insère sur le bord même du bourrelet, sauf à la partie supérieure où l'insertion recule un peu pour faire place au tendon du long chef du biceps. Celui-ci se divise en deux faisceaux qui se continuent de chaque côté avec les fibres du bourrelet.

L'amplitude considérable des mouvements de l'épaule est due tout d'abord à la faible étendue de la cavité glénoïde relativement à celle de la tête humérale. La limite des mouvements se produit seulement au moment où le col anatomique rencontre le bourrelet glénoïdien ou bien lorsque l'humérus vient buter contre l'apophyse coracoïde, par exemple quand nous portons le bras en haut et en avant. Cette rencontre des parties osseuses ne se produit à peu près jamais, la contraction des muscles et la tension de la capsule suffisant généralement à limiter le mouvement. La capsule assez lâche pour permettre les déplacements les plus variés, se tend en effet chaque fois que ceux-ci arrivent à leur limite naturelle; la longueur de ses fibres est calculée, pour ainsi dire, en vue des mouvements à effectuer.

Du côté d'en haut la capsule est renforcée par un faisceau spécial, le ligament coraco-huméral, qui se tend dans l'adduction et limite ce genre de mouvement. Dans les autres positions, aucune partie de la capsule n'étant tendue, ce sont essentiellement les muscles et la pression de l'air qui assurent le contact.

La solidité étant dans toutes les articulations en raison inverse de la mobilité, il y a des dispositions accessoires pour assurer le contact; c'est ainsi que l'acromion et l'apophyse coracoïde proéminent au-dessus de la tête humérale et s'opposent à la luxation du côté d'en haut. Ces parties osseuses forment avec

le ligament acromio-coracoïdien et avec les muscles une cavité supplémentaire assez vaste pour que, lorsque le bras s'élève, le bout supérieur de l'humérus puisse avec les deux tubérosités tourner librement à l'intérieur.

#### LES SURFACES ARTICULAIRES DE L'ÉPAULE HUMAINE

La tête humérale n'étant pas exactement sphérique, j'ai essayé de déterminer sa courbure exacte en divisant la surface en centimètres et en recherchant au moyen du compas le centre de courbure correspondant à chaque segment. Cette étude a été faite sur une coupe verticale et sur une coupe transverse, provenant de deux sujets adultes et passant approximativement par le milieu de la surface.

Coupe verticale. (Fig. 1.) La surface est divisée en  $7 \frac{1}{2}$  centimètres numérotés de bas en haut.

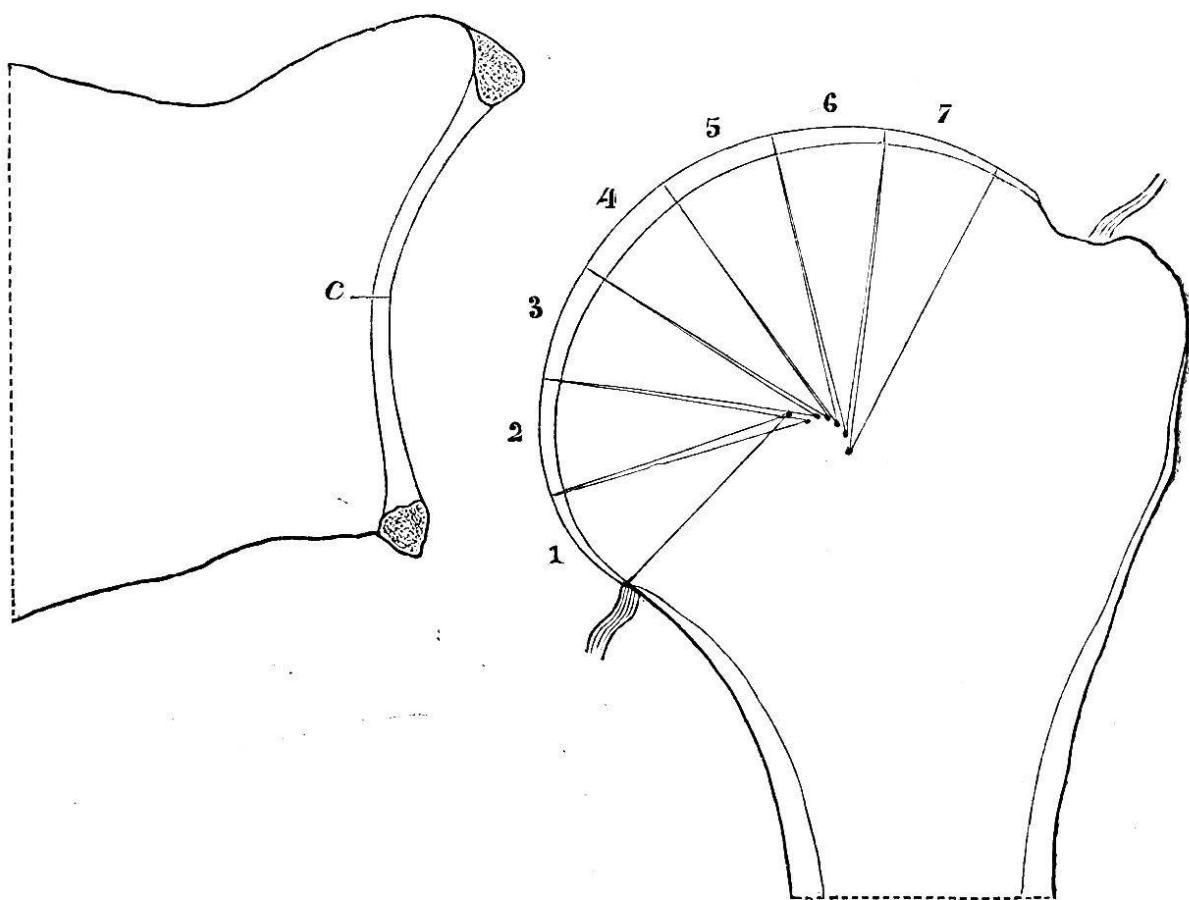


Fig. 1. — Epaule humaine. Coupe verticale de la tête humérale et de la glène du même sujet. Grandeur naturelle. *c*. Milieu de la glène.

J'ai trouvé en tâtonnant au moyen du compas les rayons de courbure indiqués ci-dessous :

	Rayon.		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre,	20 mm.	5 <sup>e</sup> centimètre,	25,5 mm,
2 <sup>e</sup> " "	21 "	6 <sup>e</sup> " "	26,5 "
3 <sup>e</sup> " "	23,5 "	7 <sup>e</sup> " "	28 "
4 <sup>e</sup> " "	24,5 "		

Coupe transverse. (Fig. 2.) La surface est divisée en 8 centimètres numérotés de dehors en dedans.

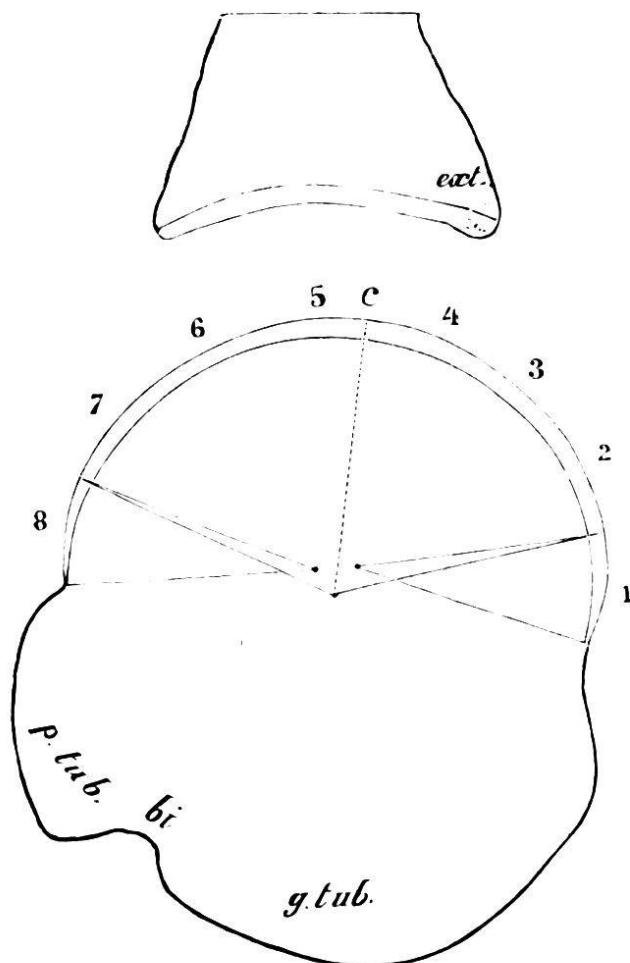


Fig. 2. — Epaule humaine. Coupe transverse *g. tub.* grande tubérosité; *p. tub.* petite tubérosité; *bi.* coulisse bicipitale; *ext.* bord externe de la glène.

Contrairement à ce qu'on observe sur la coupe verticale, la longueur des rayons reste à peu près identique.

Elle est de 24 mm. pour les segments 2 à 7 et de 22 seulement pour le premier et le dernier.

Examinons de nouveau notre coupe verticale.

On voit que le rayon va en grandissant de bas en haut; il passe successivement de 20 à 28 mm. La coupe de l'épaule humaine offre en réalité une surface spirale plutôt qu'un contour exactement circulaire. Les centres correspondants sont placés sur une ligne courbe que l'on peut considérer comme la *développée* par rapport à la surface spirale dite *développante*. Seul le 1<sup>er</sup> centre est placé en dehors. Au lieu d'un axe unique, il doit y avoir plusieurs axes de rotation correspondant aux divers centres de courbure, ou, si l'on préfère, un axe unique se déplaçant au cours du mouvement et passant successivement par les différents centres; il est clair, en effet, que la transition doit se faire graduellement d'un centre à l'autre. Nous verrons plus loin que cette forme est beaucoup plus accusée dans l'épaule des quadrupèdes, tels que le cheval et le bœuf.

Nous savons déjà que la cavité glénoïde offre une surface régulièrement sphérique avec un rayon uniforme de 26 à 27 mm.

Plaçant sous nos yeux la figure 1, nous pouvons représenter les mouvements d'adduction et d'abduction en traçant le contour de la tête humérale sur un papier transparent et en faisant tourner le calque sur le dessin de la glène. Un trait *c* indique le milieu de la surface concave et permet de *centrer* la tête humérale sur la cavité glénoïde au début du mouvement. L'axe de rotation est représenté par une épingle que l'on pique successivement sur chacun des centres. Partant de la position moyenne, l'épingle est fixée d'abord sur le centre 4; on la pique sur le centre 5 au moment où le 5<sup>me</sup> centimètre passe devant le point *c* et ainsi de suite.

On constate, en faisant usage de ce procédé, que la concordance est presque parfaite dans la position moyenne, mais qu'il se produit en revanche une discordance assez manifeste dans les positions extrêmes, c'est-à-dire lorsque l'humérus se trouve en adduction ou en abduction. Le léger vide qui se produit entre les surfaces est sans doute comblé par la synovie. La discordance est diminuée d'ailleurs par l'élasticité du cartilage et surtout par la présence du bourrelet glénoïdien.

Une légère discordance des surfaces articulaires a été démontrée par M. Assaky au moyen d'un autre procédé (85). Cet auteur a présenté un moule de cire qui, comprimé entre la tête humérale et la cavité glénoïde, avait pris la forme d'un mé-

nisque plus mince au centre qu'à la périphérie. Toutefois, nous ne saurions admettre la théorie du contact *polaire central* admise par MM. Assaky et Farabeuf (Cités par Poirier, 95, p. 583).

L'étude des coupes, les essais faits au moyen de calques montrent, en effet, que la cavité glénoïde entre par son étendue entière en contact avec le cartilage huméral, non seulement dans la position moyenne, mais encore lorsque le bras est pendant le long du corps. C'est seulement dans les positions extrêmes (abduction et adduction forcées) que la discordance devient manifeste.

#### LE ROLE DE LA CAVITÉ SUPPLÉMENTAIRE.

Le rôle de la cavité supplémentaire a été très bien expliqué par M. Konrad Henke (frère cadet de Wilhelm). L'exposé qui va suivre est presque entièrement emprunté à cet auteur (74, p. 6-10).

Les parties de la tête humérale qui entrent en contact avec la cavité supplémentaire se distinguent de la surface articulaire proprement dite en ce qu'elles ne sont pas recouvertes de cartilage et en ce qu'elles ont un rayon de courbure plus grand; elles offrent toutefois la même forme à peu près sphérique, elles ont le même centre et se meuvent autour des mêmes axes.

On constate en outre que les tubérosités n'entrent pas en contact avec la voûte sous-acromiale dans toutes les positions, mais plus spécialement dans le mouvement en avant (extension) et dans l'abduction avec rotation de l'humérus en dedans. A ce moment la grosse tubérosité se place exactement sous l'acromion, la petite sous l'apophyse coracoïde.

Lorsqu'au contraire le bras est pendant et tourné en dehors, la partie de la cavité occupée tout à l'heure par les tubérosités est remplie maintenant par les insertions musculaires (sus-épineux, sous-épineux et sous-scapulaire) et par le tissu celluleux qui les entoure. Au surplus l'espace compris entre la voûte sous-acromiale et la tête de l'humérus est tapissé dans la majorité des cas par une bourse muqueuse qui normalement ne communique pas avec la synoviale articulaire.

Cette bourse qui se trouve plus spécialement entre l'acromion et la grosse tubérosité lorsque le bras est relevé, se prolonge en arrière jusqu'au fond de l'interstice quand le bras est pendant; elle recouvre alors le tendon du sus-épineux, ou bien, s'étalant

en éventail, s'étend jusque dans la région de la petite tubérosité.

Dans quelques cas la bourse muqueuse est double ; il y en a une au-dessus de la grosse tubérosité et une au-dessus de la petite. Parfois encore elle fait entièrement défaut.

Malgré cette diversité de formes, la bourse sous-acromiale a une fonction précise déjà indiquée par Langer, fonction que l'on reconnaît de suite, si l'on change la position du bras.

On voit, lorsque l'humérus s'élève en abduction jusqu'à la position horizontale, que la bourse muqueuse s'enfonce avec les tubérosités en dessous de l'acromion et remplit exactement la fente linéaire comprise entre ces parties osseuses.

La bourse muqueuse joue donc un double rôle :

1<sup>o</sup> Elle remplit l'interstice sous-acromial lorsque les tubérosités l'abandonnent, au moment de l'abaissement du bras ;

2<sup>o</sup> Elle facilite le retour des tubérosités dans ce même interstice au moment où le bras s'élève, et, supprimant le frottement, transforme la dite cavité en une sorte d'articulation secondaire.

Lorsque la bourse sous-acromiale manque, c'est alors le tissu cellulaire lâche qui en tient lieu.

Dans les cas pathologiques, pour peu que la tête humérale se déforme, le retour des tubérosités en dessous de la voûte ne peut plus s'effectuer d'une manière régulière. Il se produit des frottements anormaux qui finissent par user à la fois la bourse séreuse et la voûte elle-même. C'est dans les cas de ce genre que l'on constate chez le vivant des craquements douloureux et une gêne manifeste des mouvements. À l'autopsie les mêmes sujets offrent une destruction plus ou moins complète de la bourse muqueuse, une érosion des surfaces osseuses et souvent, à la face inférieure de l'acromion, une véritable facette articulaire, conséquence de l'usure et du frottement.

#### LA SUSPENSION DE L'ÉPAULE.

##### LES FORCES QUI MAINTIENNENT LE CONTACT.

J'étudierai séparément le rôle des ligaments, l'influence de la pression atmosphérique et l'action des muscles.

Quant à la cohésion, son effet est trop insignifiant pour qu'il vaille la peine de lui consacrer un paragraphe spécial.

*Rôle des ligaments.* — Il y a une position dans laquelle la tête articulaire se tient dans la cavité glénoïde par la seule action des ligaments, indépendamment des muscles et de la pression de l'air. Cette position est l'adduction forcée, c'est-à-dire la position dans laquelle l'humérus se rapproche autant que possible du bord axillaire de l'omoplate.

Prenons une épaule dépouillée de ses muscles, mais possédant encore sa capsule fibreuse (celle-ci peut être trouée sans rien changer au résultat), tenons l'omoplate avec la main de façon que le bord spinal tombe verticalement. L'humérus prenant la direction verticale par l'effet de la pesanteur, reste comme *suspendu* dans son articulation; la tête humérale s'élève même un peu en dessus de la position normale, car la grosse tubérosité se trouve immédiatement en dessous de l'acromion; on peut tirer sur l'humérus dans le sens vertical sans réussir à le faire glisser. Si, au contraire, on incline l'omoplate de manière que l'humérus (tombant verticalement) s'écarte légèrement du bord axillaire, les surfaces articulaires s'abandonnent aussitôt et le bord supérieur de la grosse tubérosité s'abaisse à 2 ou  $2 \frac{1}{2}$  centimètres au-dessous de l'acromion. Il suffit chez la plupart des sujets d'une abduction de 10 à 15° pour que la tête articulaire abandonne la cavité. Nous appellons la position dans laquelle le bord spinal tombe verticalement la *position relevée* de l'omoplate.

Plaçons de nouveau l'omoplate dans la position relevée, nous constatons que la tête humérale rentre d'elle-même dans sa cavité et que le ligament coraco-huméral, ainsi que les faisceaux supérieurs de la capsule sont manifestement tendus. Cette dernière observation donne la clef du problème qui nous occupe. La cavité glénoïde étant dirigée un peu obliquement, le col chirurgical de l'humérus vient s'appuyer sur son bord inférieur; les faisceaux supérieurs de la capsule tendus par l'effet de la pesanteur du bras empêchent la tête humérale de glisser par-dessus ce bord. C'est donc grâce à la direction de la glène et à la tension de certains faisceaux ligamentueux que l'humérus en adduction reste suspendu. L'abduction, au contraire, produit un relâchement des mêmes fibres et l'on comprend dès lors pourquoi, lorsque l'on incline l'omoplate, les surfaces articulaires s'abandonnent.

Le rôle des ligaments dans la suspension de l'épaule peut d'ailleurs être démontré par l'expérience. L'omoplate ayant

été clouée contre un support vertical dans la position relevée, l'humérus ayant été chargé d'autre part d'un poids de quelques kilos, on sectionne l'un après l'autre les différents faisceaux et l'on observe l'effet produit. Il est facile, en opérant de cette façon, de distinguer les parties de la capsule qui sont en jeu.

Nous décrirons plus loin une expérience de ce genre et nous verrons à ce propos que le faisceau coraco-huméral n'est pas le seul ligament actif dans le mécanisme de la suspension de l'épaule, mais que les faisceaux supérieurs de la capsule prennent part également à cette action. C'est donc un peu à tort que le nom de *suspenseur de l'épaule* a été donné au ligament coraco-huméral à l'exclusion des autres faisceaux.

Quelle est l'utilité de ce mécanisme ?

Il faut remarquer tout d'abord que la position relevée de l'omoplate n'est pas une position habituelle. On peut se convaincre sur le vivant par la palpation et sur le cadavre par la dissection, que le bord spinal n'est pas exactement vertical, lorsque le bras pend librement le long du corps. L'adduction étant une position extrême et même un peu forcée, on peut admettre *a priori* qu'elle ne saurait être la position ordinaire de notre bras. Ainsi donc, lorsque le bras est librement suspendu dans la station debout, la marche, etc., ce ne sont pas les ligaments qui servent à le porter.

Il est possible, en revanche, que la suspension de l'épaule au moyen des ligaments intervienne d'une manière utile quand le bras est chargé d'un fardeau ; l'omoplate prenant alors la position relevée une partie de l'effort serait reportée sur le grand dentelé et sur le trapèze.

Le rôle des ligaments dans la suspension de l'épaule a été indiqué par Langer en 1861<sup>1</sup> et par W. Henke en 1863 ; nous avons essayé de l'exposer d'un manière un peu plus complète.

*Influence de la pression atmosphérique.* — Au dire des frères Weber<sup>2</sup>, le contact entre les surfaces articulaires serait maintenu à l'épaule comme à la hanche par la pression atmosphérique.

L'opinion des frères Weber au sujet du mécanisme de la hanche, opinion qui est exposée dans l'ouvrage classique de ces auteurs (36. p. 159; Encycl. p. 336), a été combattue dès lors par Rose (65), par Buchner (76) et par Gerken (95-96).

<sup>1</sup> Voy. Langer (61) et (85) p. 74, puis Henke (63) p. 135.

<sup>2</sup> Cités d'après Poirier. (95). I. p. 583.

Rose se fondant sur des expériences faites au moyen de plaques graissées par différents liquides, prétend que le contact est simplement maintenu par la cohésion.

Buchner mesure l'effort nécessaire pour vaincre le raccourcissement de la jambe dans un cas de fracture du col du fémur; il cherche à évaluer par ce procédé la tension des muscles suspenseurs de la hanche. Celle-ci ferait équilibre dans la narcose à un poids de 2 kg., dans l'état normal à un poids de 6 k. 300 gr. L'auteur conclut de ses expériences que la tension des muscles suffit à supporter le membre inférieur, sans qu'il soit nécessaire que la pression de l'air intervienne.

Gerken enfin soutient que la théorie des frères Weber est peut-être exacte quand on expérimente sur le cadavre, mais qu'elle ne s'applique pas à l'organisme vivant.

Les résultats de Rose ont été contredits par Schmidt (76). Le poids supporté par la cohésion serait pour l'articulation de la hanche de 35 grm. seulement.

Buchner oublie apparemment que les muscles au repos sont facilement extensibles et ne peuvent pas par conséquent faire équilibre à un poids de plusieurs kilogrammes. La tension qu'il attribue aux muscles de la hanche ne pourrait être le fait que d'un état permanent de contraction, état qui serait non seulement très fatigant, mais même impossible à supporter.

Les assertions de Gerken ont été réfutées par le professeur Lesshaft (95-96).

Nous admettons avec la grande majorité des anatomistes que le poids de la jambe est essentiellement supporté par la pression atmosphérique<sup>1</sup>.

L'influence de la pression de l'air est plus difficile à apprécier quand il s'agit de l'épaule, par le fait que nous avons ici une cavité moins profonde et surtout parce que, chez l'homme tout au moins, la direction de cette cavité est à peu près verticale. On voit de plus, lorsque l'épaule est dépouillée de ses muscles, que la pression extérieure enfonce la capsule dans l'interstice des surfaces articulaires et qu'elle ne suffit pas à maintenir le contact. La même chose se produit lorsque les muscles de l'épaule sont paralysés et atrophiés.

<sup>1</sup> Voyez à ce sujet : Aeby (75), v. Braam-Houckgeest (77), R. Fick (78), A. Fick (Hermann's Lehrbuch 79. p. 269), Selitzky (82).

Parmi les anatomistes qui se sont occupés de cette question, nous citerons tout d'abord H. Meyer et W. Henke.

« La cavité glénoïde, dit H. Meyer (73, p. 112), offre une direction à peu près verticale; il en est de même de la partie inférieure de la surface humérale, lorsque le bras est pendant. Les conditions sont donc très défavorables, puisque, dans la position de repos, le poids de l'extrémité tend à séparer les surfaces en les faisant glisser l'une sur l'autre. Il n'y a pas comme à la hanche et au coude un appareil qui embrasse entièrement la tête articulaire; le poids du corps n'intervient pas comme dans le genou pour appuyer les surfaces l'une contre l'autre.

« Dans ces conditions, poursuit H. Meyer, ni la cohésion, ni la pression de l'air ne sauraient suffire à maintenir le contact. La cohésion peut bien faire obstacle à la séparation violente des deux surfaces, mais elle n'oppose pas une résistance appréciable au déplacement par glissement; quant à la pression de l'air, elle ne peut non plus empêcher un déplacement dans ce sens, car son rôle se borne à refouler les parties molles dans la cavité articulaire et ne produit aucun effet sur la surface elle-même. Aussi observe-t-on en réalité que dans certaines circonstances le bras s'abaisse (entraîné par son poids), la tête humérale glissant sur la cavité glénoïde; on voit alors une sorte de rigole se dessiner au-dessous de l'acromion par le fait du refoulement des parties molles dans l'espace que la tête articulaire vient d'abandonner.

« La cohésion et la pression de l'air ne suffisant pas à maintenir le contact, il est hors de doute que cette force doit être cherchée dans l'action des muscles. »

Henke (59 et 63) soutient la théorie opposée.

« La pression de l'air, lisons-nous dans l'ouvrage de cet auteur (63, p. 133), est presque suffisante pour maintenir le contact des surfaces. Il est vrai que sur le cadavre, lorsque les muscles sont détachés, les surfaces articulaires peuvent être séparées aisément; aucune partie de la capsule n'étant tendue dans la position moyenne de l'articulation, la tête humérale tombe d'elle-même à peu près d'un pouce au-dessous de l'acromion.

« Il en serait de même chez le vivant, si les parties molles pouvaient être de la même manière refoulées dans la cavité; mais les muscles qui s'insèrent à l'omoplate et enveloppent l'épaule de tous côtés sont attachés si intimement à la capsule, que pour

peu qu'ils soient tendus, ils empêchent tout refoulement à l'intérieur. Les interstices qui se trouvent entre les attaches des muscles sont protégés en bas par le long chef du triceps, en haut par le ligament coraco-huméral et le long chef du biceps. Grâce encore à la disposition du deltoïde, la rigole sous-acromiale est protégée par des masses fibreuses et musculaires qui sont fortement tendues au-dessus d'elle et qui, s'opposant au refoulement des parties molles, permettent à la pression de l'air d'exercer tout son effet.

« On peut se rendre compte de ce mécanisme sur le cadavre en préparant les muscles qui entourent l'articulation et en observant ce qui se produit, suivant qu'ils sont tendus par-dessus la rigole sous-acromiale, ou qu'ils sont suffisamment relâchés pour pouvoir s'enfoncer à l'intérieur. Ce n'est donc pas dans l'articulation proprement dite, mais dans la cavité supplémentaire formée par la voûte sous-acromiale, que le bras est suspendu par la pression de l'air. »

La démonstration de Henke a été admise par C. Langer dans son mémoire sur la fixation de l'épaule (61); de même dans son manuel (85 p. 74). D'après cet auteur le contact est assuré à la fois par la pression de l'air et par l'action des muscles. La même opinion a été soutenue par Pansch, (91. p. 125) Beaunis et Bouchard (80. p. 153), Debierre (90. I. p. 229) et Krause (87. p. 90). Ce dernier dit que la pression atmosphérique qui maintient la tête humérale dans la cavité glénoïde, peut être représentée par une force de 2 kg. 800 gr., appliquée perpendiculairement à l'articulation. La cavité glénoïde étant obliquement placée, la pression atmosphérique suffit suivant lui pour supporter le poids du bras. La cohésion moléculaire qui agit entre les deux surfaces, grâce à la présence de la synovie, représente une force de 14 à 17 grammes seulement. Si la synovie est remplacée par de l'eau, l'effet de la cohésion est de moitié moindre. L'auteur ne dit pas par quel procédé il est arrivé à ces chiffres.

Voici maintenant et toujours sur le même sujet, l'opinion du professeur Ed. Bugnion.

La hauteur de la cavité glénoïde était sur un de nos cadavres de 32 mm., la largeur de 24 mm. Prenons comme diamètre moyen 28 mm., le rayon sera 14, avec le bourrelet glénoïdien 17 mm.

L'aire du cercle =  $R^2 \pi$ ; la pression moyenne (à Lausanne) = 713 mm.; le poids spécifique du mercure = 13,6.

D'après ces données le poids d'une colonne de mercure équivalente à la pression atmosphérique et ayant pour base la surface (plane) de la cavité glénoïde, serait :

$$17 \times 17 \times 3,14 \times 13,6 \times 713 = 8 \text{ kg. } 799 \text{ gr.}$$

Le bras humain détaché au niveau de l'épaule pesant 4 kg. environ, le poids de notre colonne de mercure équivaut comme on voit à plus du double de celui du bras. Il faut remarquer toutefois que la direction à peu près verticale de la cavité diminue considérablement l'effet utile de la pression. La pression de l'air, agissant perpendiculairement à la surface, contribue à appliquer la tête humérale contre la cavité, mais ne saurait à elle seule s'opposer au glissement de haut en bas. Il n'y a en réalité qu'une petite partie des forces développées par la pression qui agisse d'une manière favorable. Ces forces sont celles qui agissent sur la partie supérieure de la surface glénoïde et s'appliquent par conséquent dans une direction oblique de bas en haut.

M. Bugnion estime néanmoins que la pression de l'air suffit dans les circonstances ordinaires à supporter le poids du bras. Il appuie son opinion sur les considérations suivantes : l'acromion, l'apophyse coracoïde, le ligament acromio-coracoïdien et les parties molles qui entourent l'épaule forment, au point de vue qui nous occupe, une véritable cavité à peu près à l'abri de la pression.

Il est certain en effet que la capsule adhère intimement à la face profonde des muscles, de sorte que, lorsque ceux-ci (plus spécialement le deltoïde, le sous scapulaire, le sus-épineux et le sous-épineux) sont normalement développés, la capsule articulaire ne vient nullement s'interposer entre les surfaces. On peut donc admettre que la cavité glénoïde est prolongée du côté d'en haut par la voûte acromio-coracoïdienne et que la pression de l'air appliquée à la surface du bras agit efficacement pour appuyer la tête humérale contre cette voûte. Ce n'est donc pas la surface de la cavité glénoïde, mais la surface (tournée du côté d'en bas) de la voûte sous-acromiale qui doit servir de base à notre calcul. L'influence de la pression de l'air calculée d'après ces données étant certainement supérieure au poids du bras, celui-ci est entièrement supporté par cette pression et transmis en définitive, par l'intermédiaire de l'omoplate sur les jambes et sur le sol.

Ainsi s'explique le fait bien connu que nous sentons à peine

le poids de nos bras et que nous pouvons les porter suspendus à nos épaules pendant des journées entières, durant de longues marches, etc., sans ressentir une fatigue bien sensible.

*Action des muscles.* — Le rôle des muscles ressort clairement de ce qui précède. Il est indispensable pour que la pression de l'air exerce son effet d'une manière utile, que la capsule articulaire adhère à la face profonde des muscles qui entourent l'épaule. Il faut de plus que les muscles soient intacts, qu'ils jouissent de leur innervation normale et qu'ils se trouvent dans cet état de légère contraction que l'on désigne sous le nom de *tonus*, état qui caractérise le muscle vivant et qui est comme on sait sous l'influence des nerfs. Le deltoïde entre autres doit offrir une épaisseur et une tension suffisantes pour que la pression extérieure ne le refoule pas dans l'interstice sous-acromial.

On sait en effet que lorsque le deltoïde est atrophié (spécialement dans la paralysie infantile), la tête humérale abandonne sa cavité et qu'elle tombe à 2 ou  $2\frac{1}{2}$  cm. environ au-dessous de la position normale.

Toutefois, nous ne saurions admettre que les muscles suspenseurs de l'épaule se trouvent (lorsque le bras est pendant) dans un état permanent de contraction. Notre opinion diffère à cet égard de celle du professeur H. von Meyer et se rapproche bien plutôt de celle de Henke.

En effet, outre que cet état de contraction causerait au bout de quelques instants une fatigue insupportable, il est clair qu'une disposition de ce genre gênerait au plus haut degré la liberté des mouvements, empêcherait le libre balancement du bras (à cause de la tension des antagonistes) et nécessiterait pour chaque déplacement de l'humérus un effort considérable des muscles actifs.

En résumé nous admettons que les muscles contribuent indirectement à la suspension du bras, mais qu'ils ne sont pas les agents actifs de cette fonction, la pression atmosphérique suffisant dans l'état normal pour faire équilibre à l'effet de la pesanteur.

C'est donc, si notre raisonnement est juste, seulement lorsque le bras est chargé d'un poids trop lourd, ou bien, lorsque quittant la position verticale, l'humérus se déplace en sens divers, que les muscles de l'épaule se contractent d'une manière active.

Les considérations qui précèdent rendent compte, nous semble-t-il, du développement exceptionnel qu'ont pris l'acromion et

l'apophyse coracoïde chez l'homme et déjà chez les singes.

Ces os ont dû se développer progressivement et proéminer au-dessus de l'épaule, afin de permettre la formation de cette cavité « supplémentaire » qui joue un rôle si essentiel dans le mécanisme de la suspension du bras.

Les quadrupèdes chez lesquels la cavité glénoïde regarde à peu près directement en bas et qui n'ont en conséquence pas besoin d'une cavité accessoire, offrent généralement un acromion et une apophyse coracoïde rudimentaires et atrophies.

Est-il besoin de remarquer que le développement de ces saillies osseuses est encore en rapport avec la disposition des muscles ? Les mouvements de l'épaule étant beaucoup moins variés chez les quadrupèdes qu'ils ne le sont chez l'homme, il est clair que l'atrophie de l'acromion et de l'apophyse coracoïde a été influencée également par la réduction des muscles.

#### ANALYSE DES MOUVEMENTS

Je m'occupe uniquement ici des mouvements de l'humérus, renvoyant le lecteur pour ce qui concerne les déplacements de l'omoplate aux mémoires de Lewinsky (77), Cleland (81), Cathcart (84), Braune et Fischer (88), Lane (88), Poirier (90), Steinhäusen (99) et Mollier (1900).

Bien que l'humérus puisse exécuter un grand nombre de mouvements et que l'on puisse en conséquence admettre théoriquement un grand nombre d'axes passant par le centre de la tête articulaire, il suffit de considérer trois genres de mouvements et trois axes principaux se coupant à angle droit.

1. Le mouvement d'adduction et d'abduction répondant à un axe antéro-postérieur.

2. Le mouvement en avant et arrière (balancement) répondant à un axe transverse.

3. Le mouvement de rotation répondant à un axe vertical.

Un quatrième genre, le mouvement de circumduction, résulte de la combinaison des deux premiers.

Ces mouvements peuvent être mesurés avec une précision presque mathématique, si l'omoplate ayant été clouée sur un support vertical, on fait mouvoir l'humérus dans les trois directions indiquées, autour d'axes perpendiculaires les uns sur les autres.

L'amplitude des déplacements est donnée par un cercle gradué qui est maintenu immobile dans le plan du mouvement et que

l'on *centre* aussi exactement que possible sur le milieu de la tête articulaire (point de croisement des axes).

Il faut remarquer toutefois qu'en procédant de cette manière, la position donnée à l'omoplate ne répond pas tout-à-fait à la réalité. En effet, l'omoplate prend sur notre support une direction exactement transverse, tandis que chez le vivant elle est oblique de dedans en dehors et d'arrière en avant. Il résulte de ce fait que pour certains sujets, lorsque l'omoplate est clouée dans une position transverse, l'humérus vient buter contre l'apophyse coracoïde dans le balancement en avant, et que ce genre de mouvement s'exécute avec une amplitude moindre qu'à l'état normal. Il serait donc plus exact de donner à l'omoplate une direction oblique. En d'autres termes, le mouvement en avant combiné avec une légère abduction correspondrait plus exactement à celui qui s'effectue chez le vivant. Toutefois la position de l'omoplate variant d'une espèce à l'autre, il est plus commode, si l'on veut comparer l'épaule de l'homme avec celle des animaux, de donner à l'omoplate une direction transverse, et de mesurer les déplacements de l'humérus par rapport au plan de celle-ci, sans se préoccuper de sa position réelle.

On voit alors que le mouvement que nous nommons *abduction* chez l'homme répond plutôt au mouvement en avant chez le quadrupède, et le mouvement que nous nommons *adduction* chez l'homme au mouvement en arrière.

Remarquons à ce propos qu'il n'est pas logique d'appeler le mouvement en avant *flexion*, comme on le fait quelquefois dans l'anatomie humaine, et le mouvement en arrière *extension*. En effet, le mouvement de *flexion* est celui par lequel deux segments d'un membre se rapprochent l'un de l'autre ; c'est l'inverse pour l'*extension*. Tenant compte de ces données, à propos des mouvements des quadrupèdes, on se convainc aisément que le mouvement en arrière correspond à la *flexion* de l'humérus, et le mouvement en avant à l'*extension*.

Au surplus les résultats diffèrent suivant que la cavité glénoïde est plus ou moins élevée ou abaissée. Si, par exemple, on place l'omoplate humaine de façon que le bord spinal soit absolument vertical (à l'aide du fil à plomb), le bras pendant se trouve déjà à la limite de l'*adduction*. Partant de cette position, on trouve : *adduction* 0°, *abduction* 100-105°. L'humérus s'élève de 10-15° au-dessus de l'*horizontale*.

Ces conditions étant exceptionnelles, il vaut mieux, nous semble-t-il, choisir la position dans laquelle l'épine de l'omoplate est dirigée horizontalement et le bord spinal par conséquent un peu incliné de haut en bas et de dehors en dedans. C'est en effet cette dernière position que prend l'omoplate chez un homme bien conformé, quand le bras pend librement le long du corps. On trouve alors : adduction 10-15°, abduction 90°. L'amplitude totale mesure encore 100-105°, mais le bras ne s'élève pas au-dessus de l'horizontale.

J'ai mesuré l'amplitude des mouvements sur 4 sujets désignés par les lettres A, B, C, D.

A. Homme de 57 ans (ouvrier), fortement musclé. Ce sujet offrait une échancrure coracoïde largement évidée.

- B. Homme de 29 ans (tailleur).
- C. Homme de 64 ans (ouvrier).
- D. Homme adulte (âge inconnu).

*Sujet A.* — L'omoplate est clouée contre le support dans sa position habituelle (épine horizontale), l'humérus s'abaisse par son propre poids ; il faut le remettre en place pour exécuter les mouvements.

Je trouve, à partir de la position verticale :

Adduction 11°. Abduction 90° et même 96° (en faisant tourner l'humérus un peu en dehors). Amplitude totale du mouvement d'adduction et d'abduction : 101-107°.

Mouvement en arrière. 50° (en forçant 57°). Mouvement en avant 40°. L'humérus est arrêté par l'apophyse coracoïde. J'obtiens 67° en exécutant un léger mouvement d'abduction et de rotation en dehors. Amplitude totale du mouvement d'arrière en avant : 1<sup>er</sup> cas 90-97° ; 2<sup>me</sup> cas 117-124°.

Rotation : Amplitude totale 105, en forçant un peu 110°. L'amplitude de la rotation reste la même (110°) si l'on effectue en même temps une abduction de 45°.

L'étendue relativement faible du mouvement en avant s'explique : 1° par le fait que l'omoplate était clouée dans une position transverse ; 2° par un état anormal de la capsule. On constate en effet en disséquant plus complètement la dite pièce que le tendon du biceps (long chef) est sorti de sa gouttière et qu'il est réduit à une bride partiellement soudée à la capsule ; la gout-

tière elle-même est presque comblée. (Arthrite sèche avec usure consécutive du tendon.)

*Sujet B.* — Les muscles de l'épaule ont été mis à nu ; le reste du bras est intact. L'omoplate est clouée au support dans la position relevée (bord spinal vertical), l'épine un peu oblique de dedans en dehors et de bas en haut. Grâce à cette disposition, la tête humérale se maintient d'elle-même dans la cavité, immédiatement en dessous de l'acromion. Il suffit en revanche d'incliner légèrement le support de manière à effectuer une abduction de 10-15°, pour que la tête humérale s'abaisse en glissant le long de la glène.

J'obtiens : Adduction 0°. Abduction 105° (110° et même 115°, si l'on exécute en même temps une légère rotation en dehors ; 85° seulement si l'on exécute au contraire une rotation en dedans).

Mouvement en avant 90°, à condition toutefois de porter le bras légèrement en dehors. Mouvement en arrière 45°. Amplitude totale du mouvement d'avant en arrière : 135°.

Si l'on effectue en même temps une rotation en dedans, l'amplitude du mouvement en arrière reste la même, tandis que le mouvement en avant s'arrête à 60-70°. L'humérus va dans ce cas-là buter contre l'apophyse coracoïde.

Rotation. Partant de la position dans laquelle la grosse tubérosité regarde directement en dehors, je trouve : Rotation en dedans 30°, en dehors 75° ; amplitude totale de la rotation 105°.

*Expérience relative à la suspension de l'épaule.* — Nous savons déjà que dans la position relevée de l'omoplate, la tête humérale reste suspendue par l'effet des ligaments.

Afin de mieux préciser la nature de ce mécanisme, j'essaie sur ce même sujet B de charger le bras de poids de plus en plus lourds. Les poids sont placés dans un sac suspendu au poignet. J'arrive ainsi au poids de 9 kg. sans observer d'abaissement sensible.

J'incise le tendon du long chef du biceps, puis la moitié environ de la capsule en dessous et sur les côtés, enfin le ligament coraco-huméral lui-même, sans rien changer à la situation. En revanche, dès que je coupe la partie supérieure de la capsule et le faisceau sous-jacent au tendon du sus-épineux, le bras tombe ; la tête humérale n'étant plus retenue que par quelques fibres latérales s'abaisse aussitôt à 4 cm. en dessous de l'acromion.

*Sujet C.* — L'omoplate est fixée dans la position relevée comme dans le cas précédent.

Je trouve à partir de la verticale : Adduction 12°. Abduction 96° (112° en faisant tourner l'humérus légèrement en dehors).

Amplitude totale dans le premier cas : 108°.

» » dans le deuxième cas : 124°.

Mouvement en avant : 65°, en forçant 70°. Il faut pour atteindre l'horizontale (90°) porter le bras un peu en dehors. Mouvement en arrière : 45°, en forçant 50°. Amplitude totale 110°-120°.

Rotation : amplitude totale 110°.

*Sujet D.* — L'omoplate est placée dans la position naturelle (l'épine horizontale).

Je trouve à partir de la position verticale : Adduction 25°, abduction 90° (soit exactement jusqu'à l'horizontale) ; total 115°.

Mouvement en avant : 70°. On voit d'une manière très nette que le mouvement est limité par la rencontre de l'apophyse coracoïde avec l'humérus un peu en dessous de la petite tubérosité. L'amplitude devient un peu plus forte (80°) si l'on effectue en même temps une légère rotation en dehors (rotation qui éloigne un peu la petite tubérosité du bec de l'apophyse), mais il faut y ajouter un mouvement d'abduction, si l'on veut atteindre 90°.

Rotation. Partant de la position dans laquelle la grosse tubérosité est placée en dehors, je trouve : Rotation en dedans 60-70°, en dehors 45-55° ; Total 105-125.

Pour ce qui est de l'action des muscles (raccourcissement et allongement répondant aux divers mouvements), nous renvoyons à l'ouvrage de Duchenne (67) et au mémoire d'Eug. Fick et Em. Weber (77).

## L'ÉPAULE DU CHEVAL

*Omoplate*<sup>1</sup>. — Afin de faciliter la comparaison de l'omoplate des animaux avec le scapulum humain, je désignerai les bords comme suit :

Bord cervical ou coracoïdien = bord supérieur de l'homme.

— spinal = bord postérieur »

— axillaire = bord externe »

Comparée à celle de l'homme l'omoplate est longue et aplatie. La partie qui correspond à l'angle inférieur chez l'homme est

<sup>1</sup> Le scapulum et l'humérus du cheval sont représentés dans les ouvrages de Chauveau (71) et de Franck (92).

extrêmement réduite, le bord spinal relativement très court. L'épine, peu développée, s'élève graduellement à partir du bord spinal et atteint sa hauteur maximale (4 cm.) à 16 cm. de ce bord. Du côté de la glène, l'épine s'abaisse de nouveau et s'arrête assez brusquement à  $9 \frac{1}{2}$  cm. de cette cavité. Il n'y a pas trace d'acromion. On remarque en revanche au-dessus de la glène, dans le prolongement du bord cervical, un gros tubercule (*t. sus-glénoïdien*) qui donne attache au biceps et en dedans de celui-ci une petite saillie qui représente l'apophyse coracoïde.

Il n'y a pas d'échancrure coracoïdienne distincte ; celle-ci est représentée par la concavité du bord cervical.

La fosse sus-épineuse est étroite et allongée.

En haut, le long du bord spinal, se trouve un large épiscapulum fibrocartilagineux.

*Humérus.* — Relativement court et épais, un peu courbé en S, l'humérus du cheval offre un aspect inégal et tourmenté, dû au grand développement de ses extrémités articulaires, aux fortes dimensions des tubérosités et à la proéminence du bord antérieur qui s'élève en forme de crête (crête humérale).

La longueur de l'humérus était de 31 cm. sur le sujet examiné (omoplate 46). La largeur de l'épiphyse supérieure était de  $12 \frac{1}{2}$  cm., soit plus du tiers de la longueur ; la largeur de l'épiphyse inférieure de  $10 \frac{1}{2}$ .

La tête articulaire, large et aplatie, comme enserrée entre les deux tubérosités, regarde directement en arrière, du côté de la fosse olécranienne.

La grosse tubérosité, proéminente en avant et en haut, aplatie dans le sens antéro-postérieur, donne attache par son bord postérieur au tendon du sous-épineux. Sa face externe, tournée en dehors et un peu en avant, porte une facette encroûtée de cartilage en vue du même muscle, dont le faisceau superficiel glisse par-dessus et va se fixer au bord antérieur.

La petite tubérosité, située en dedans, aplatie sur sa face interne, donne attache au muscle sous-scapulaire par son bord postérieur.

La crête humérale, mentionnée ci-dessus, dévie en haut et en dehors et se termine en dessous de la grosse tubérosité par une saillie abrupte (tubérosité deltoïdienne) considérée comme l'homologue du troisième trochanter fémoral. Elle donne attache au faisceau postérieur du deltoïde et au petit rond.

Au devant de la tête articulaire, entre les bords antérieurs

très proéminents des deux tubérosités, se trouve la gouttière bicipitale relativement énorme (large de 7 cm.), divisée par un relief médian en deux coulisses secondaires, une externe plus large et une interne plus étroite. C'est un bel exemple de poulie double. Les deux coulisses et la saillie intermédiaire sont encroûtées d'un cartilage lisse sur lequel glisse le tendon du biceps dans son mouvement de va-et-vient. Celui-ci est renforcé par un noyau fibrocartilagineux creusé d'une fossette qui s'emboîte exactement sur le relief médian.

Il est à peine besoin de remarquer que l'épaisseur de l'épiphyse doit, ainsi que la proéminence des diverses tubérosités, augmenter à un haut degré la puissance des muscles. L'élévation de la gouttière bicipitale au-dessus de l'axe de flexion (élévation beaucoup plus considérable que chez l'homme) favorise l'action du biceps comme extenseur de l'omoplate. La poulie double si large et si profonde sur laquelle glisse le tendon contribue d'autre part à consolider l'articulation et à régler son mouvement dans le sens antéro-postérieur (mouvement habituel de flexion et d'extension).

*Capsule articulaire.* — La capsule est très mince, plus mince que celle de l'épaule humaine. En revanche elle est entourée de muscles puissants, à la face profonde desquels elle adhère de toute part. Le tendon du biceps, appliqué à la face externe de la capsule, possède sa synoviale propre et ne pénètre pas dans la cavité articulaire comme celui de l'homme.

*Surfaces articulaires.* — La portion articulaire de la tête humérale s'allonge d'arrière en avant (dans le sens du mouvement habituel), tandis qu'elle se rétrécit dans le sens transverse, ensuite de la réduction des mouvements autres que la flexion et l'extension.

Sur la coupe sagittale (Fig. 3) la surface cartilagineuse correspond à un arc de 152° environ (chez l'homme 153°,3). Sa longueur mesurée à la chevillière est de 9 cm. 3 (chez l'homme 7 cm.).

Divisant la surface en centimètres et notant pour chacun d'eux à l'aide du compas le centre de courbure et la longueur du rayon, j'ai trouvé en comptant d'arrière en avant :

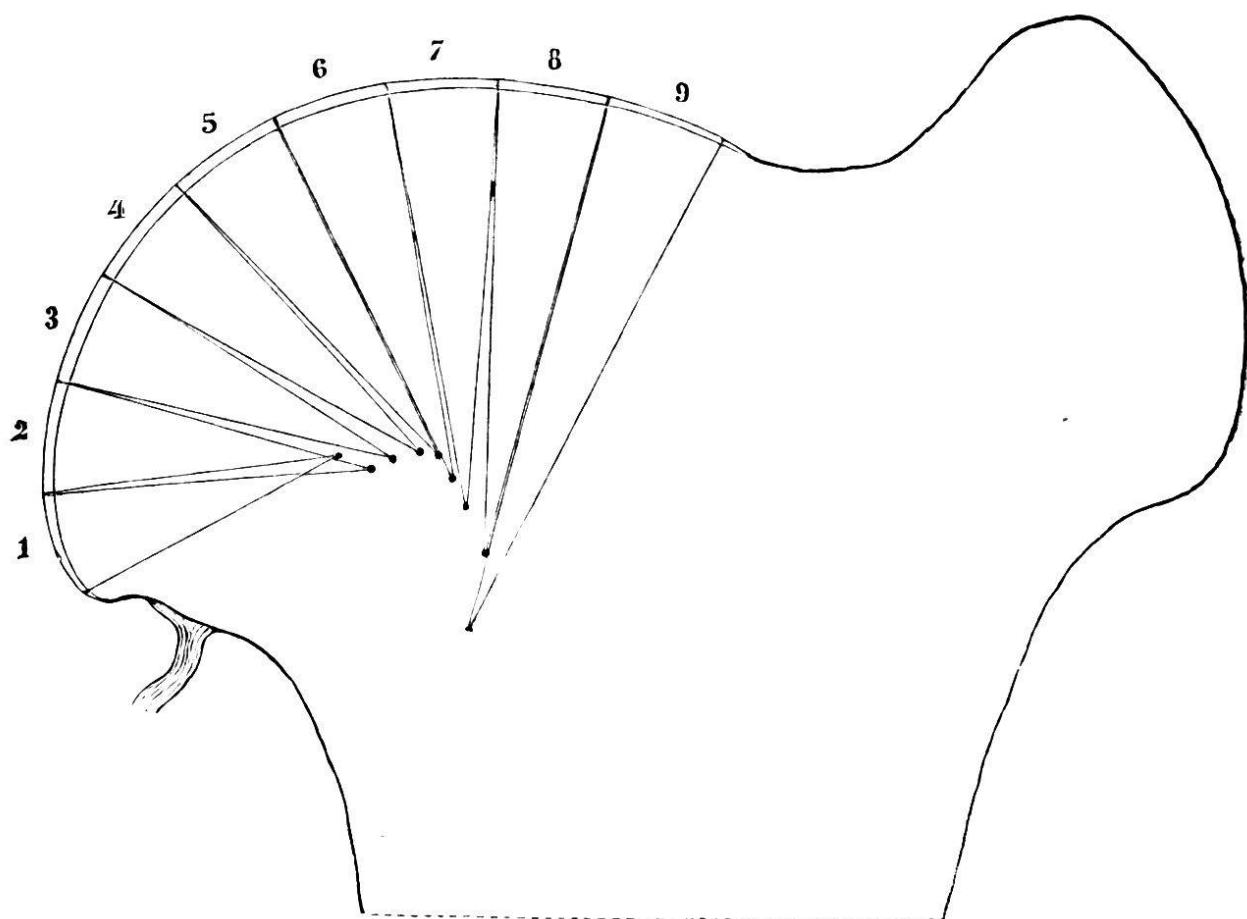


Fig. 3. — Tête humérale du cheval. Coupe sagittale. Grandeur naturelle.

	Rayon		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre	21,5 mm.	6 <sup>e</sup> centimètre	36 mm.
2 <sup>e</sup> "	24      "	7 <sup>e</sup> "	39      "
3 <sup>e</sup> "	30      "	8 <sup>e</sup> "	43      "
4 <sup>e</sup> "	31,5      "	9 <sup>e</sup> "	50      "
5 <sup>e</sup> "	33,5      "		

On voit que le rayon de courbure grandit beaucoup plus rapidement que chez l'homme. Laissant de côté le premier segment plus fortement courbé, nous pouvons dire que le rayon passe graduellement du simple au double (24 à 50 mm). Il grandit plus rapidement pour les derniers segments.

On constate de plus que la coupe est limitée par une ligne spirale assez régulière; l'épaule du cheval appartient franchement au type spiral. A la développante correspond une développée (ligne des centres) assez régulière également, infléchie au début puis de moins en moins courbée; seul le premier centre se trouve un peu en dehors.

Notre coupe étant assez exactement sagittale, on voit que

l'axe s'enfonce dans l'épaisseur de l'os lorsqu'on passe de la flexion à l'extension et se rapproche au contraire de la surface, lorsque le mouvement s'effectue en sens inverse.

Sur la coupe transverse (fig. 4) la surface cartilagineuse

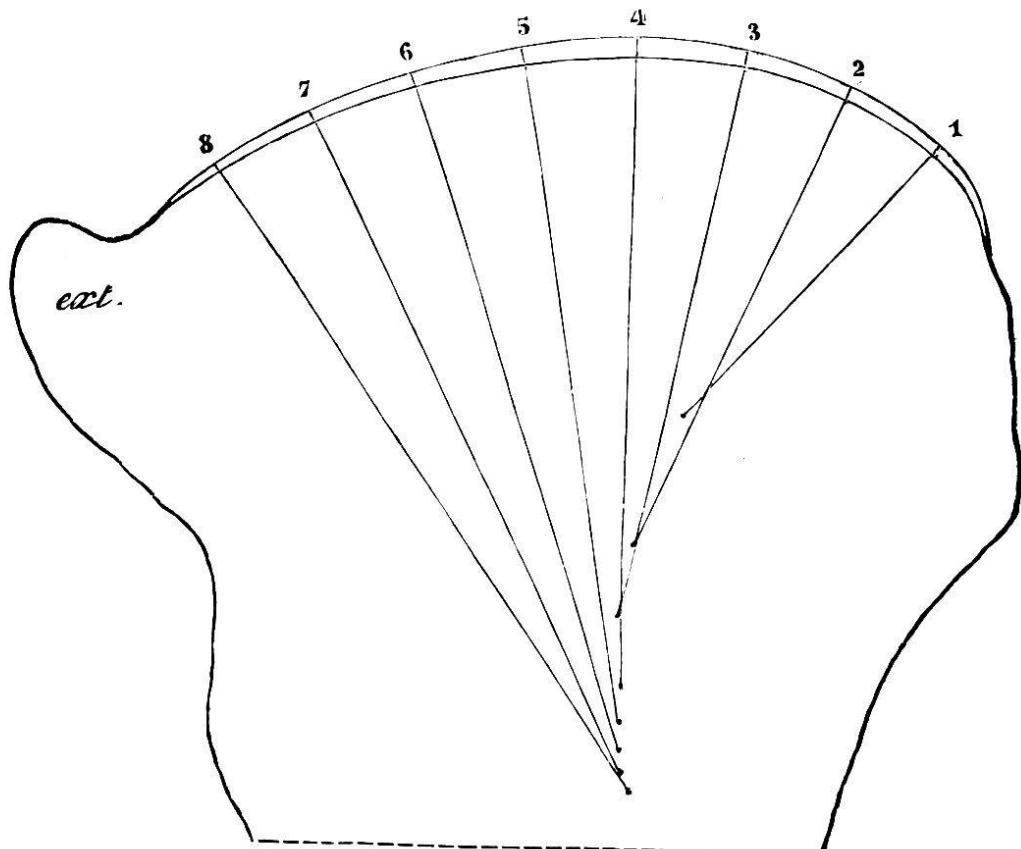


Fig. 4. — Tête humérale du cheval. Coupe transverse à  $4 \frac{1}{2}$  cm. du bord antérieur. Grandeur naturelle. *Ext.* côté externe de la coupe.

correspond à un arc de  $81^\circ$ . (Chez l'homme 151,1). Sa longueur, mesurée à la chevillière, est de 84 mm. (Chez l'homme 78.) Faiblement courbée, elle a un rayon moyen de 58 mm. environ. (Chez l'homme 27 mm.) On remarque encore à la simple inspection de la figure que le rayon grandit dans le sens de dedans en dehors, la surface articulaire étant plus aplatie du côté externe.

Divisant la surface en centimètres, j'ai trouvé les chiffres suivants qui indiquent la longueur des rayons correspondants :

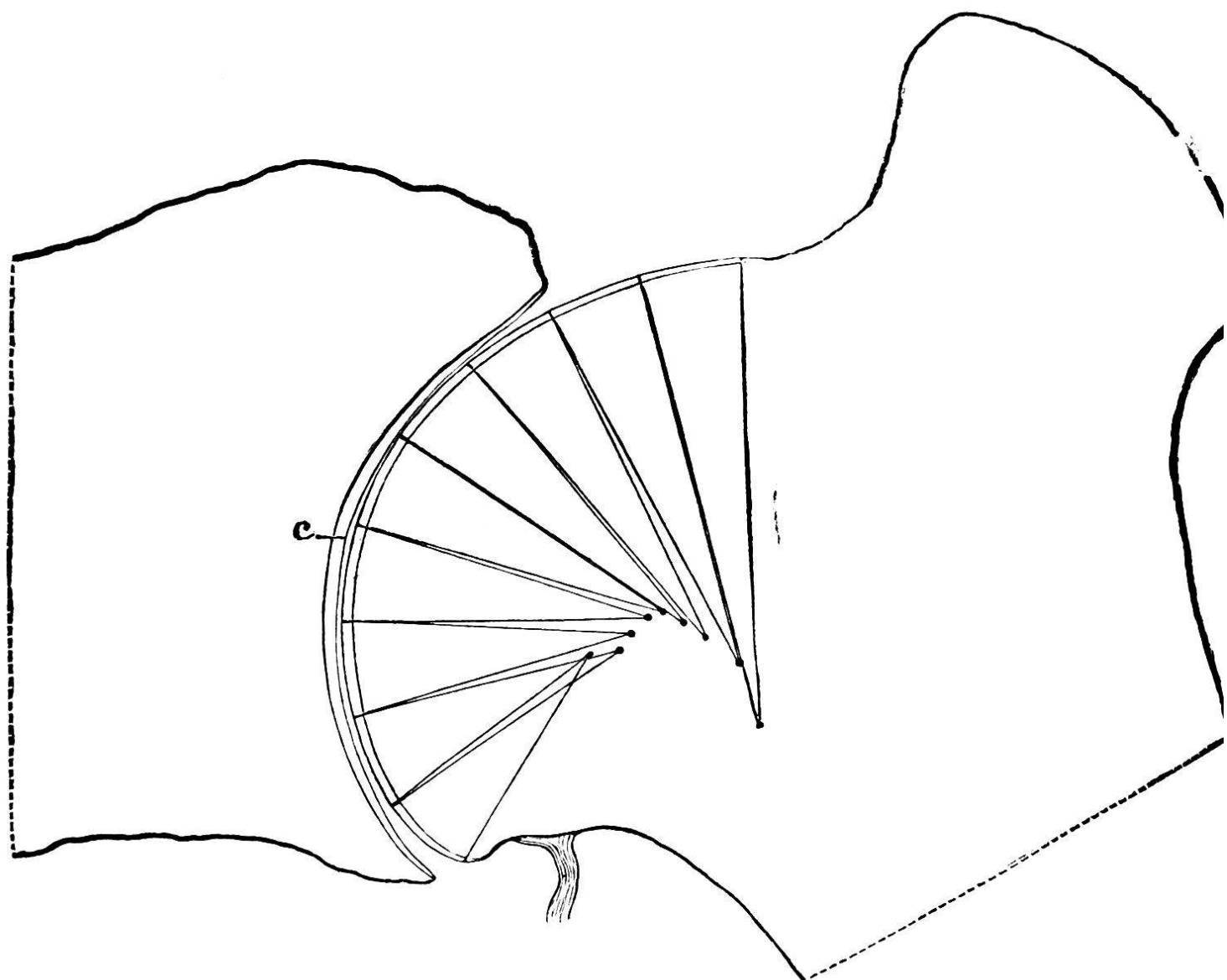
	Rayon		Rayon
1 <sup>er</sup> centimètre	32 mm.	5 <sup>e</sup> centimètre	$58 \frac{1}{2}$ mm.
2 <sup>e</sup> »	43 »	6 <sup>e</sup> »	61 »
3 <sup>e</sup> »	$49 \frac{1}{2}$ »	7 <sup>e</sup> »	63 »
4 <sup>e</sup> »	$55 \frac{1}{2}$ »	8 <sup>e</sup> »	65 »

La ligne des centres est faiblement courbée.

L'axe s'enfonce du côté du corps de l'os, lorsque la rotation se fait de dedans en dehors et se rapproche au contraire de la surface, quand le mouvement s'effectue en sens inverse.

La cavité glénoïde, beaucoup plus grande et plus étendue que celle de l'homme, mesure 7,5 cm. (arc = 96°, rayon moyen 30 mm.) dans le sens sagittal, et 5,8 cm. (arc = 58°, rayon moyen 58 mm.) dans le sens transverse, dimensions en rapport avec la faible amplitude des mouvements.

On constate enfin en plaçant la coupe de la tête humérale contre celle de la glène dans la position fléchie (fig. 5), que les deux surfaces articulaires offrent une concordance presque parfaite.



*Fig. 5. — Epaule du cheval, — Coupe sagittale dans la position fléchie.— Grandeur naturelle. c. centre de la glène.*

Il en est encore de même dans la position moyenne; dans l'extension, au contraire, la discordance devient assez manifeste, fait qui s'explique facilement par l'agrandissement du rayon de courbure de l'humérus.

On voit de plus que le mouvement d'extension est arrêté brusquement par la rencontre du bord supérieur de la glène avec la grosse tubérosité, tandis que le mouvement de flexion est limité par la tension de la capsule avant la rencontre du bord inférieur avec le col.

La coupe transverse (fig. 6) montre de même que la rotation en dehors est arrêtée par la rencontre du bord externe de la glène avec la grosse tubérosité, tandis que la rotation en dedans est limitée simplement par la tension de la capsule.

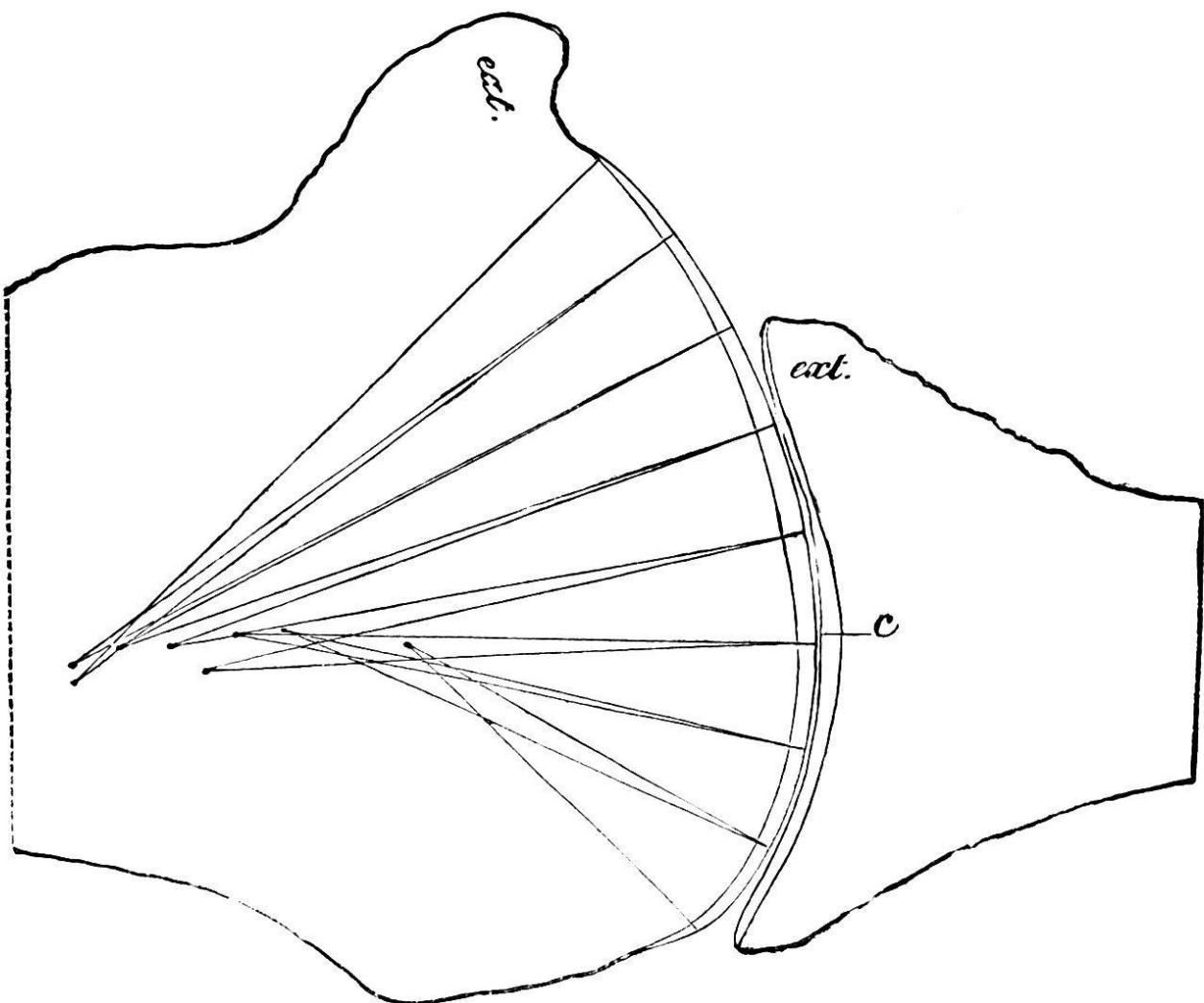


Fig. 6. — Epaule du cheval. Coupe transverse. Grandeur naturelle. *c.* centre de la glène. *ext.* côté externe de l'articulation.

*Mesure des arcs.*

	Coupe sagittale	Coupe transverse
Arc de la tête humérale . . .	152°	81°
» glène . . . . .	96°	58°
Différences . . .	56°	23°

*Mesure de mouvements.*

L'articulation ayant été préparée, les muscles sectionnés, j'ai fixé l'omoplate contre une planchette verticale servant de support, et j'ai mesuré l'amplitude des mouvements à l'aide d'un cercle gradué, centré aussi exactement que possible sur le centre de la tête humérale.

**Mouvement en avant et en arrière. (Extension et flexion.)**

Ce mouvement qui est le plus habituel et le plus important de l'épaule du quadrupède s'effectue dans le plan de l'omoplate.

Le scapulum ayant une direction à peu près sagittale, l'humérus s'écarte du bord axillaire, lorsque le coude se porte en avant (extension) et se rapproche au contraire de ce bord, lorsque le coude se porte en arrière (flexion). L'extension de l'humérus du cheval pourrait être comparée sous ce rapport à l'abduction, la flexion à l'adduction de l'humérus humain.

Partant de la position dans laquelle l'humérus fait un angle droit avec l'épine de l'omoplate, j'ai trouvé :

	Chez le cheval	(Homme)
Mouvement en arrière	20°	45°
» en avant .	35°	90°
Amplitude totale	55°	135°

Une légère rotation de l'humérus en dedans augmente de 5° environ le mouvement en avant et diminue de 15° le mouvement en arrière.

Inversément, une légère rotation en dehors diminue de 5° environ le mouvement en avant et de 10° le mouvement en arrière. La rotation en dehors limite donc à un plus haut degré l'amplitude de l'excursion.

Remarquons que le chiffre obtenu par l'expérience correspond assez bien au chiffre obtenu par le calcul. La surface convexe

mesurant un arc de 152° et la surface concave un arc de 96°, la différence 56° correspond à peu près à l'amplitude du mouvement d'extension et de flexion.

Chez le vivant l'excursion de l'humérus est réduite dans la marche, le trot, etc., par le fait que l'omoplate se meut régulièrement en sens inverse. L'omoplate se redresse (tend à devenir verticale) au moment où le bout inférieur de l'humérus se porte en avant et s'abaisse (redévient oblique) au moment où le bout inférieur de l'humérus se porte en arrière.

Le mouvement se partage entre les deux os ; le scapulum s'étend et se fléchit en même temps que l'humérus.

Le biceps qui est fusionné en un chef unique et dont l'énorme tendon s'insère au tubercule sus-glénoïdien, joue le rôle d'un ligament actif et redresse l'omoplate au moment où l'avant-bras s'étend et tire sur son attache inférieure. C'est sans doute en vue de cette action que le biceps du cheval est partiellement fibreux. Quant au fibrocartilage, très volumineux lui aussi, qui se développe dans l'épaisseur du tendon, il contribue pour sa part à assurer la précision des mouvements, mais son rôle principal est de protéger celui-ci contre l'usure au point où il se réfléchit et a en conséquence la plus forte pression à supporter.

**Abduction et adduction.** Nous appelons ainsi le mouvement en vertu duquel l'humérus se porte alternativement en dehors ou en dedans du plan médian (antéro-postérieur) de l'animal. L'excursion se fait dans un plan à peu près perpendiculaire à celui de l'omoplate.

Au moment de l'expérience, l'humérus, à demi-fléchi, était à angle droit avec l'épine de l'omoplate.

Partant de la position dans laquelle l'os du bras se trouve dans le plan du scapulum, j'ai noté :

	Chez le cheval	(Homme)
Abduction	15°	95°
Adduction	55°	10°
Amplitude totale	70°	105°

Si l'on effectue en même temps une rotation en dehors :

Abduction	10°
Adduction	40°
Amplitude totale	50°

Chez le vivant l'adduction est beaucoup plus limitée à cause

de la rencontre de l'humérus avec la paroi du corps. Il faut tout au plus compter 15° d'abduction et 15° d'adduction, soit une amplitude de totale 30°. Notre expérience montre simplement que l'adduction, mesurée sur le cadavre, n'est limitée ni par la forme des surfaces articulaires, ni par la tension de la capsule. L'abduction de l'humérus est un peu augmentée d'autre part, chez le vivant, par le fait que l'omoplate prend part au mouvement et s'écarte plus ou moins des parois du corps.

**Rotation.** Nous appelons ainsi le mouvement de l'humérus autour d'un axe dirigé dans le sens de sa longueur.

Dans notre expérience l'humérus formait comme précédemment un angle droit avec l'épine de l'omoplate. Partant de la position habituelle, c'est-à-dire de celle dans laquelle la coulisse bicipitale est dirigée en avant (l'olécrane en arrière), j'ai trouvé :

	Chez le cheval	(Homme)
Rotation en dehors	30°	75°
» en dedans	30°	30°
Amplitude totale	60°	105°

Ici encore les chiffres obtenus sur le cadavre sont manifestement trop forts. En effet la tête humérale comprenant un arc de 81° dans le sens transverse, la cavité glénoïde un arc de 58°, la différence 23° doit exprimer à peu près les limites ordinaires du mouvement de rotation. Notre expérience montre simplement que sur le cadavre la rotation n'est limitée jusqu'à 60° ni par la capsule, ni par la rencontre des bords osseux.

En résumé nous admettons comme mesure des mouvements normaux chez le cheval :

	(Homme.)	
Extension et flexion . . . . .	56°	135°
Abduction et adduction . . . . .	30	115
Rotation . . . . .	23	105

On voit combien ces mouvements (les deux derniers genres surtout) sont réduits en comparaison de ceux de l'homme.

## L'ÉPAULE DU BŒUF

*L'omoplate* moins allongée que celle du cheval, est plus large au bord spinal, plus triangulaire. L'épine est plus élevée (hauteur maximale  $4 \frac{1}{2}$  cm.) et finit à 7 cm. de la glène par un angle coupé droit. Il n'y pas d'acromion.

La fosse sus-épineuse est très étroite surtout au voisinage, du col. La fosse sous-épineuse en revanche est plus large que chez le cheval. La fosse sous-scapulaire est plus plane. Les rugosités correspondant aux insertions du grand dentelé ont une forme quadrangulaire.

Le bord cervical se confondant avec la base de l'épine, il n'y a pas trace d'échancrure coracoidienne.

Au-dessus de la glène s'élève un gros tubercule destiné à l'insertion du biceps. Ce muscle n'a ici encore qu'un seul chef. Une saillie plus petite, située en dedans et en avant de ce tubercule, représente l'apophyse coracoïde et donne attache au muscle coraco-brachial.

Il y a comme chez le cheval un épiscapulum cartilagineux très large.

*L'humérus*, assez semblable à celui du cheval, se distingue toutefois par les caractères suivants :

La crête antérieure est peu marquée, la tubérosité deltoïdienne à peu près nulle, le corps de l'os en conséquence plus régulier et plus arrondi.

La grande tubérosité, peu élevée, s'élève à peine au-dessus de la tête articulaire.

La petite tubérosité est au contraire très large ( $11 \frac{1}{2}$  cm.) et plus élevée que chez le cheval. Proéminant de 3 cm. au-dessus de la tête articulaire, elle s'avance au-dessus de la coulisse bicipitale en forme de crochet.

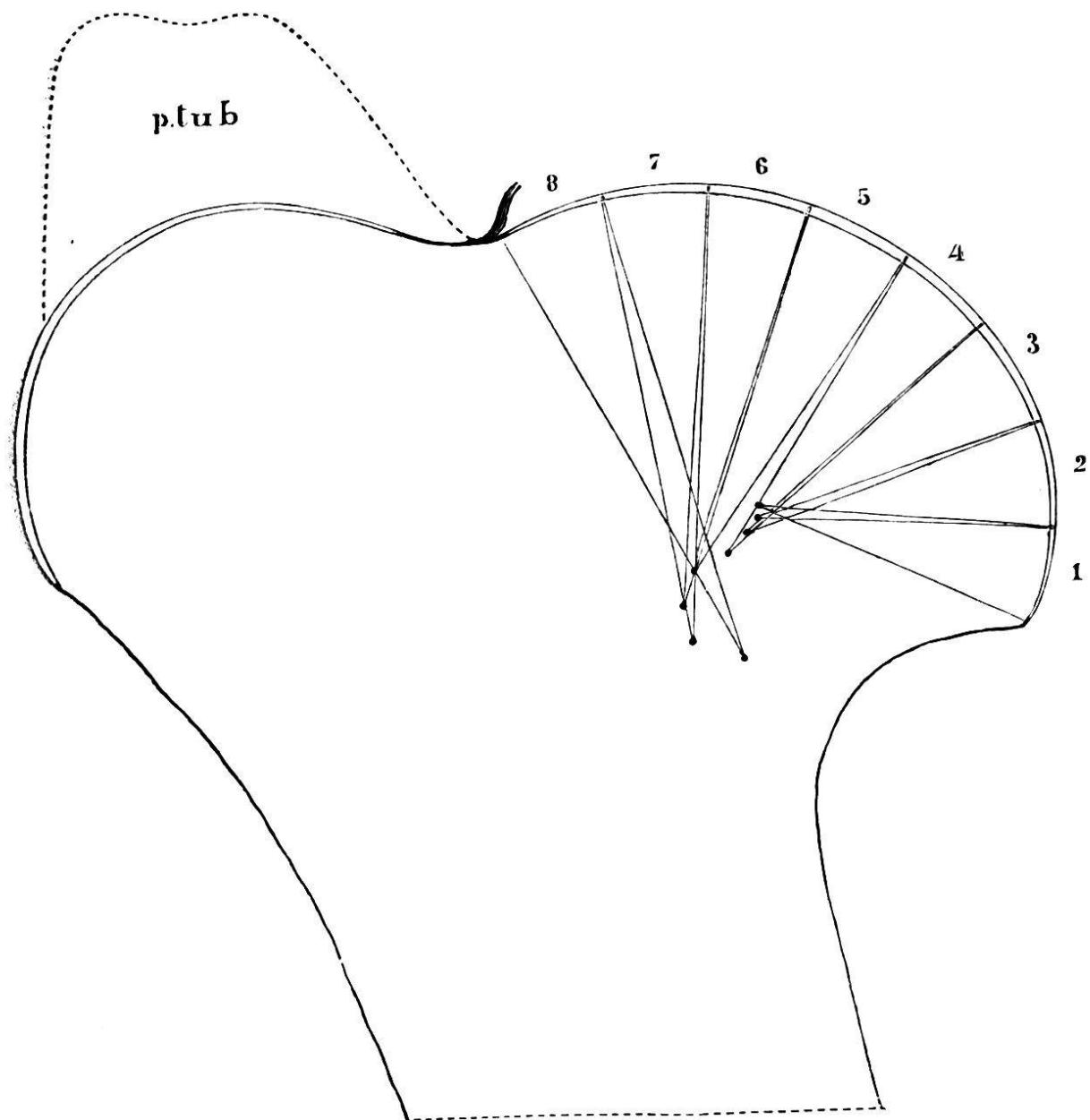
La gouttière bicipitale de moitié moins large que celle du cheval ( $3 \frac{1}{2}$  cm.) n'offre qu'un relief médian à peine marqué.

*Surfaces articulaires.* — La tête humérale est un peu moins aplatie que celle du cheval dans sa partie antérieure. La surface cartilagineuse mesure 8 cm. dans le sens sagittal (fig. 7), et comprend un arc de  $140^\circ$  (cheval  $152^\circ$ ).

Le rayon de courbure grandit de même d'arrière en avant, mais plus lentement que chez le cheval. La spirale est moins accusée.

Divisant la surface en centimètres, et notant pour chacun d'eux la longueur du rayon, j'ai trouvé les valeurs suivantes :

	Rayon.		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre	29 mm.	5 <sup>e</sup> centimètre	37 mm.
2 <sup>e</sup> "	30    "	6 <sup>e</sup> "	41    "
3 <sup>e</sup> "	31    "	7 <sup>e</sup> "	45    "
4 <sup>e</sup> "	34    "	8 <sup>e</sup> "	48    "



*Fig. 7.* — Tête humérale du bœuf. Coupe verticale. Grandeur naturelle.  
*p. tub.* Petite tubérosité. En dessous de la petite tubérosité se voit la poulie bicipitale encroûtée de cartilage et régulièrement convexe.

La coupe transverse (fig. 8), paraît déjà à la simple inspection moins aplatie que chez le cheval.

La surface, large de 10 cm., correspond à un arc de 106° (cheval 81°). Le rayon, qui mesure 54 mm. au milieu de la surface (segments 5-7), diminue de quelques millimètres en dedans et en dehors.

	Rayon.		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre	43 mm.	6 <sup>e</sup> centimètre	54 mm.
2 <sup>e</sup> "	43    "	7 <sup>e</sup> "	54    "
3 <sup>e</sup> "	43    "	8 <sup>e</sup> "	51    "
4 <sup>e</sup> "	48,5 "	9 <sup>e</sup> "	49    "
5 <sup>e</sup> "	54    "	10 <sup>e</sup> "	48    "

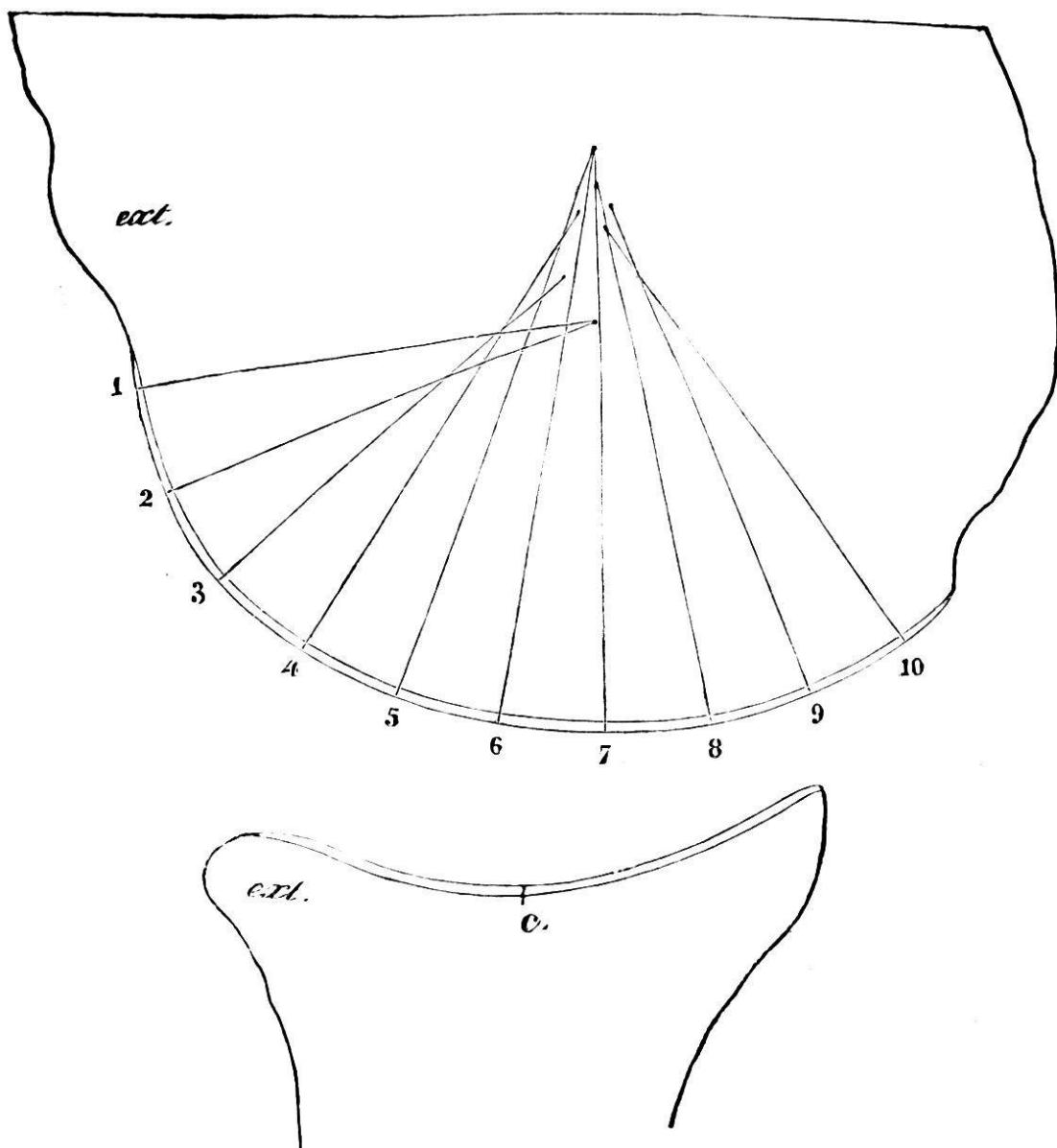


Fig. 8. — Tête humérale et glène du bœuf. Coupes transverses. Grandeur naturelle. *ext.* côté externe. La coupe de la tête humérale passe à 6 cm. en dessous du bord antérieur.

La glène de forme ovale ou même un peu réniforme (à cause de l'échancrure du bord externe) mesure 7 cm. de longueur sur 5 de largeur. Il n'y a pas de bourrelet glénoïdien. Le bord de la cavité est coupé carrément, surtout en dedans et en bas.

La capsule est très mince.

La synoviale s'attache en dedans et en dehors à environ 8 mm. du bord de la glène, tandis qu'en avant et en arrière elle s'insère exactement au bord.

On remarque ici encore, en plaçant la coupe de la tête humérale contre celle de la glène (fig. 9), que les deux surfaces cartilagineuses offrent une concordance à peu près parfaite.

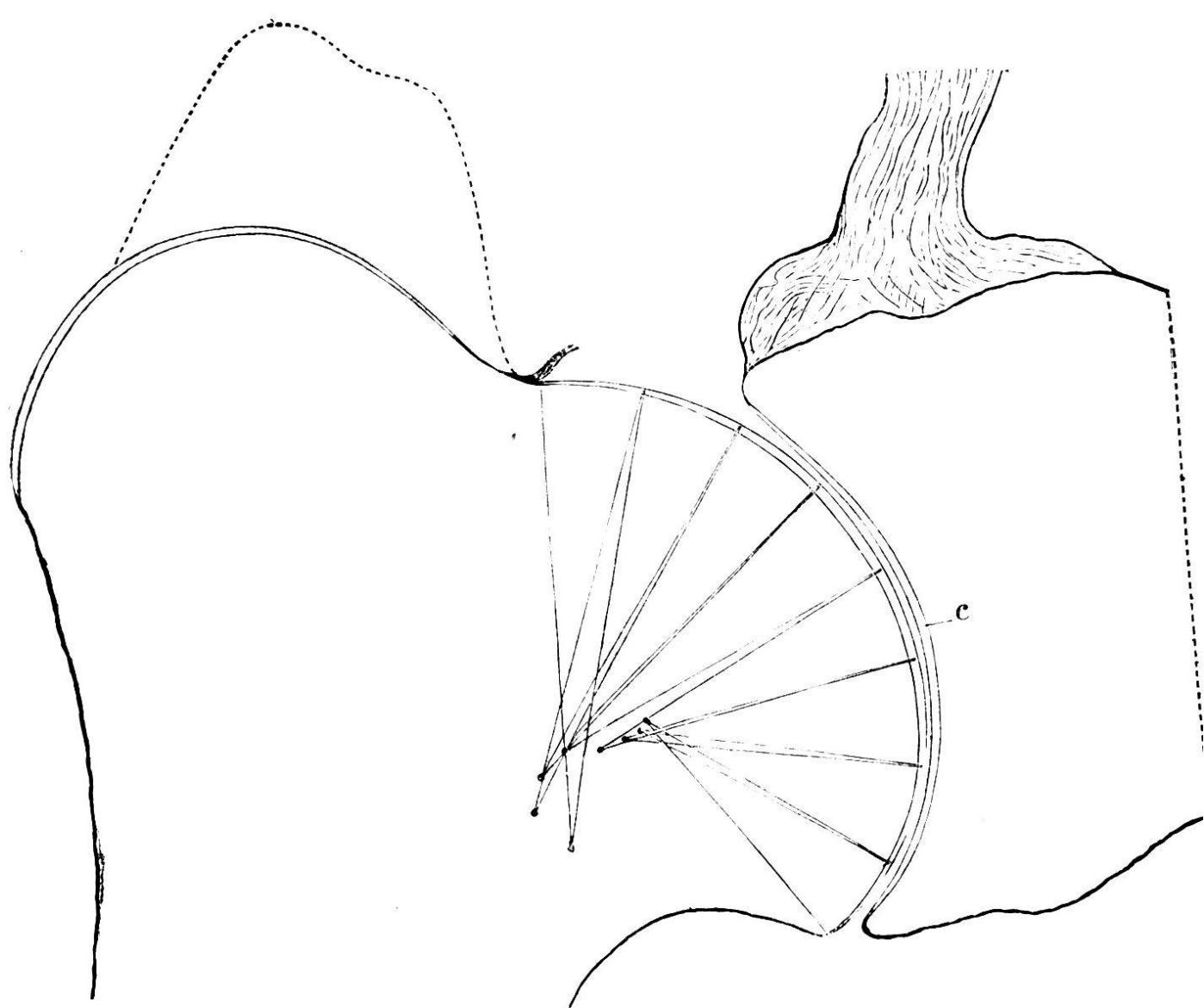


Fig. 9. — Epaule du bœuf. Coupe verticale dans la position fléchie. Grandeur naturelle. *c* milieu de la glène.

On voit que le mouvement d'extension est arrêté brusquement par la rencontre du bord supérieur de la glène avec la petite tubérosité, tandis que le mouvement de flexion est limité par la tension de la capsule avant la rencontre du bord inférieur de la glène avec le col huméral.

*Mesure des arcs.*

	Coupe sagittale.	Coupe transverse.
Arc de la surface humérale	140°	106°
» glène	100°	59°
Différences	40°	47°

*Mesure des mouvements.*

L'articulation a été préparée comme celle du cheval. L'omoplate est clouée contre un support vertical.

Flexion et extension (mouvement en arrière et en avant).

Partant de la position dans laquelle l'humérus est placé verticalement et l'épine de l'omoplate à angle droit avec ce dernier, j'ai trouvé :

	Bœuf.	Cheval.
Flexion . . . . .	20°	20°
Extension . . . . .	30°	35°
Amplitude totale	50°	55°

Le chiffre 50°, plus fort que la différence obtenue dans la mesure des arcs, montre qu'il se produit dans la flexion extrême un chevauchement des bords correspondant à 10° environ.

Abduction et adduction. — L'humérus formant encore un angle droit avec l'épine de l'omoplate, j'ai trouvé :

	Bœuf.	Cheval.
Abduction . . . . .	20°	15°
Adduction . . . . .	45°	55°
Amplitude totale	65°	70°

Chez le vivant l'adduction est plus limitée à cause de la rencontre de l'humérus avec les parois du corps.

Rotation. — Partant de la position intermédiaire, j'ai trouvé :

	Bœuf.	Cheval.
Rotation en dehors . .	35°	30°
» en dedans . .	30°	30°
Amplitude totale	65°	60°

Ici encore l'amplitude 65° est plus élevée que le chiffre 47° obtenu par la mesure des arcs. La rotation en dedans n'étant pas limitée par la rencontre des parties osseuses, il peut se produire un chevauchement des bords vers la fin du mouvement.

Une légère abduction diminue la rotation de 20°; une légère adduction réduit la rotation de 15 degrés.

En somme les chiffres ne diffèrent pas beaucoup de ceux qui ont été indiqués pour le cheval.

## L'ÉPAULE DU MOUTON

*L'omoplate*, en forme de triangle isocèle, rappelle en petit le scapulum du bœuf. Le bord axillaire est épais, le bord cervical largement évidé. Il y a un épiscapulum cartilagineux très grand, à bord arrondi, dépassant la partie osseuse en avant et en arrière. La fosse sus-épineuse est relativement très petite, la fosse sous-scapulaire profonde. L'épine, située à la réunion du cinquième supérieur avec les  $\frac{4}{5}$  inférieurs, commence à peu près au bord spinal, s'élève graduellement jusqu'au niveau du col et se termine brusquement en formant un angle droit. Il n'y a pas trace d'acromion. Le tubercule sus-glénoïdien est bien développé. Il y a en dedans de lui un tubercule coracoïdien distinct. Le biceps, fusionné en un chef unique, s'attache sur ces deux saillies.

*L'humérus*, court et épais, est légèrement courbé en S, avec l'extrémité inférieure projetée en avant. La partie supérieure de la diaphyse est un peu comprimée bilatéralement, la partie inférieure aplatie d'arrière en avant. La grosse tubérosité, placée en dehors et en avant, s'élève en forme de cône à 2 cm. environ au-dessus de la tête articulaire. La petite tubérosité, très développée, est située en dedans. La gouttière bicipitale, peu profonde, encroûtée de cartilage, large de  $1 \frac{1}{2}$  cm., se trouve sur la face antérieure immédiatement en dedans de la ligne médiane. La crête deltoïdienne est effacée. Un plan passant par le milieu de la tête articulaire forme avec l'axe du coude un angle de 85°.

*Surfaces articulaires.* — La tête humérale est semblable à celle du porc, mais moins aplatie. La glène, assez profonde, ovaire, offre une petite échancrure placée sur le bord supérieur en dessous du tubercule coracoïdien.

Mesures dans le sens vertical :

Tête humérale :  $5 \frac{1}{2}$  cm. ; arc  $148^\circ$  (rayon moyen 19 mm.).

Glène :  $3$  » arc  $88^\circ$

Différences :  $2 \frac{1}{2}$  »  $60^\circ$

Mesures dans le sens transverse :

Tête humérale : 5 cm. ; arc  $140^\circ$  (rayon moyen 23 mm.)

Glène :  $2 \frac{1}{2}$  » arc  $76^\circ$

Différences :  $2 \frac{1}{2}$  »  $64^\circ$

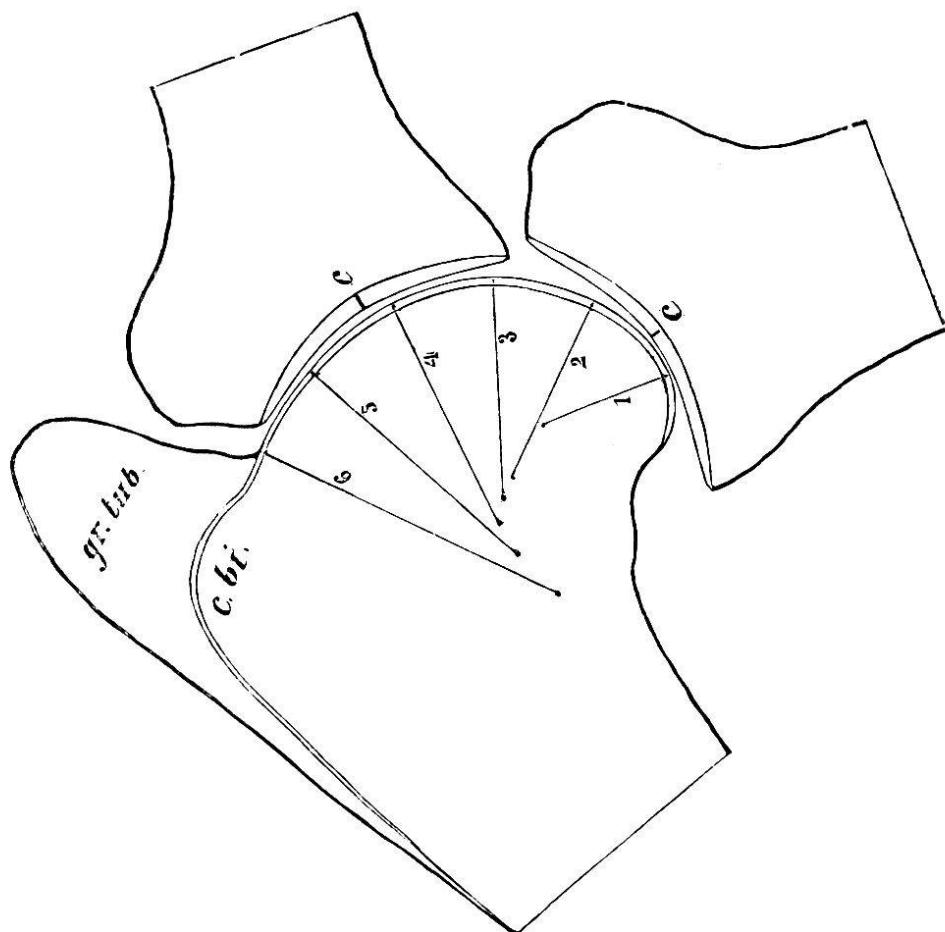


Fig. 10. — Epaule du mouton. Coupe sagittale montrant la position des surfaces articulaires en extension et en flexion. Grandeur naturelle. *gr. tub.* grande tubérosité. *c. bi.* coulisse bicipitale. *c.* milieu de la glène.

La figure 10 donne les dimensions des rayons de courbure mesurées sur la coupe verticale au moyen du compas, savoir :

	Rayon.		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre	12 mm.	4 <sup>e</sup> centimètre	21 mm.
2 <sup>e</sup> »	17 »	5 <sup>e</sup> »	24 »
3 <sup>e</sup> »	19 »	6 <sup>e</sup> »	29 »

On voit que le rayon grandit rapidement du premier au deuxième centimètre, plus lentement du deuxième au quatrième et de nouveau plus rapidement pour les deux derniers. En somme la surface est limitée par une ligne spirale bien caractérisée ; les centres de courbure (à l'exception du premier) dessinent une développée assez régulière.

Notre figure tracée d'après une coupe fraîche (la pièce était encore munie de la capsule) montre la glène dans deux positions extrêmes : en extension et en flexion. L'écart entre ces deux positions, mesuré avec un rayon moyen de 21 mm., donne un arc de  $76^\circ$ . Ce chiffre qui représente l'amplitude totale du mouvement dépasse, comme on le voit, le chiffre  $60^\circ$  indiqué ci-dessus. Cette différence s'explique par le fait que dans la flexion extrême le bord de la surface humérale chevauche au-dessus du bord inférieur de la glène.

On constate en outre que la concordance des surfaces, assez exacte dans l'extension, devient au contraire imparfaite dans la flexion et qu'à ce moment la tête humérale n'est en contact avec la glène que par une surface assez restreinte.

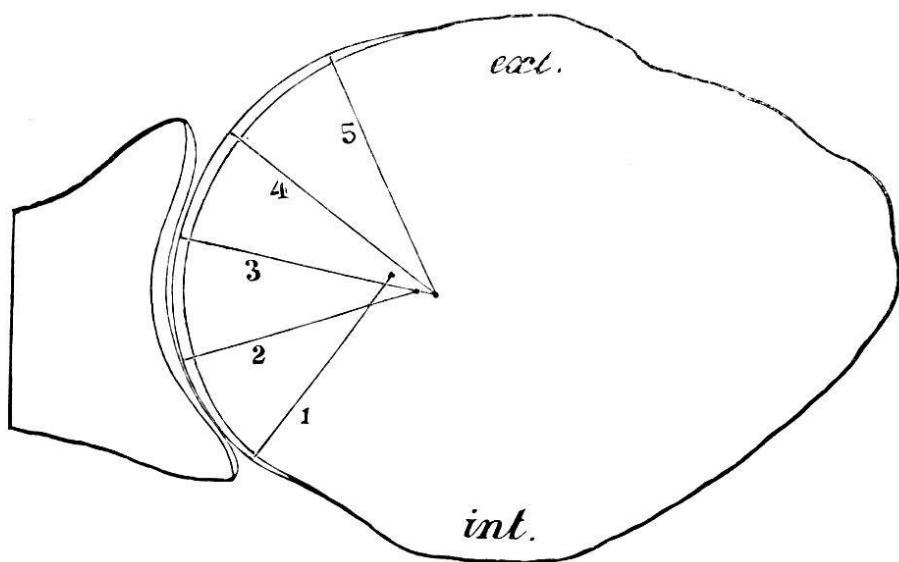


Fig. 11. — Epaule du mouton. Coupe transverse. Grandeur naturelle. *ext.* côté externe. *int.* côté interne.

La fig. 11 donne les dimensions du rayon de courbure mesurées sur la coupe transverse. J'ai trouvé en allant de dedans en dehors :

	Rayon.		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre	$20 \frac{1}{2}$ mm.	4 <sup>e</sup> centimètre	23 mm.
2 <sup>e</sup> " "	$21 \frac{1}{2}$ "	5 <sup>e</sup> " "	23 "
3 <sup>e</sup> " "	23 "		

On voit que la courbe est à peu près circulaire du côté externe, avec un rayon unique de 23 mm., tandis que du côté interne, elle s'incurve un peu plus fortement.

On constate en outre que la concordance est assez parfaite dans la rotation en dedans, la courbure de la glène dans le sens transverse correspondant à peu près à un rayon de 21 mm., tandis que dans la rotation en dehors il y a une discordance manifeste.

### *Mesure des mouvements.*

L'expérience a été faite sur deux extrémités fraîches.

**Flexion et extension.** — L'omoplate est fixée à une planchette verticale. L'humérus, tombant verticalement, fait avec l'épine scapulaire un angle de 90°. Partant de la position verticale, je trouve :

	1 <sup>er</sup> Sujet	2 <sup>e</sup> Sujet
Flexion (mouv. en arrière)	45°	50°
Extension (mouv. en avant)	35°	35°
Amplitude totale	80°	85°

La rotation en dedans diminue l'amplitude de l'extension de 20° environ ; le mouvement de flexion reste à peu près le même. Inversément la rotation en dehors diminue l'amplitude de la flexion, tandis que le mouvement d'extension reste à peu près identique.

Dans la flexion complète, la distance qui sépare l'olécrane (en extension) du bord axillaire de l'omoplate est de 5 1/2 cm. environ. La flexion de l'humérus est donc moins étendue que chez le chien.

**Abduction et adduction.** — Omoplate et humérus placés comme ci-dessus. Partant de la verticale, je trouve :

	1 <sup>er</sup> Sujet	2 <sup>e</sup> Sujet
Abduction . . . .	40°	30°
Adduction . . . .	50°	60°
Amplitude totale	90°	90°

Si l'on tourne l'humérus en dedans, l'amplitude de l'abduction diminue ; si au contraire, on tourne l'humérus en dehors (avec la gouttière bicipitale directement en avant), l'amplitude de l'adduction augmente et celle de l'abduction devient presque nulle.

Chez le vivant l'étendue de l'adduction est beaucoup moins considérable, à cause de la rencontre de l'humérus avec la paroi du tronc.

Rotation. — Omoplate et humérus placés comme ci-dessus. L'avant-bras fléchi à 90° indique directement l'angle de rotation sur le cercle gradué. Partant de la position dans laquelle l'avant-bras se trouve dans le plan de l'omoplate, j'obtiens :

		1 <sup>er</sup> Sujet	2 <sup>e</sup> Sujet
Rotation en dedans . . .		40°	30°
» en dehors . . .		30°	25°
Amplitude totale		70°	55°

L'amplitude de la rotation se maintient à peu près la même dans la flexion et dans l'extension.

## L'EPAULE DU PORC

*Omoplate* large, triangulaire, avec le bord cervical déjeté en dehors et très épais.

Epine scapulaire grande, triangulaire, déjetée sur la fosse sous-épineuse en forme de crochet. Elle commence à s'élever (sur notre sujet) à 2  $\frac{1}{2}$  cm. du bord spinal et s'arrête à 5  $\frac{1}{2}$  cm. de la glène. La hauteur du sommet de l'épine au-dessus de sa base est de 5 cm.

Acromion et apophyse coracoïde nuls. Un tubercule sus-glenoïdien pour l'attache du biceps. Ce muscle n'a qu'un seul chef.

Fosse sus-épineuse très grande, presque aussi étendue que la sous-épineuse. Fosse sous-scapulaire peu creusée.

*Humérus* court, comprimé bilatéralement, avec l'extrémité articulaire supérieure allongée, déjetée en arrière et l'extrémité articulaire inférieure projetée en avant.

Grosse tubérosité très forte, s'élevant de 2 cm. au-dessus de la tête articulaire, prolongée au-dessus de la gouttière bicipitale en forme de crochet. Sa face externe est prolongée en arrière (du côté de la glène) par une saillie assez tranchante qui donne attache au sous-épineux.

Petite tubérosité peu développée, surmontée d'un tubercule qui limite la coulisse bicipitale en dedans.

Coulisse bicipitale profonde, large de 11 mm.

Bord antérieur de l'humérus assez accusé, presque droit.

Tubérosité deltoïdienne en forme de crête, bien marquée, placée obliquement sur la face externe, surmontée d'un tubercule qui s'avance vers la base de la grosse tubérosité et donne attache au petit rond.

*Surfaces articulaires.* Je les ai étudiées sur deux sujets (préparations fraîches).

Chez le premier (Fig. 12. Coupe sagittale) la surface humérale, très semblable à celle du mouton, mesure 6 cm. sur 5. Le rayon grandit rapidement d'arrière en avant ; la coupe offre un contour franchement spiral.

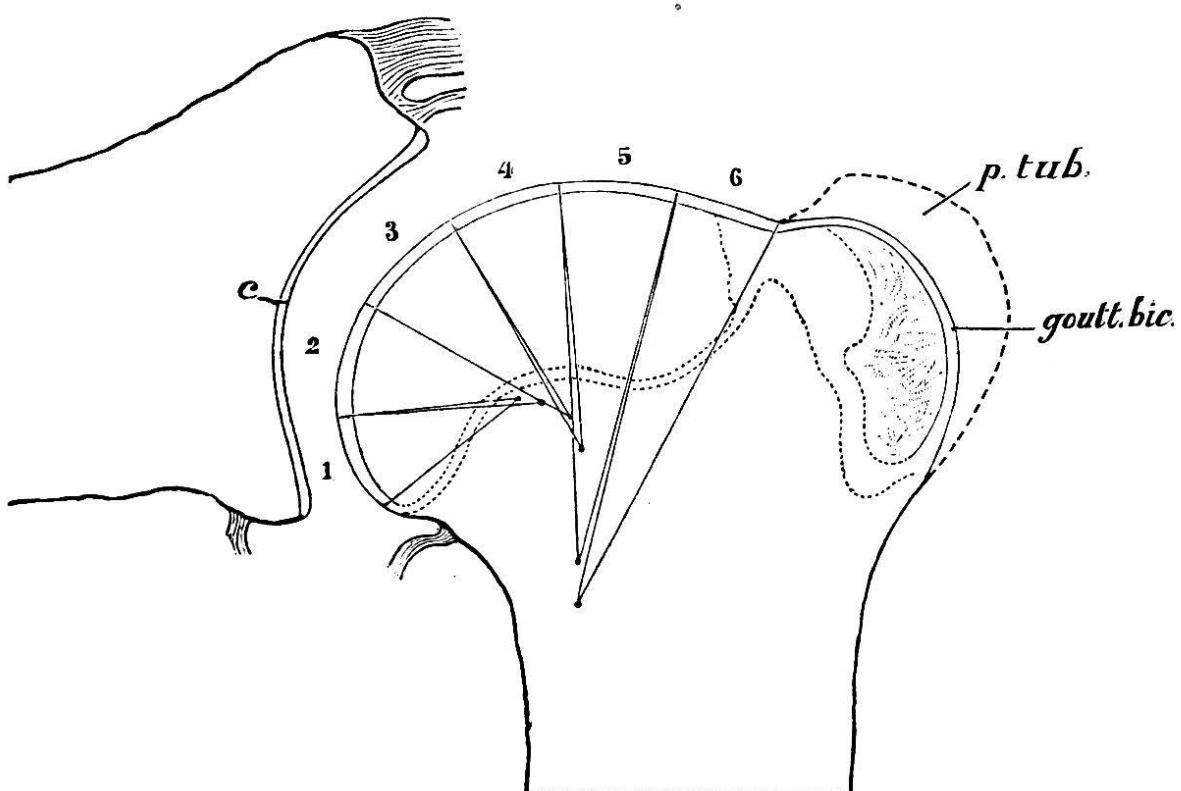


Fig. 12. — Epaule du porc (jeune). Coupes sagittales. Grandeur naturelle.  
*p. tub.* petite tubérosité. *goutt. bic.* gouttière bicipitale. *c.* milieu de la glène.

La coupe passe par la coulisse bicipitale. Les chiffres qui suivent indiquent les dimensions des rayons de courbure :

	Rayon.		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre	16 mm.	4 <sup>e</sup> centimètre	23 $\frac{1}{2}$ mm.
2 <sup>e</sup> " "	17 $\frac{1}{2}$ "	5 <sup>e</sup> " "	32 $\frac{1}{2}$ "
3 <sup>e</sup> " "	20 $\frac{1}{2}$ "	6 <sup>e</sup> " "	37 $\frac{1}{2}$ "

La cavité glénoïde grande, profonde, plus large en bas qu'en haut, comme moulée sur la partie convexe de la tête humérale, mesure  $3 \frac{1}{2}$  cm. sur 2.8. La concordance très parfaite dans la position moyenne devient imparfaite dans l'extension.

Sur la coupe transverse (Fig. 13), le rayon va en grandissant de dedans en dehors.

Le contour est ici encore nettement spiral. Les centres (à l'exception du premier) forment une petite développée assez régulière.

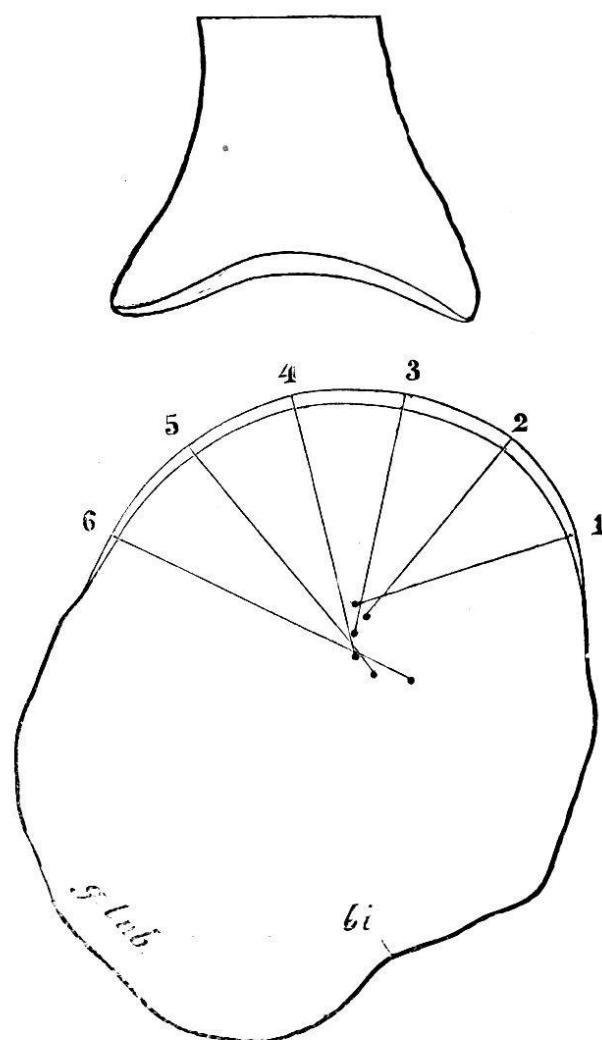


Fig. 13. Epaule du porc (jeune). Coupes transverses. Grandeur naturelle.  
g. tub. grosse tubérosité. bi. gouttière bicipitale.

Dimensions des rayons de courbure :

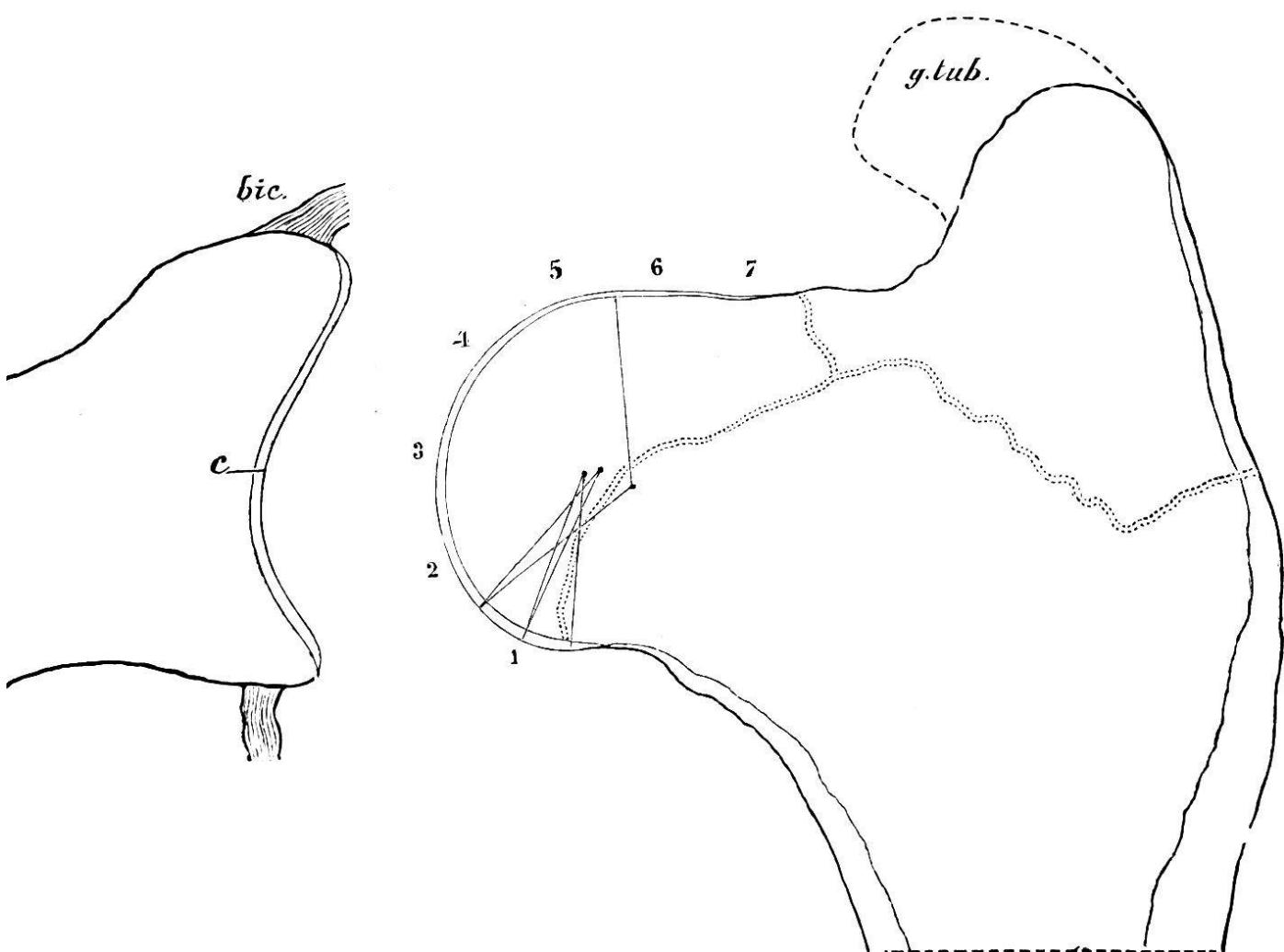
	Rayon.		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre	20 mm.	4 <sup>e</sup> centimètre	24 mm.
2 <sup>e</sup> " "	20 "	5 <sup>e</sup> "	26 "
3 <sup>e</sup> " "	22 "	6 <sup>e</sup> "	29 "

Chez le second sujet (Fig. 14), la tête humérale est extraordi-

nairement surbaissée, aplatie. On remarque en outre qu'elle est portée sur une sorte de col dirigé transversalement et relativement allongé. Cette forme, très différente de la précédente, est peut-être une forme pathologique dûe à la stabulation prolongée. (?)

La coupe passe par la grosse tubérosité.

Sa partie moyenne est régulièrement circulaire; les segments 2 — 5 ont un centre unique. Le premier segment est plus fortement courbé. Les segments 6 et 7 en revanche s'aplatissent complètement.



*Fig. 14.* — Glène et tête humérale du porc (sujet plus âgé). Coupes verticales. Grandeur naturelle. *g. tub.* grosse tubérosité. *bic.* tendon du biceps. *c.* centre de la glène.

Dimensions des rayons de courbure :

	Rayon.		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre	17 mm.	4 <sup>e</sup> centimètre	19 mm.
2 <sup>e</sup> »	19 »	5 <sup>e</sup> »	19 »
3 <sup>e</sup> »	19 »	6 <sup>e</sup> »	? »

*Mesure des arcs.*

	1 <sup>er</sup> sujet Coupe verticale	Coupe transverse	2 <sup>e</sup> sujet Coupe verticale
Arc de la surface humérale	160°	140°	190°
— glène	100°	63°	110°
Différences	60°	77°	80°

*Mesure des mouvements.*

Extension et flexion. Le mouvement s'effectue dans le plan de l'omoplate.

Partant de la position dans laquelle l'humérus est à angle droit avec l'épine, je trouve :

Extension 30° (en forçant 40-50°). Flexion 40°. Amplitude totale 70° à 90°.

Dans la flexion, l'humérus se rapproche jusqu'à 6 cm. de l'angle inférieur de l'omoplate; il est alors presque parallèle au bord axillaire.

Abduction et adduction. L'humérus est placé à angle droit avec l'épine. On part de la position dans laquelle l'os du bras se trouve dans le plan du scapulum. Je note : Abduction 20°, adduction 40°. Amplitude totale 60°.

La rotation en dehors empêche l'abduction, tandis que dans la rotation en dedans les deux mouvements sont encore possibles.

Rotation. Partant de la position dans laquelle l'avant-bras à demi fléchi se trouve dans le plan de l'omoplate, j'obtiens :

Rotation en dedans	40°	à	45°
» en dehors	35°		40°
Amplitude totale	75°		85°

Dans l'extension, la rotation en dedans devient impossible; la rotation en dehors se réduit à 20° ou 30°.

L'ÉPAULE DU CHIEN<sup>1</sup>

On ne trouve qu'exceptionnellement un rudiment de *clavicule* noyé dans l'épaisseur du muscle sterno-mastoïdien.

L'*omoplate*, quoique relativement moins large, rappelle la forme générale de celle du tigre. Le bord cervical est arrondi comme chez ce dernier, le bord spinal court, le bord axillaire presque droit, épais et rugueux.

L'épine bien développée commence au bord spinal, monte rapidement à 3 cm. de hauteur et s'arrête au niveau du col par un bord abrupt, formant ainsi un rudiment d'*acromion* et au-dessus de celui-ci une apophyse triangulaire<sup>2</sup>, renversée en arrière en forme de crochet. L'*apophyse coracoïde* est représentée par une petite saillie située en dedans du tubercule sus-glénoïdien.

La fosse sus-épineuse est un peu plus grande que la sous-épineuse. La fosse sous-scapulaire offre une fossette allongée correspondant à l'insertion de l'épine.

L'*humérus* est à peu près aussi long que le *radius*, avec le bout supérieur déjeté en arrière et le bout inférieur projeté en avant.

Le corps de l'os, tantôt arrondi, tantôt comprimé bilatéralement (dans sa moitié supérieure) offre un bord postérieur mousse, recourbé en S, plutôt qu'une face postérieure. Il y a, en revanche, au lieu d'un bord antérieur, une face antérieure assez bien délimitée.

Un plan passant par le centre de la tête humérale fait avec l'axe de flexion du coude un angle de 95°.

La grosse tubérosité, assez forte, dirigée en dehors et en avant, s'élève d'un centimètre environ au-dessus de la tête articulaire. La petite tubérosité, beaucoup moins développée, ne dépasse pas le niveau du cartilage.

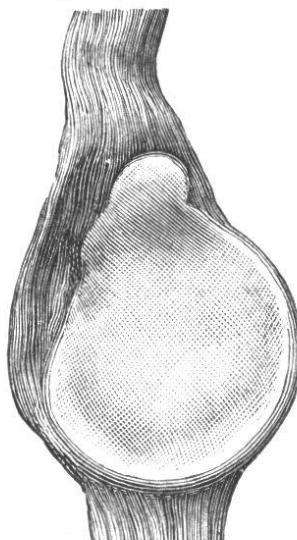
La coulisse bicipitale, large de 5 à 6 mm. est située, non pas en avant comme chez les types précédents, mais un peu en dedans.

<sup>1</sup> Le scapulum et l'*humérus* du chien sont figurés dans l'ouvrage d'Ellenberger et Baum (94), p. 82 et 84.

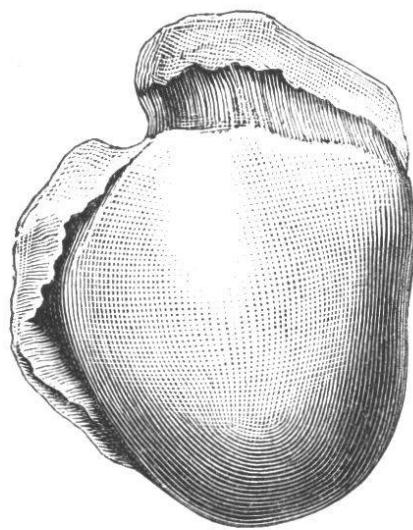
<sup>2</sup> Cette apophyse, plus développée chez le chat, est appelée par Strauss Durckheim (45). I. p. 507 *apophyse récurrente*.

La tubérosité deltoïdienne revêt la forme d'une crête qui se prolonge en dessous de la grosse tubérosité et sépare la face externe de la face antérieure signalée plus haut. En dessous se voit la gouttière radiale assez bien indiquée.

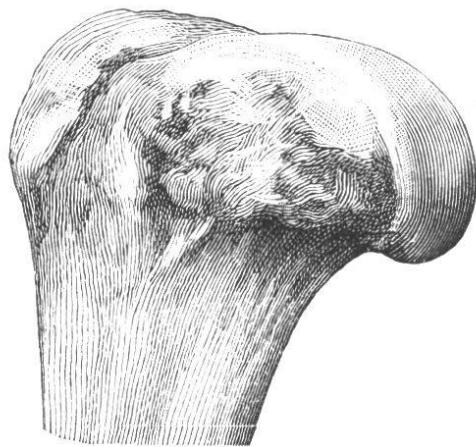
*Surfaces articulaires.* Les figures ci-jointes, dessinées d'après des photographies, donnent de ces surfaces une idée assez exacte.



*Fig. 15.* — Cavité glénoïde du chien. Grandeur naturelle.



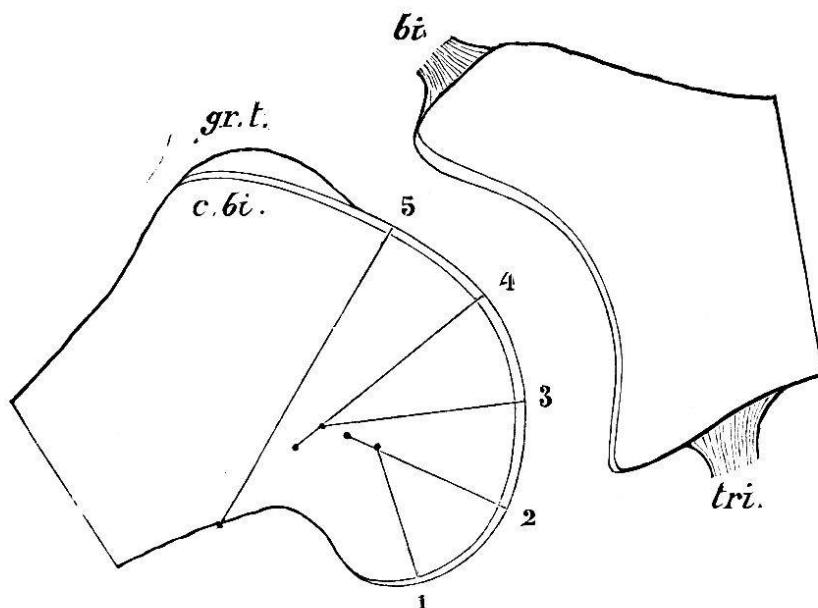
*Fig. 16.* — Tête humérale du chien. Vue de face. Grandeur naturelle.



*Fig. 17.* — Tête humérale du chien. Vue latérale interne. Grandeur naturelle.

La glène, assez profonde, arrondie, est surmontée d'une partie plus étroite contre laquelle la partie antérieure de la tête humérale vient s'appuyer dans l'extension. Son bord interne est régulièrement arrondi. Son bord externe offre une large échancreure recouverte par le ligament glénoïdien. Ce ligament moins épais que chez l'homme, plus large au côté externe qu'au côté interne, se continue partiellement avec le tendon du biceps. Le biceps n'a qu'un seul chef. Son attache principale se fait au tubercule sus-glénoïdien.

La tête humérale plus surbaissée, plus aplatie que celle du tigre, est comme chez les carnassiers en général visiblement rétrécie du côté d'en bas.



*Fig. 18. — Epaule du chien. Coupes verticales agrandies. gr. t. grosse tubérosité. c. bi. coulisse bicipitale. bi. attache du biceps. tri. attache du triceps.*

La coupe verticale présente une surface franchement spirale dont le rayon de courbure grandit à peu près comme suit :

	Rayon agrandi.	Rayon réel.
1 <sup>er</sup> centimètre	12 mm	9
2 <sup>e</sup> »	15 »	12
3 <sup>e</sup> »	18 »	13,5
4 <sup>e</sup> »	21 »	15,7
5 <sup>e</sup> »	30 »	22,5

La figure ayant été agrandie, les premiers chiffres doivent être diminués d'un  $\frac{1}{4}$  environ.

Le 5<sup>e</sup> segment, presque plat, se continue directement avec la gouttière du biceps.

*Measure des arcs (sur la coupe verticale).*

Arc de la surface humérale	160° (rayon moyen 18 mm.).
» de la glène	105°
Différence	55°

*Mesure des mouvements.*

Extension et flexion. On part de la verticale ; l'humérus forme avec l'épine scapulaire un angle de 115-120°.

		(Homme.)
Extension	30°	90°
Flexion	82°	45°
Amplitude totale	112°	135°

La flexion est si complète que la patte s'applique exactement contre le bord axillaire. Il y a à ce moment un chevauchement considérable des surfaces. La mesure des arcs indique en effet une différence de 55° seulement.

Abduction et adduction.

		(Homme.)
Abduction	35°	90°
Adduction	50°	15°
Amplitude totale	85°	105°

Rotation. — L'angle de rotation est mesuré au moyen de l'avant-bras fléchi à angle droit. On part de la position dans laquelle l'avant-bras se trouve dans le plan de l'omoplate.

		(Homme.)
Rotation en dedans	55°	30°
» en dehors	50°	75°
Amplitude totale	105°	105°

On voit que l'extension, l'abduction et la rotation en dehors sont plus réduites que chez l'homme. La flexion, l'adduction et la rotation en dedans sont au contraire plus étendues.

L'EPAULE DU TIGRE<sup>1</sup>

Il y a un rudiment de *clavicule*.

*L'omoplate* très large, en rapport avec le développement du muscle sus-épineux, offre un bord cervical arrondi et tranchant.

<sup>1</sup> L'épaule du tigre a été représentée par Haughton (73), p. 249.

L'épine très développée commence près du bord spinal et se termine du côté de la glène par un rudiment d'acromion. Sa hauteur maximale est de  $4 \frac{1}{2}$  cm. Il y a comme chez le chat une petite apophyse récurrente.

Fosse sus-épineuse très grande (au moins aussi grande que la sous-épineuse). Fosse sous-épineuse triangulaire. Fosse sous-scapulaire assez plane, peu creusée, avec plusieurs crêtes saillantes convergeant vers le col.

Tubercules sus-génoïdien et coracoïdien assez développés donnant attache au muscle biceps (fusionné).

*Humérus* relativement long, comprimé bilatéralement dans sa partie supérieure, plus arrondi vers le bas; un peu courbé avec la convexité en avant. Le bord antérieur assez marqué, presque droit. L'éminence deltoïdienne transformée en une crête oblique, allongée, située sur la face externe. L'extrémité articulaire supérieure massive, déjetée en arrière. L'extrémité articulaire inférieure projetée en avant.

Grosse tubérosité large (7 cm.), proéminente en avant, mais

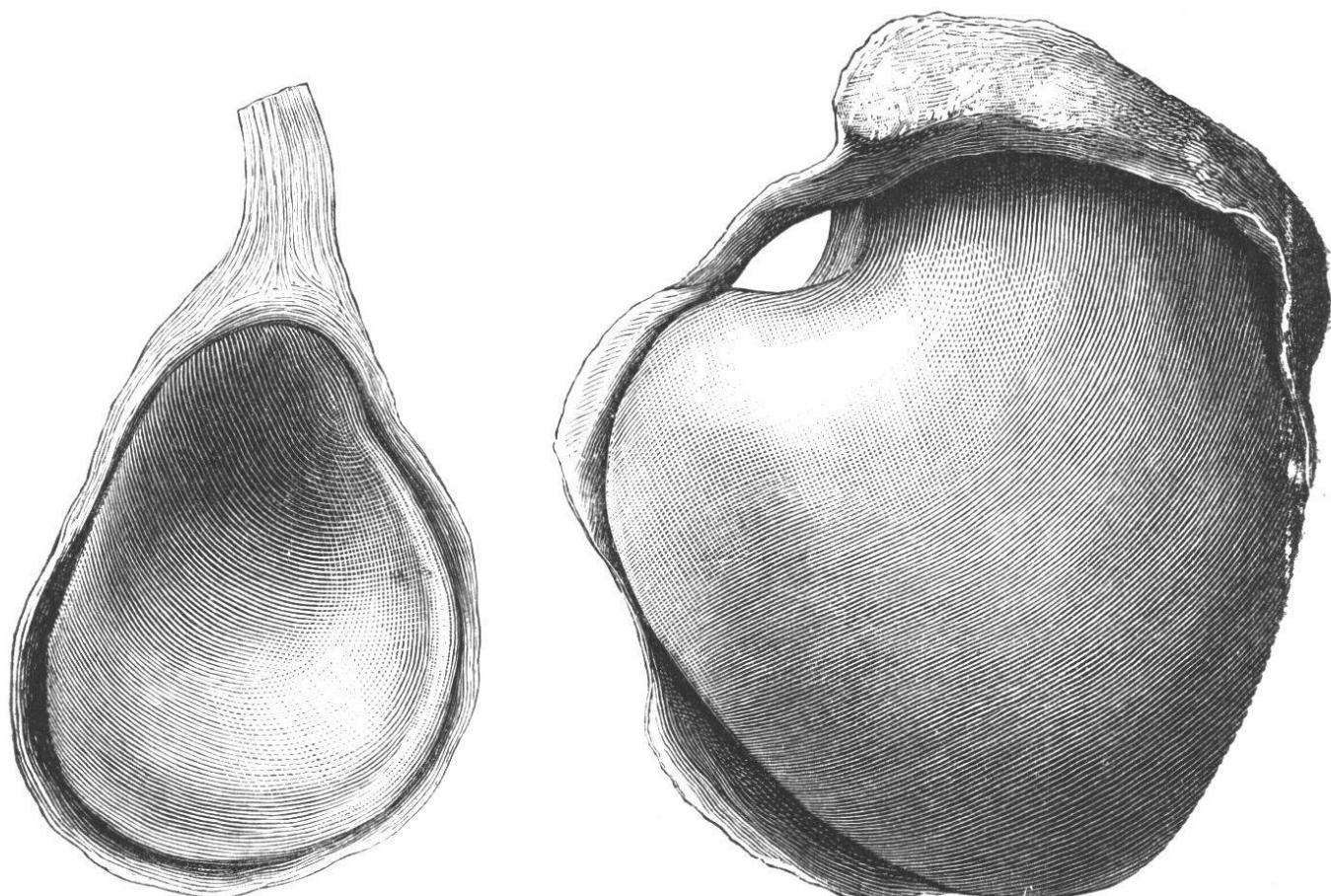


Fig. 19. — Glène du tigre adulte.  
Grandeur naturelle.

Fig. 20. — Tête humérale du même sujet.  
Grandeur naturelle.

peu saillante au-dessus de la tête articulaire ; sa face externe, presque plane, dirigée en dehors et un peu en avant.

Petite tubérosité assez forte, dirigée en dedans, avec un tubercule qui limite nettement la coulisse du biceps.

Coulisse bicipitale profonde, arrondie, à peu près de la grosseur du petit doigt (largeur  $1 \frac{1}{2}$  cm.), dirigée en avant et un peu en dedans.

*Surfaces articulaires.* -- Les figures 19 et 20 ont été dessinées d'après des photographies.

Du côté de l'omoplate la surface articulaire se distingue principalement par sa forme ovale, sa faible profondeur et ses dimensions réduites. Régulièrement rétrécie en haut et en avant, la glène porte une légère échancrure sur son bord interne ; elle est renforcée par un bourrelet glénoïdien assez bien développé, quoique moins épais que celui de l'homme.

Du côté de l'humérus la surface cartilagineuse offre à un haut degré cette forme élargie en haut et en avant, rétrécie en bas et en arrière, qui semble propre aux carnassiers et que j'ai signalée plus haut à propos du chien. On constate en outre que

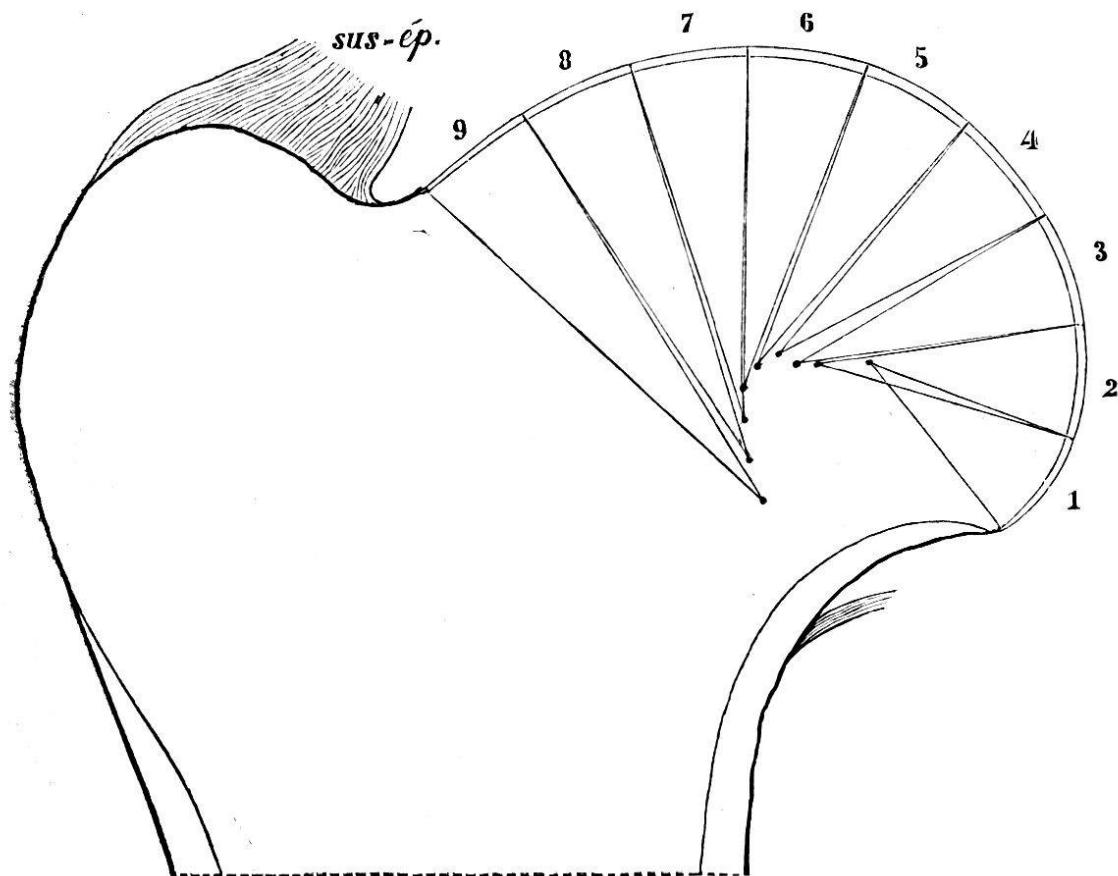


Fig. 21. -- Tête humérale du tigre. Coupe verticale de grandeur naturelle. *sus-ép.* Attache du muscle sus-épineux.

cette surface est plus étendue en longueur et en largeur que chez les types précédents et que, comparées à celles de la glène, ses dimensions offrent une disproportion plus marquée.

La coupe verticale de la tête humérale (Fig. 21) offre une belle courbe spirale, dont le rayon grandit d'arrière en avant, à peu près comme suit :

La surface a été divisée en 9 centimètres.

1 <sup>er</sup> centimètre	19 mm.	6 <sup>e</sup> centimètre	30 mm.
2 <sup>e</sup> " "	23 $\frac{1}{2}$ "	7 <sup>e</sup> " "	32 $\frac{1}{2}$ "
3 <sup>e</sup> " "	25 $\frac{1}{2}$ "	8 <sup>e</sup> " "	36 "
4 <sup>e</sup> " "	26 $\frac{1}{2}$ "	9 <sup>e</sup> " "	40 "
5 <sup>e</sup> " "	28 $\frac{1}{2}$ "		

On voit que le rayon grandit du simple au double environ et que l'accroissement devient notablement plus rapide vers la fin de la courbe. On remarque encore que la ligne des centres (développée) forme une courbe assez régulière, excepté pour les centres 1 et 2 qui sont placés un peu en dehors.

La coupe verticale de la glène offre une courbure plus régulièrement sphérique avec un rayon moyen de 28 mm. environ.

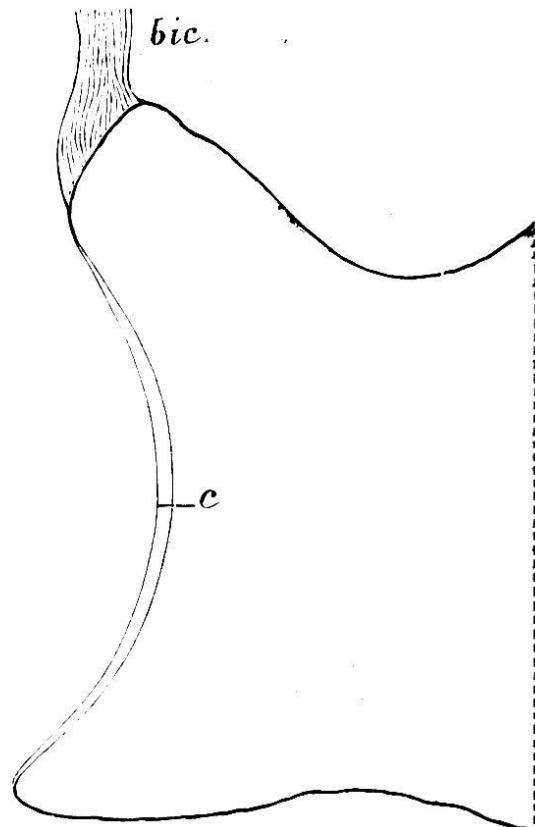
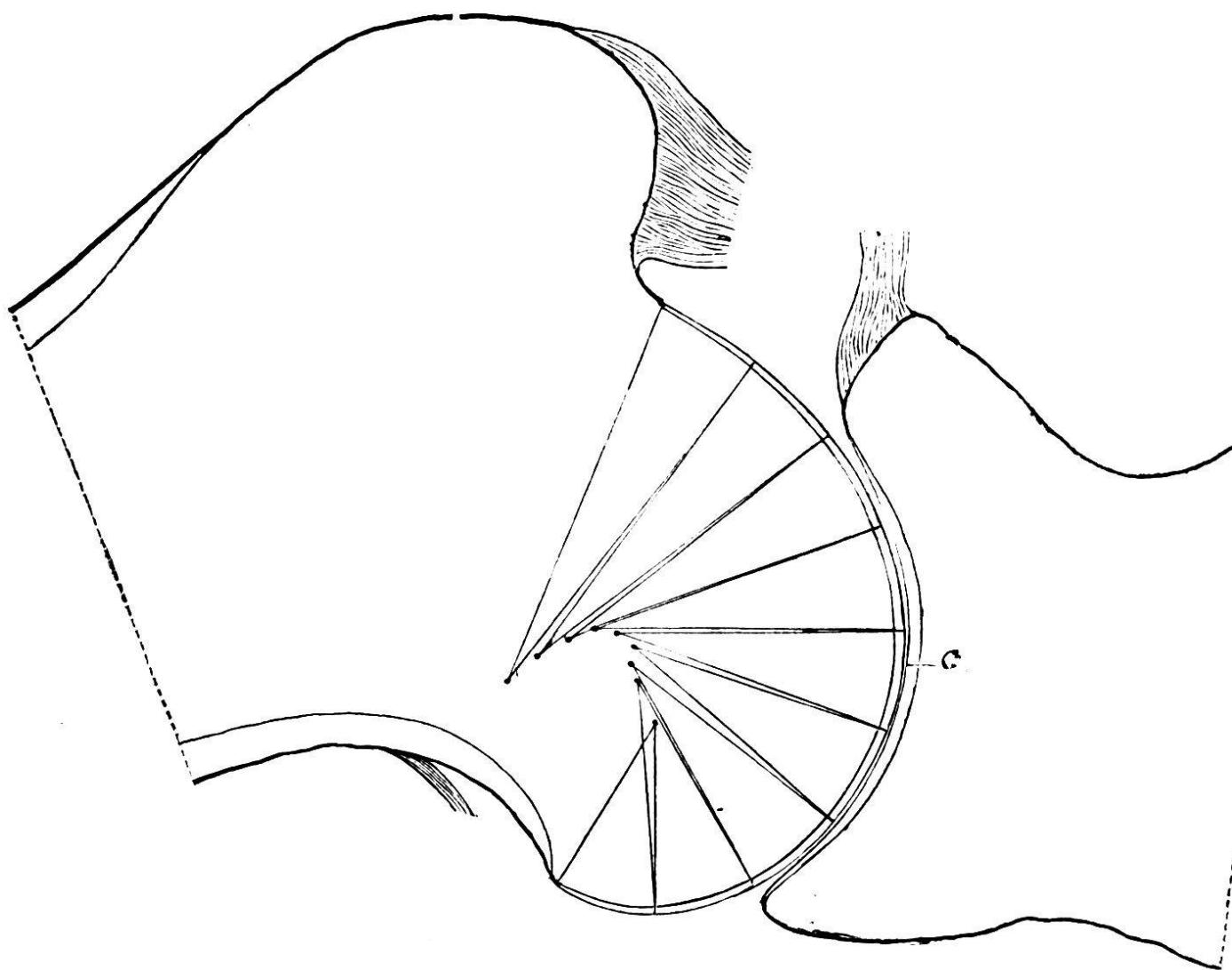


Fig. 22. — Glène du tigre. Coupe verticale de grandeur naturelle.  
bic. attache du biceps. c. milieu de la glène.

En faisant tourner le calque de la tête humérale sur la figure de la glène (Fig. 23) d'après le procédé indiqué, on constate une concordance assez parfaite dans la demi - flexion, tandis que dans l'extension forcée, il y a au contraire une discordance manifeste. Les deux coupes appliquées l'une sur l'autre présentent dans cette dernière position un interstice en forme de croissant aplati.



*Fig. 23. Epaule du tigre un peu fléchie. Coupe verticale de grandeur naturelle.*

Cette figure permet encore de constater que l'extension est limitée brusquement par la rencontre du bord supérieur de la glène avec la grosse tubérosité, tandis que la flexion peut continuer quelque temps après l'affleurement des bords et ne s'arrête définitivement qu'au moment où le bord inférieur de la glène vient buter contre le col.

La coupe transverse de la tête humérale est limitée également

par un contour spiral ; elle offre un rayon de courbure qui grandit assez régulièrement de dedans en dehors, soit de la petite vers la grande tubérosité.

La surface, dessinée de grandeur naturelle, a été divisée en 7 centimètres comptés de dedans en dehors.

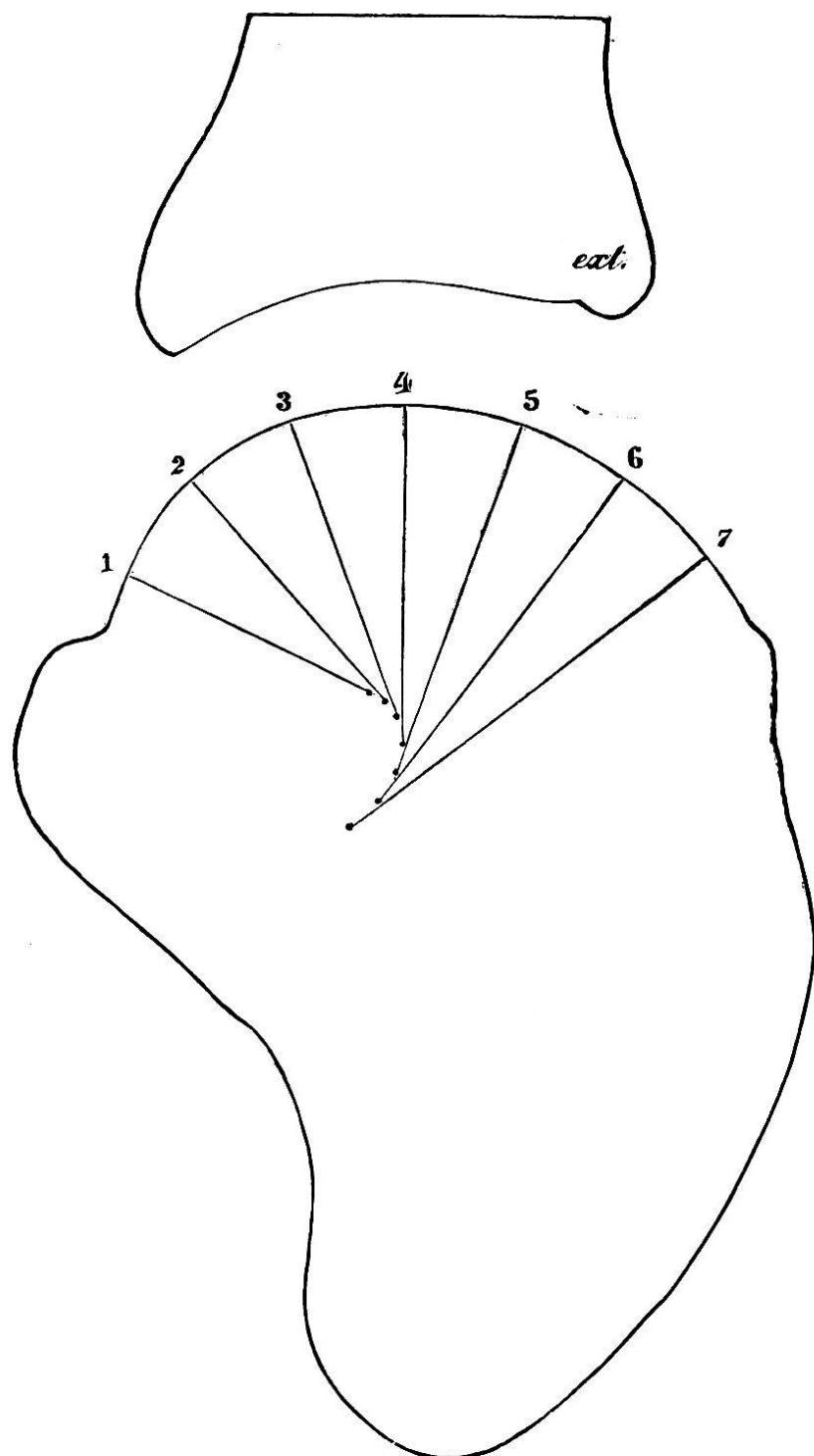


Fig. 24. Epaule du tigre. Coupes transverses faites sur un moule de plâtre. Grandeur naturelle. *ext.* côté externe.

**Dimensions des rayons de courbure :**

	Rayon		Rayon.
1 <sup>er</sup> centimètre	24 $\frac{1}{2}$ mm.	5 <sup>e</sup> centimètre	32 $\frac{1}{2}$ mm.
2 <sup>e</sup> "	26        "	6 <sup>e</sup> "	35 $\frac{3}{4}$ "
3 <sup>e</sup> "	28        "	7 <sup>e</sup> "	39        "
4 <sup>e</sup> "	30        "		

On voit qu'ici encore le rayon grandit plus rapidement vers le côté externe et que la ligne des centres (développée) forme une petite courbe assez régulière.

*Dimensions des surfaces articulaires et mesure des arcs.*

**Coupes verticales :**

Tête humérale, surface	9,2 cm.	arc 185° (rayon 29 mm.)
Glène	" 5,5	" 105°
Différences :	3,7 cm.	80°

**Coupes transverses :**

Tête humérale, surface	7,3 cm.	arc 141° (rayon 29 mm.)
Glène	" 4,2	" 76°
Différences :	3,1 cm.	65°

Ces chiffres indiquent une amplitude d'excursion de 80° au moins dans le sens antéro-postérieur (extension et flexion) et 65° au moins dans le sens transverse (rotation).

*Mesure des mouvements.*

Ces mesures ont été prises sur une préparation à la glycérine phéniquée, munie de ses ligaments.

Extension et flexion. — L'omoplate a été fixée contre le support dans sa position naturelle L'inclinaison de l'épine scapulaire sur la verticale = 45° environ. Les mouvements sont exécutés à peu près dans le plan de l'omoplate.

Partant de la position dans laquelle l'humérus forme un angle droit avec l'épine scapulaire, je trouve :

Extension (mouv. en avant)	45°
Flexion (mouv. en arrière)	55°
Amplitude totale .	100° En forçant un peu 110°.

Dans la flexion forcée l'humérus ne se rapproche pas entièrement du bord axillaire de l'omoplate, mais forme avec ce bord un angle de 30°

Abduction et adduction. — Partant de la position indiquée ci-dessus (humérus placé dans le plan de l'omoplate, à peu près à angle droit avec la direction de l'épine scapulaire) je trouve :

Abduction 30°; adduction 40°; amplitude totale 70°.

Si l'on tourne l'humérus légèrement en dehors (coulisse bicipitale directement en avant), l'adduction diminue quelque peu; j'obtiens 25° au lieu de 40.

Rotation. — Partant encore de la position indiquée, l'avant-bras à demi fléchi se trouvant dans le plan de l'omoplate, je note :

Rotation en dehors 60°; en dedans 30°; Amplitude totale 90°.

On voit que les chiffres indiquant l'amplitude totale dépassent notablement les différences des arcs calculées ci-dessus. Cela prouve que l'excursion ne s'arrête pas nécessairement au moment où les bords des surfaces cartilagineuses affleurent l'un avec l'autre, mais peut se prolonger plus ou moins au delà de ce moment. Ce fait que nous désignons sous le nom de chevauchement se produit notamment dans la flexion forcée et dans la rotation en dehors.

## ÉPAULE DU MAGOT

(*Inuus ecaudatus, jeune.*)

L'omoplate des singes inférieurs est intéressante à étudier parce qu'elle offre, à certains égards, un type intermédiaire entre la forme qui est propre aux quadrupèdes et celle que l'on observe chez l'homme. C'est ainsi que l'omoplate du magot, bien qu'assez semblable à la nôtre (tous les singes possèdent un acromion, une apophyse coracoïde et un ligament acromio-coracoïdien), s'en distingue cependant, par son bord coracoïdien plus long et son bord spinal plus court. Le scapulum est donc plus allongé dans le sens transverse et plus raccourci dans le sens vertical; la région de l'angle inférieur est moins développée. Cette forme, qui rappelle un peu le scapulum du chien, est encore plus accusée chez les singes franchement quadrupèdes (cynocéphales).

Les autres traits distinctifs de l'omoplate du magot sont : une fosse sus-épineuse petite; une épine élevée, presque parallèle au bord coracoïdien; un acromion étroit, assez épais, moins

relevé que celui des anthropoïdes ; une apophyse coracoïde dirigée en bas et en avant. La glène ne regarde pas en haut comme celle de l'orang et du gorille, mais directement en dehors ; le plan de la glène est perpendiculaire à la direction de l'épine.

La fosse sous-scapulaire est profonde, le bord axillaire épaissi, le bord coracoïdien largement évidé.

Il y a, comme chez le fœtus humain, un petit épiscapulum cartilagineux, offrant, dans la région de l'angle inférieur, jusqu'à 6 mm. de largeur.

La *clavicule* est longue et assez fortement courbée.

L'*humérus*, long et grêle, est de même dimension que le radius. Le corps de l'os, prismatique et quadrangulaire dans son tiers supérieur, offre deux faces antérieures et deux faces postérieures, séparées par des bords bien marqués. La face postéro-externe est limitée du côté d'en bas par une crête deltoïdienne oblique.

Le col chirurgical est moins accusé que celui de l'homme. En revanche, le quart supérieur de l'*humérus* est déjeté en arrière et forme, avec le reste de l'os, un angle ouvert en arrière auquel correspond une saillie bien marquée du bord antérieur. Ce caractère assez frappant a été noté par M. Bertaux (91, p. 227) chez la plupart des singes inférieurs.

La tête humérale est arrondie. Un plan, passant par son milieu, forme avec l'axe du coude un angle de 65°. La grosse tubérosité, à peine plus saillante que celle de l'*humérus* humain, est située en dehors et en avant, la petite en avant et en dedans. La goutière bicipitale se trouve immédiatement en dedans de la ligne médiane. Le biceps a deux chefs.

Dans sa moitié inférieure, le corps de l'os est aplati d'avant en arrière, avec un bord interne mousse et un bord externe bien marqué.

*Surfaces articulaires.* La tête articulaire, presque aussi régulièrement arrondie que celle de l'*humérus* humain, mesure 3  $\frac{1}{2}$  cm. dans le sens vertical et 3 dans le sens transverse.

La glène, relativement étroite, rétrécie du côté d'en haut, mesure 2 cm. sur 1,2. Son bord interne offre une petite échancrure. Il y a un bourrelet glénoïdien assez développé. Le long chef du biceps s'insère au-dessus de la glène et se continue partiellement avec le bourrelet, à peu près comme chez l'homme.

Les figures ci-jointes montrent la glène et la tête de l'*humérus*.

rus en coupes verticales, agrandies par la photographie environ d'un tiers.

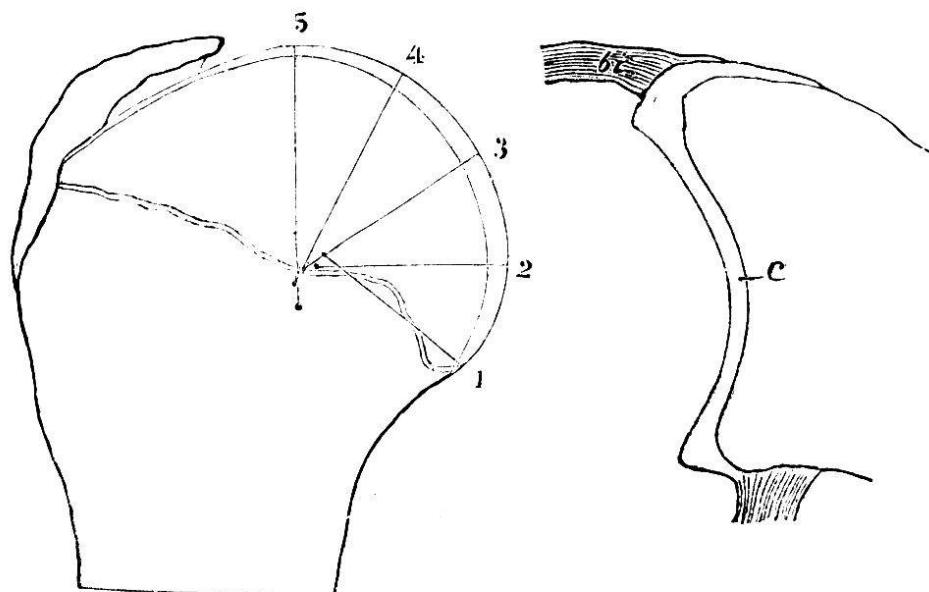


Fig. 25. Tête humérale et glène du magot. Coupes verticales agrandies *c.* milieu de la glène.

Dimensions des rayons de courbure de la tête humérale :

	Rayon agrandi.	Rayon réel.
1 <sup>er</sup> centimètre	16	10,9
2 <sup>e</sup> "	17	11,6
3 <sup>e</sup> "	19	13
4 <sup>e</sup> "	21	14,4
5 <sup>e</sup> "	23	15,7

On voit que le rayon grandit assez rapidement de bas en haut et, qu'ici encore, la coupe est limitée par une ligne spirale. La partie supérieure, continue avec la coulisse bicipitale, est notablement plus aplatie que chez l'homme.

La glène plus profonde que la nôtre, plus longue dans le sens vertical, offre sur la coupe un bord supérieur projeté en forme de bec. Il résulte de cette disposition que le mouvement d'extension est moins étendu que celui de l'épaule humaine.

L'épaisseur du cartilage d'encroûtement, mesuré sur nos coupes, était, pour la tête humérale en dessous du milieu : 1<sup>mm</sup>2 ; pour la glène : 0<sup>mm</sup>6 à 0,8.

*Mesure des arcs (sur la coupe verticale).*

Arc de la tête humérale . . . . . 163° (rayon moyen 13 mm.)

" " glène . . . . . 83°

Différence . . . . . 80°

*N.-B.* — La pièce conservée dans le formol à 5 % était trop durcie pour permettre de mesurer l'amplitude des mouvements. Nous pouvons dire toutefois, que l'humérus ne s'élève pas assez pour se placer (comme il le fait chez l'homme) dans la direction de l'épine de l'omoplate. L'amplitude totale du mouvement d'extension-flexion doit être de 115° environ (homme 135).

---

Je ne veux pas terminer cette étude sans exprimer à mon cher maître M. le prof. Bugnion, mes sentiments de profonde gratitude. Son extrême bienveillance, sa bonté patiente, toujours prête à aider et à encourager, les excellents conseils qu'il m'a donnés au cours de mes travaux, ont été pour moi un appui et un guide des plus précieux.

---

#### INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

---

1774. VICQ D'AZYR. Sur les rapports entre les usages et la structure des quatre extrémités dans l'homme et les quadrupèdes. *Mém. de l'Acad. des sciences*. Paris.
95. WHITE. Mensurations des membres chez l'homme et les animaux. *Soc. philos.* Manchester.
1835. CUVIER. Leçons d'anatomie comparée. 2<sup>me</sup> édit., p. Duméril et Duvernoy. T. I.
36. E. et W. WEBER. Untersuchungen über die Mechanik der menschl. Gehwerkzeuge. Göttingen. 2<sup>e</sup> édit. Berlin 1894. Traduit p. Jourdan dans *Encycl. anat.* 1843.
37. J. MÜLLER. Bewegung der vierfüssigen Tiere. *Handb. der Physiologie*. II. 1. Abth., p. 126.
38. FLOURENS. Nouv. obs. sur le parallèle des extrémités dans l'homme et les quadrupèdes. *An. des sc. nat.* X.
41. VROLIK. Rech. d'anatomie comparée sur le chimpancé.
43. MAISSIAT. Etudes de physique animale.
45. STRAUSS-DURCKHEIM. Anatomie descr. et comp. du chat. Paris. I, p. 506. Pl. XI et XIII.

46. MICHEL. Des muscles et des os au point de vue de la mécanique animale.
49. HOLMES COOTE. The homologies of the human skeleton.
54. LAVOCAT. Consid. d'anatom. philos. sur la torsion de l'humérus. *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, Paris, p. 29, XXXIX.
57. CH. MARTINS. Nouv. comparaison des membres pelviens et thoraciques chez l'homme et les mammifères. *Mém. de l'Acad. de Montpellier*. III.
57. LUDWIG FICK. Ueber die Ursachen der Knochenformen. *Experimentaluntersuchung*. Göttingen.
58. GIRAUD-TEULON. Principes de mécanique animale.
59. L. FICK. Ueber die Gelenkflächen. *Archiv für Anat. und Entw.* (herausgeg. von A. Fick).
59. L. FICK. Neue Unters. über die Ursachen der Knochenformen. Marburg.
59. W. HENKE. Ueber die Aufhängung des Armes durch den Luftdruck. *Zeits. f. rat. Med.*, Reihe III. Bd. VII. Heft. 2.
60. G.-M. HUMPHRY. Obs. on the limbs of vertebrate animals. London.
61. C. LANGER. Ueber die Fixirung des Humeruskopfes in der Schulterpfanne. *Med. Jahrb. Zeits. der Ges. der Ärzte in Wien*.
61. H. VON MEYER. Lehrbuch der Anatomie. 2<sup>te</sup> Aufl. Leipzig.
61. GRUBER. Oberschulterhakenschleimbeutel. *Mém. de l'Académie des sc. de St-Pétersbourg*, n<sup>o</sup> XI.
63. W. HENKE. Anatomie und Mechanik der Gelenke.
65. ROSE. Die Mechanik des Hüftgelenkes. *Archiv für Anat. u. Physiol.*, p. 521-527.
65. THOMAS. Éléments d'ostéologie comparée. Paris.
66. WELCKER. *Müller's Archiv für Anatomie, Physiol. und wiss. Med.*
66. WOOD. Comp. anatomy of the muscles of the shoulder. *Journal of anat. and phys.* I.
- 66-68. R. OWEN. The anatomy of vertebrates. London.
67. DUCHENNE. Physiologie des mouvements. Paris.
68. CH. MARTINS. Sur la torsion de l'humérus. *Bull. de la Soc. d'anthropologie*.
68. GEGENBAUR. Ueber die Drehung des Humerus. *Jenaïsche Zeitschrift*. IV.

68. DURAND (DE GROS). La torsion de l'humérus et les origines animales de l'homme. *Bull. de la Soc. d'anthropologie*. 2<sup>me</sup> sér. III, p. 223.
68. PARKER. Monograph on shouldergirdle and sternum.
68. W. HENKE. Studien u. Kritiken über Muskeln u. Gelenke.
70. F. PANAS. Art. Epaule. *Nouv. dict. de méd. et de chir.* Paris.
71. COLIN. Traité de physiologie comparée. Paris. Vol. I, p. 392.
72. MILNE EDWARDS. Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée. T. X, p. 354. Paris.
73. H. VON MEYER. Statik und Mechanik des menschlichen Knochengerüstes. p. 112.
73. HAUGHTON. Principles of animal mechanics. London.
74. W. HENKE u. K. REYER. Studien über die Entw. der Extremitäten des Menschen, insbesondere der Gelenkflächen. *Sitzb. der K. Acad. der. Wiss. Wien*. p. 41.
74. PETTIGREW. La locomotion chez les animaux. Paris.
74. K. HENKE. Ein Beitrag zur Pathologie des Schultergelenkes. Diss. Marburg.
75. ÆBY. Gelenke und Luftdruck. *Med. Centralblatt*. N° 5, p. 228.
75. H. WELCKER. Ueber das Hüftgelenk nebst einigen Bemerkungen über das Schultergelenk. *Zeits. f. Anat. u. Entw.*, p. 41.
75. ALBRECHT. Beitrag zur Torsionstheorie des Humerus.
76. HUMPHRY. The comparison of the fore and hind limbs. *Journal of anat. and phys.* X, p. 659-671.
76. C. ÆBY. Beiträge zur Kenntnis der Gelenke. *Deutsche Zeits. für Chirurgie*. VI.
76. H. WELCKER. Nachweis eines Lig. teres Humeri. *Zeits. f. Anat. u. Entw.* II, p. 98-107.
76. FR. SCHMIDT. Ueber Form u. Mechanik der Hüftgelenke. *Deutsche Zeits. f. Chirurgie* V.
76. H. BUCHNER. Ueber Form und Mechanik des Hüftgelenkes.
77. H. BUCHNER. Krit. u. exp. Studien über den Zusammenhalt des Hüftgelenkes. *Archiv für Anat. u. Entw.* p. 22-45.
77. BROCA. L'ordre des Primates. Parallèle anatomique entre l'homme et les singes. *Mém. d'anthrop.* III.
77. LEWINSKI. Der Mechanismus der Schultergürtelbewegungen. *Archiv f. Anat. u. Phys. Phys. Abt.*, p. 196-207.

77. E. ALBERT. Zur Mechanik des Schultergürtels des Menschen. *Wiener med. Jahrb.* Heft I, p. 190-196.
77. VAN BRAAM-HOUCKGEEST. Ueber den Einfluss des Lüftdruckes auf den Zusammenhalt der Gelenke. *Archiv für Anat. u. Entw.* p. 381-387.
77. E. FICK u. EMMANUEL WEBER. Anatomisch-mechanische Studie über die Schultermuskeln. *Verh. der phys. med. Ges. zu Würzburg.* N. F. XI.
77. R. v. WAGNER. Ueber die Bewegung der vierfüßigen Thiere. *Archiv für Anat. u. Entw.* p. 424.
77. H. v. MEYER. Nachtrag zum vorstehendem Aufsatz. *Archiv f. Anat. u. Entw.*, p. 434.
77. H. WELCKER. Ueber die Lage der Bicepssehne im Schultergelenke. *Vers. deutscher Naturf. u. Ärzte.* München. p. 230.
78. EUG. FICK. Zur Frage der Gelenkfixation. *Archiv f. Anat. u. Phys. Anat. Abth.*, p. 222. — Zur Mechanik des Hüftgelenkes. *Archiv f. Anat. u. Entw.*, p. 519.
78. H. WELCKER. Die Einwanderung der Bicepssehne in das Schultergelenk. *Archiv f. Anat. u. Phys. Anat. Abt.* p. 20-42.
- 76-78. HUETER. Klinik der Gelenkkrankheiten. 2<sup>te</sup> Aufl.
78. E.-J. MAREY. La machine animale. Paris.
79. CHAUVEAU. *Traité d'anatomie comparée.* Paris.
79. FR. PETERS. Mechanische Untersuchungen an den Gelenken und dem Hufe des Pferdes. Berlin.
79. KARL SCHULIN. Ueber die Entwickelung der Gelenke. *Archiv f. Anat. u. Entw.* p. 240.
79. A. FICK. Spec. Bewegungslehre, in *Hermann's Lehrb. der Physiologie* I, p. 269. Leipzig.
80. A. SABATIER. Comparaison des ceintures et des membres. Montpellier et Paris.
80. BEAUNIS et BOUCHARD. Nouveaux éléments d'anatomie descriptive.
80. BRUCKMÜLLER. Die mechanischen Verhältnisse bei der Bewegung des Pferdes. *Cester. Vierteljahr. f. wiss. Veterinärkunde.* Vol. 53, p. 97-120.
80. R. HARTMANN. Der Gorilla. Leipzig.
81. HUMPHRY. A treatise on the human skeleton including the joints. London.

81. MANOUVRIER. L'humérus et le tropomètre. Tableaux et conclusions. *Revue d'anthropologie*, 2<sup>me</sup> série.
81. LUCAE. Zur Statik u. Mechanik der Quadrupeden (Felis u. Lemur). *Festschrift der Senckenberg'schen Ges. für J. G. Varentrapp*. 24 p. et 2 pl.
81. J. CLELAND. A lecture on the shoulder-girdle and its movements. *Lancet*. Vol. I. n° 8, p. 283-284.
81. BROCA. La torsion de l'humérus et le tropomètre. *Revue d'anthropologie*. n° 2, p. 193; n° 3, p. 386; n° 4, p. 577.
82. ÆBY. Ueber das leitende Princip bei der Differenzirung der Gelenke. *Festschrift für Henle*. p. 199-222.
82. SELITZKY. Ueber die Kräfte welche die Gelenkflächen aneinander halten. St-Pétersbourg.
84. GOUBAUX et BARRIER. De l'extérieur du cheval. Paris. p. 229.
84. CATHCART. Movements of the shoulder-girdle. *Journal of anat. and phys.* Vol. XVIII, p. 211-218.
84. CORNEVIN. Etude sur le squelette de quelques chevaux de course. *Bull. Soc. d'anthrop. de Lyon*, III.
85. W. H. FLOWER. An introduction to the osteology of the mammalia. Third edit. London.
85. COPE. On the evolution of the vertebrata. *American naturalist*.
85. CHABRY. Sur la longueur des membres des animaux sauteurs. *Journal de l'Anat. et de la Phys.*, p. 356-358.
85. C. LANGER. Lehrbuch des syst. u. top. Anatomie. Wien.
85. ASSAKY. Contribution à l'anat. et à la phys. de la cavité glénoïde de l'omoplate. *Soc. de biol.*, 26 juin. *Rev. d. Sc. méd.* n° 52, p. 410.
86. R. HARTMANN. Les singes anthropoïdes et l'homme. Paris.
86. FRIEMANN. The anatomy of the shoulder and upper arm of the mole (*Talpa europaea*). *Journal of anat. and phys.* Vol. XX, p. 201-219.
86. LUCAE. De la position de la tête humérale par rapport à l'articulation du coude chez l'Européen et le nègre. *Archiv. f. Anthropologie*, I.
87. CARPENTIER. Essai sur l'anatomie de l'articulation de l'épaule. Thèse. Lille.
87. KRAUSE. Manuel d'anatomie humaine. Traduct. franç. par Dollo. p. 90.

88. BRAUNE u. FISCHER. Ueber den Anteil den die einzelnen Gelenke des Schultergürtels an der Beweglichkeit des menschl. Humerus haben. Leipzig.
88. LANE. Mode of fixation of the scapula. *British med. Journal.* n° 1429, p. 1047.
88. W. HENKE. Handatlas u. Anleitung zum Studium der Anatomie. Berlin.
89. KIESEWALTER. Skelettmessungen am Pferde. Leipzig. Inaug. diss. der Phil. Fac. 38 p., 2 Pl.
89. ROLLET. Les os longs des grands singes. *Comptes rendus de l'Acad. d. Sc. Paris.* T. CIX, p. 75-78.
89. POUCHET et BEAUREGARD. Traité d'ostéologie comparée. Paris.
89. WIEDERSHEIM. Ueber die Entwicklung des Schultergürtels. *Anat. Anz.* IV, p. 428.
90. POIRIER. La clavicule et ses articulations. *Journal de l'anat. et de la phys.* p. 81-103.
90. H. VON MEYER. Die Ortsbewegung der Thiere. *Samml. gemeinverst. wiss. Vorträge* von Virchow u. Wattenbach. Serie IV, Hft. 95.
90. EICHBAUM. Beiträge zur Statik u. Mechanik des Pferdeskelettes. *Festschrift.* Berlin.
90. DEBIERRE. Traité élémentaire d'anatomie de l'homme.
90. R. FICK. Ueber die Form der Gelenkflächen. *Archiv. für Anat. u. Entw.* p. 391.
90. BRODIE. Note on the transverse-humeral, coracoacromial and coracohumeral ligaments. *Journal of anat. and phys.* Vol. XXIV, p. 247-252.
91. BELLINI. Ligaments coracoclaviculaires. *Bull. de la Soc. anat.* Année LXVI, p. 215-218.
91. H. V. MEYER. Das menschliche Knochengerüst verglichen mit demjenigen der Vierfüssler. *Archiv für Anat. u. Phys.* Anat. Abt., p. 292-310.
91. PANSCH. Grundriss der Anatomie des Menschen. Berlin. p. 125.
91. STUART T. P. ANDERSON. A simple mode of demonstrating how the form of the thorax is partly determined by gravitation. *Proceedings of the royal soc.* Vol. XLIX, p. 143-144.
91. HOLL. Ueber die Entwicklung der Stellung der Glied-

- maassen des Menschen. *Sitzber. der K. Acad.* Wien.  
Vol. C. Abt. III. Febr.
91. T. A. BERTAUX. L'humérus et le fémur, considérés dans les espèces, dans les races, etc. Thèse. Lille. — Cet ouvrage renferme une liste bibl. très complète.
92. E. BUGNION. Le mécanisme du genou. *Recueil inaugural de l'Université*, Lausanne.
92. ZSCHOKKE. Unters. über das Verhältnis der Knochenbildung zur Statik u. Mechanik des Vertebratenskelettes. Zurich.
92. P. LESSHAFT. Grundlagen der theor. Anatomie. Leipzig.
92. LABOULAY. L'angle de déclinaison de l'extrémité supérieure du fémur et de l'humérus. *Lyon médical*, p. 157-161.
92. E. ROSAIRE. Contribution à l'étude de l'angle de déclinaison de l'humérus. Thèse. Lyon.
93. FRANCK. Anatomie der Haussäugethiere.
93. L. STIEDA. Ueber die Homologie der Gliedmassen der Säugethiere u. des Menschen. *Biol. Centralblatt*. Bd. XIII. № 15-16.
94. ELLENBERGER et BAUM. Anatomie du chien. Traduit par DENIKER. Paris.
94. GUSTAV TORNIER. Das Entstehen der Gelenkformen. *Anat. Anz.* IX. Ergänzungsheft, p. 95.
94. E.-J. MAREY. Le mouvement. Paris.
94. E. KIRMISSON. De quelques malformations congénitales de l'omoplate. *Anat. Anz.*, p. 344-359.
95. RUDOLF FICK. Vergleichend anatomische Studien an einem erwachsenen Orang-Utang. *Archiv für Anat. u. Entw.* p. 1-100 et 289-318. — *N. B.* Ce mémoire renferme une liste complète des ouvrages relatifs aux Anthropoïdes.
95. POIRIER. Traité d'anatomie humaine. Paris. T. I.
95. GERKEN. Das Hüftgelenk und der Luftdruck. *Anatom. Anzeiger*. Vol. X, p. 35-42.
95. LESSHAFT. Die Bedeutung des Luftdrucks für das Gelenk. *Anatom. Anzeiger*. Vol. X. № 1, p. 426-431.
96. GERKEN. Ueber die Unabhängigkeit des Zusammenhalts der Gelenke von dem atm. Luftdrucke. *Anat. Hefte*. Abt. I. Heft 21. Wiesbaden.

96. LESSHAFT. Die die Gelenkflächen zusammenhaltenden Kräfte. *Anat. Anzeiger* Vol. XII, p. 426-434.
97. H. WERNER. Die Dicke der menschl. Gelenkknorpel. Diss. Berlin.
99. F. G. PARSONS. The joints of mammals compared with those of man. *Journal of anat. and phys.* Vol. XXXIV, p. 41-68.
99. STEINHAUSEN. Beiträge zur Lehre von dem Mechanismus der Bewegungen des Schultergürtels. *Arch. für Anat. u. Phys.* Phys. Abth. Suppl. p. 403-430.
1900. MOLLIER. Ueber die Statik u. Mechanik des menschl. Schultergürtels. *Festschrift für C. von Kupffer*.
00. SEMON. Zur vergl. Anatomie der Gelenkbildungen bei den Wirbelthieren. *Ibid.*

---

## APPENDICE

par le professeur E. Bugnion.

---

Planche IX.

---

### L'ÉPAULE DE L'ORANG

Cette étude a été faite sur un exemplaire adulte mâle, rapporté de Bornéo par M. Morton.

La *clavicule* est longue, faiblement courbée.

L'*omoplate*, assez semblable à celle de l'homme, se distingue par son épine plus oblique, son acromion plus grêle, plus relevé et surtout par sa cavité glénoïde, qui regarde davantage du côté d'en haut. Ce dernier caractère, commun à tous les anthropoïdes, est en rapport avec l'amplitude des mouvements d'élévation de l'humérus, mouvements habituels chez ces singes dans l'acte de grimper.

L'épine scapulaire étant insérée plus haut que celle de l'homme, la fosse sus-épineuse est notablement plus petite, la fosse sous-épineuse au contraire plus grande.

L'acromion, grêle, allongé, recourbé en crochet au-dessus de l'articulation, offre comme le nôtre une face postéro-externe et une face antéro-interne ; cette dernière est légèrement excavée.

L'apophyse coracoïde, plus courte et plus étroite que celle de

l'homme, s'incline davantage du côté d'en bas. Sa direction est comme chez la plupart des quadrumanes, presque parallèle au bord interne de la glène.

Le bord coracoïdien est plus long et plus droit que chez le gorille, sans trace d'échancrure ; l'angle postéro-supérieur peu élevé, presque droit. Le bord axillaire, déjeté en arrière, est séparé de la fosse sous-épineuse par une dépression profonde. Les facettes des grand et petit ronds sont étroites, peu marquées ; la facette *sous-glénoïdienne*<sup>1</sup> est en revanche plus large et mieux délimitée que celle de l'homme.

Le bord spinal, plus court que le nôtre, porte près de l'angle inférieur un petit épiscapulum distinct (ossifié).

*L'humérus*, conformé sur le modèle de celui de l'homme, en diffère cependant par les caractères suivants :

Sa longueur dépasse celle du fémur environ d'un quart (mesures : humérus 35 cm, radius 33, fémur 26).

Le corps de l'os, plus massif et épais, paraît un peu plus courbé dans le sens sagittal ; son extrémité inférieure est plus déjetée en avant. On remarque en outre une légère courbure latérale à convexité externe.

L'empreinte deltoïdienne et la gouttière radiale sont moins marquées.

La tête articulaire, relativement plus petite, regarde davantage en arrière (moins en dedans) que la nôtre. Un plan vertical passant par le milieu de la surface cartilagineuse fait avec l'axe du coude un angle de 60° (homme 8°).

La grosse tubérosité est plus développée dans le sens transverse ; ses facettes supérieure et moyenne sont plus larges. La petite tubérosité, au contraire plus étroite, est placée plus bas et plus en dedans. La gouttière bicipitale, située plus en dedans que la nôtre, s'élargit un peu dans le sens de haut en bas.

*Surfaces articulaires.* — La glène plus allongée, plus étroite que celle de l'homme et même que celle du gorille, mesure 3 1/2 cm. de hauteur sur 2 1/2 cm. de largeur. Elle offre une échancrure sur le bord interne. Le bourrelet glénoïdien et le tendon du biceps sont disposés à peu près comme les nôtres.

<sup>1</sup> Cette facette qui occupe les deux tiers supérieurs du bord axillaire donne insertion au faisceau interne du sous-scapulaire (subscapularis minor de Gruber). Peu développée chez l'homme, la facette sous-glénoïdienne n'est pas décrite dans nos manuels.

Chez notre exemplaire (vieux mâle) la glène est partiellement revêtue de tissu fibreux ; une bride fibreuse la traverse dans toute sa largeur (altération pathologique).

La tête humérale mesure 7 cm. dans le sens vertical et 8 cm. dans le sens transverse. Assez semblable à celle de l'homme<sup>1</sup>, elle s'en distingue cependant par les caractères suivants :

Les deux tubérosités sont placées plus bas ; la surface articulaire proémine davantage du côté d'en haut.

Le col anatomique n'est pas régulièrement circulaire, mais offre dans sa moitié supérieure deux troncatures obliques convergeant l'une vers l'autre du côté du sommet. L'une de ces troncatures, plus longue (4 cm.), plus accusée, est située à la base de la grosse tubérosité ; l'autre, plus courte (2 cm.) et moins distincte, se voit à la base de la petite. Resserrée entre ces deux troncatures, la surface cartilagineuse se prolonge dans la direction de la coulisse bicipitale en forme de pointe mousse. Cette surface n'est donc pas exactement sphérique, mais offre plutôt un contour elliptique ou triangulaire-arrondi.

Du côté d'en bas, la surface articulaire est moins étendue que celle de l'homme et s'arrête dans la région du col chirurgical par un bord plus abrupt<sup>2</sup>.

Cette forme, que nous retrouvons chez le gorille, diffère beaucoup de celle qui est propre aux quadrupèdes. Chez le chien, le tigre, etc., la surface articulaire offre sa plus grande largeur du côté d'en haut et va en se rétrécissant du côté d'en bas. Chez les anthropoïdes, la surface cartilagineuse offre sa plus grande largeur en dessous du milieu et va en se rétrécissant vers le haut. Les singes inférieurs (magot) présentent une forme intermédiaire, plus régulièrement arrondie, aussi large vers le haut que vers le bas.

Il est à peine besoin de remarquer que la partie supérieure, « elliptique » de la tête humérale des anthropoïdes est celle qui entre en contact avec la partie supérieure de la glène dans les mouvements d'abduction ; aussi voyons-nous cette cavité se

<sup>1</sup> La tête humérale humaine, bien qu'ordinairement sphérique, offre chez quelques sujets un contour ovalaire ou elliptique qui rappelle quelque peu la forme décrite ci-dessous, caractéristique de l'orang.

<sup>2</sup> Ce dernier caractère est peut-être individuel. Chez un autre exemplaire (femelle) la surface articulaire, régulièrement elliptique, s'étendait vers le col chirurgical aussi loin que chez l'homme.

rétrécir du côté d'en haut, s'allonger en forme d'ovale, tandis que chez les quadrupèdes le contour de la glène est plus régulièrement arrondi.

Une coupe verticale pratiquée sur un moule de plâtre m'a donné les résultats ci-après :

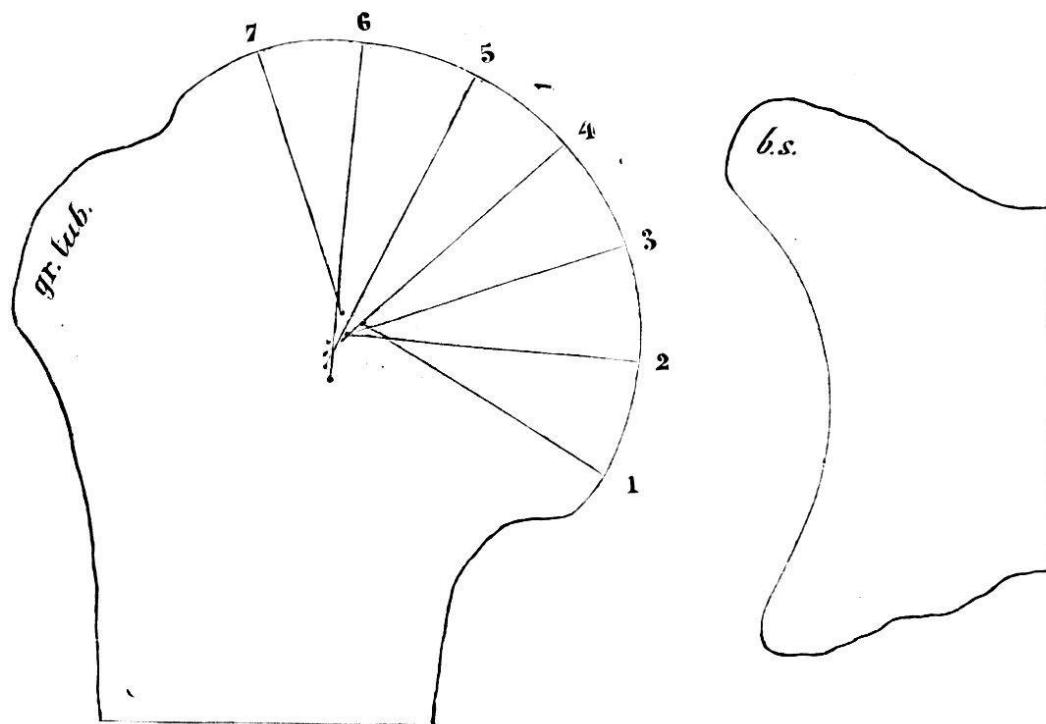


Fig. 1. Tête humérale et glène de l'orang. Coupes verticales de grandeur naturelle ; *gr. tub.* grosse tubérosité ; *b. s.* bord supérieur de la glène.

La surface convexe est divisée en 7 centimètres. Dimensions des rayons :

	Rayon		Rayon
1 <sup>er</sup> centimètre	25 mm.	5 <sup>e</sup> centimètre	29 mm.
2 <sup>e</sup> "	27 "	6 <sup>e</sup> "	30 "
3 <sup>e</sup> "	27 $\frac{1}{2}$ "	7 <sup>e</sup> "	24 "
4 <sup>e</sup> "	28 "		

Le rayon grandit de bas en haut à peu près comme chez l'homme, à l'exception de celui du 7<sup>e</sup> segment qui diminue de nouveau. La ligne des centres forme une petite courbe assez régulière et peu allongée.

La coupe transverse pratiquée à l'union du tiers inférieur avec les deux tiers supérieurs offre un contour presque régulièrement arrondi avec un rayon unique de 25 mm. La surface articulaire est donc non seulement plus étendue, mais encore plus fortement courbée dans le sens transverse que dans le sens vertical.

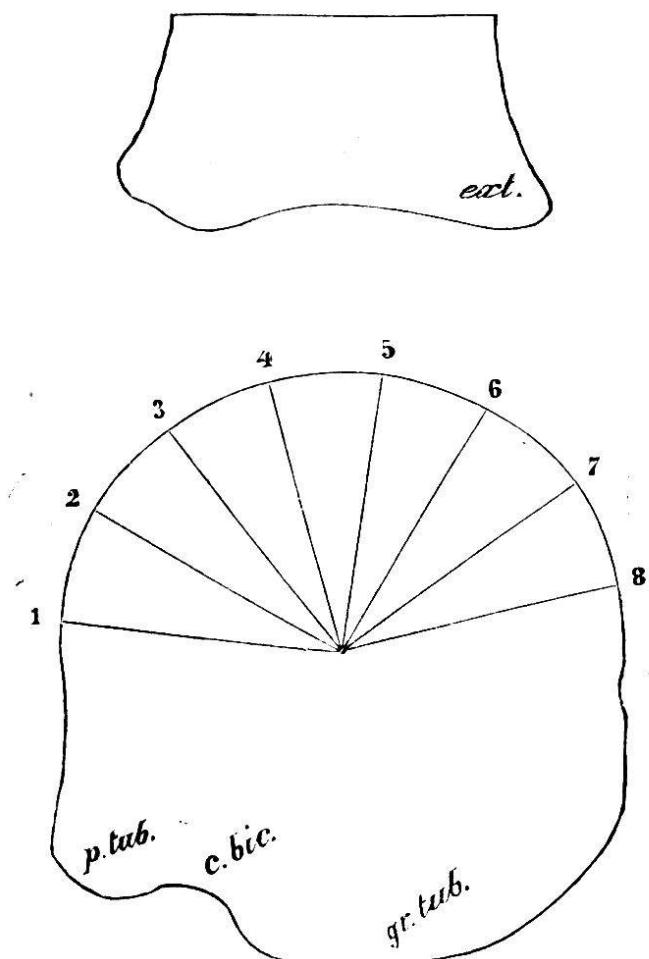


Fig. 2. Glène et tête humérale de l'orang. Coupes transverses de grandeur naturelle. — *p. tub.* petite tubérosité ; *c. bic.* coulisse bicipitale. *gr. tub.* grosse tubérosité ; *ext.* côté externe de la glène.

#### *Mesure des arcs.*

	Coupe verticale.	Coupe transversale.
Arc de la surface humérale	158° (27 mm.)	185° (25 mm.)
» la glène . . . .	90°	67°
Différence . .	68°	118°

*Mouvements.* — L'amplitude des mouvements de l'épaule a été mesurée par le prof Rud. Fick, dans sa belle étude sur l'anatomie de l'orang (95).

Cet auteur indique les chiffres suivants : Extension et flexion, 150° ; abduction, un peu plus de 90° ; rotation, 120°.

On voit que ce soit pour l'extension et la flexion, soit pour la rotation, l'amplitude de l'excursion surpassé celle de l'épaule humaine de 15° environ.

## L'ÉPAULE DU GORILLE

Cette étude a été faite sur une pièce sèche. (Coll. de l'Ecole de Médecine).

L'*omoplate* est plus allongée et plus déliée (moins massive) que celle de l'homme. Le bord axillaire est plus long, de même le bord coracoïdien ; le bord spinal en revanche bien plus court. L'angle postéro-supérieur est obtus, l'échancrure coracoïdienne évidée et peu distincte.

L'épine scapulaire, beaucoup plus inclinée que celle de l'orang, se termine par un acromion étroit, allongé, fortement relevé au-dessus de l'articulation.

L'apophyse coracoïde, plus faible que la nôtre, se dirige en bas et en dedans.

La fosse sus-épineuse est plus grande que celle de l'homme, la fosse sous-épineuse plus étroite. La fosse sous-scapulaire offre une dépression allongée correspondant à l'insertion de l'épine. Les facettes des muscles grand et petit ronds sont ici encore étroites et peu accusées.

L'*humérus* est si semblable à celui de l'homme qu'on pourrait se tromper au premier abord. Il y a pourtant quelques différences.

Plus long que le fémur, l'*humérus* de notre exemplaire mesure  $36 \frac{1}{2}$  cm. (radius 29, fémur  $30 \frac{1}{2}$ ).

Le corps de l'os est plus gros et plus arrondi, surtout dans sa partie moyenne ; le sillon radial moins marqué.

La tête articulaire, relativement petite, est dirigée un peu plus en arrière. Un plan passant par son centre forme avec l'axe du coude un angle de  $20^\circ$  (homme  $8^\circ$  ; orang  $60^\circ$ ).

La grosse tubérosité, peu saillante, est un peu plus étendue que celle de l'homme dans le sens transverse. La petite tubérosité, étroite et proéminente, est insérée plus bas.

La coulisse bicipitale, située exactement sur la ligne médiane (moins en dehors que celle de l'homme), va comme chez l'orang en s'élargissant de haut en bas.

*Surfaces articulaires.* — La glène, plus étroite que celle de l'homme, plus rétrécie dans sa partie supérieure, regarde comme chez l'orang et le chimpanzé davantage du côté d'en

haut. Il y a une petite échancrure du côté interne. Ses mesures sont : hauteur 3,4 cm., largeur 2,4 cm.

La tête humérale, un peu plus petite que celle de l'orang, mesure 6 cm. dans le sens vertical et 8 cm. dans le sens transverse. Moins régulièrement arrondie que celle de l'homme, la surface articulaire offre cette forme rétrécie du côté d'en haut (elliptique) déjà signalée à propos de l'orang. Moins étendue du côté d'en bas, elle s'arrête au niveau du col chirurgical par un bord plus abrupt.

Les coupes figurées ci-dessous ont été faites sur des moules de plâtre.

Coupes verticales.

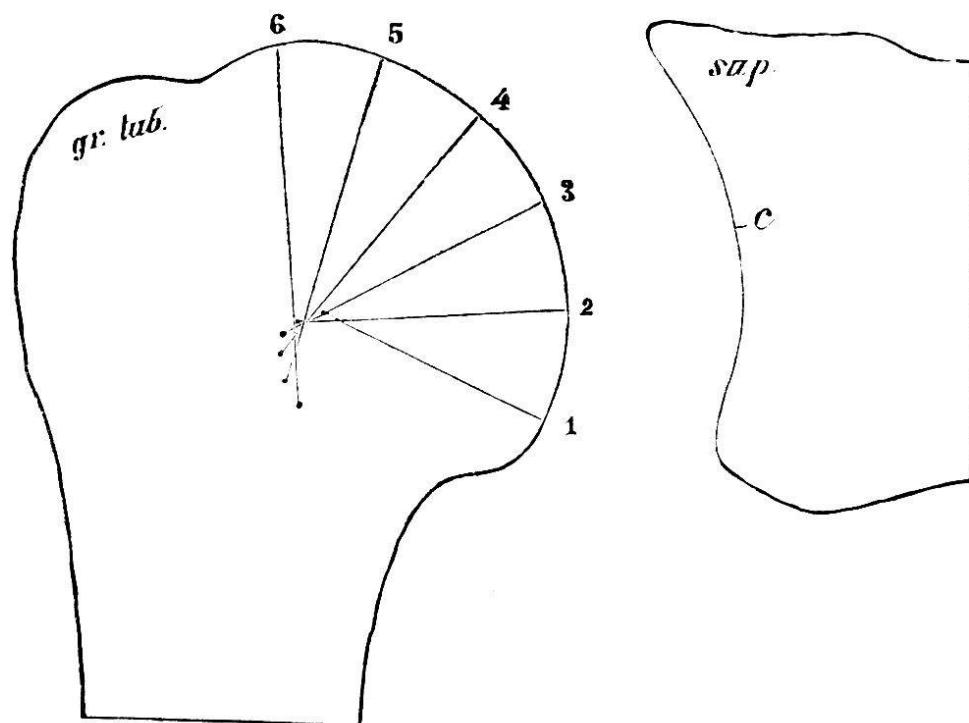


Fig. 3. Tête humérale et glène du gorille. Coupes verticales de grandeur naturelle ; *gr. tub.* grosse tubérosité ; *sup.* bord supérieur de la glène ; *c.* milieu.

La surface convexe est divisée en 6 centimètres. Dimensions des rayons :

	Rayon		Rayon
1 <sup>er</sup> centimètre	22 mm.	4 <sup>e</sup> centimètre	27 $\frac{1}{2}$ mm.
2 <sup>e</sup> " "	24 "	5 <sup>e</sup> " "	30 "
3 <sup>e</sup> " "	26 "	6 <sup>e</sup> " "	31 $\frac{1}{2}$ "

Le rayon de courbure grandit un peu plus rapidement que

chez l'homme; la ligne des centres forme une petite développée assez régulière.

Coupes transverses.

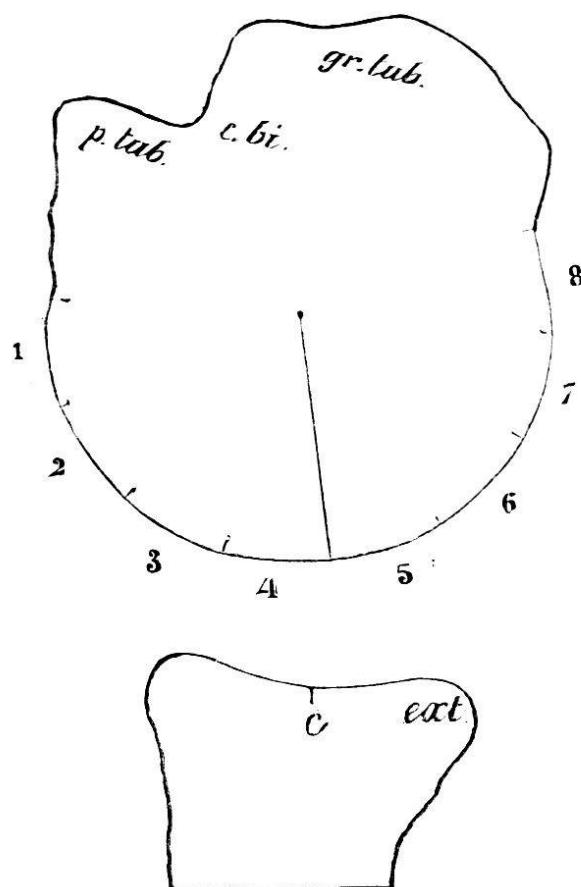


Fig. 4. Epaule du gorille. Coupes transverses de grandeur naturelle. *p. tub.* petite tubérosité; *gr. tub.* grosse tubérosité. *bi.* coulisse bicipitale. *c.* milieu de la glène. *ext.* côté externe.

La coupe transverse faite à l'union du tiers inférieur avec les deux tiers supérieurs (dans la partie la plus bombée de la tête humérale) offre un contour presque régulièrement arrondi, avec un rayon unique de 22 mm. La surface articulaire est, comme chez l'orang, plus étendue et plus fortement courbée dans le sens transverse que dans le sens vertical.

#### *Mesure des arcs.*

Coupe verticale.	Coupe transverse.
Arc de la surf. humér. $150^\circ$ (rayon 25 mm.).	$200^\circ$ (rayon 22 mm.)
» glène. . . $75^\circ$	$52^\circ$
Différences . $75^\circ$	$148^\circ$

N'ayant que des pièces sèches à ma disposition, il ne m'a pas été possible de mesurer l'amplitude des mouvements. Les chif-

fres ci-dessus permettent néanmoins de tirer quelques conclusions. Le mouvement d'abduction-adduction doit être moins étendu, le mouvement de rotation en revanche plus ample que les nôtres. Au surplus, la glène étant dirigée davantage du côté d'en haut, l'acromion plus relevé, il est probable que l'anthropoïde peut éléver le bras plus haut que l'homme, sans être forcé de faire tourner son omoplate aussi tôt que ce dernier<sup>1</sup>.

### L'ÉPAULE HUMAINE

La lithographie ci-jointe (pl. IX) est destinée à faire voir les rapports des surfaces articulaires dans deux positions extrêmes : 1<sup>o</sup> en abduction (figure noire), 2<sup>o</sup> en adduction (figure rouge).

J'ai obtenu cette esquisse en plaçant sur le papier une coupe de l'épaule munie de ses ligaments et de sa capsule et en suivant avec un crayon le contour des os.

Les contours extérieurs de l'omoplate et de l'humérus ayant été tout d'abord reportés sur le papier, j'ai dessiné le profil de la glène en soulevant légèrement l'humérus de façon à pouvoir passer la pointe du crayon par dessous. Inversément, j'ai tracé le profil du cartilage huméral en soulevant le scapulum. Cette opération a été naturellement répétée deux fois, en abduction et en adduction.

Les surfaces articulaires mesurent, du côté de l'humérus, un arc de 180°, du côté de l'omoplate un arc de 100°; différence 80°.

La surface convexe a été divisée en centimètres comme dans les dessins précédents. On compte 7 1/2 cm. au total. Les rayons de courbure calculés au moyen du compas sont :

	Rayon		Rayon
1 <sup>er</sup> centimètre	22 mm.	5 <sup>é</sup> centimètre	26 mm.
2 <sup>e</sup> "	23 1/2 "	6 <sup>e</sup> "	27 "
3 <sup>e</sup> "	24 "	7 <sup>e</sup> "	28 1/2 "
4 <sup>e</sup> "	25 "		

La ligne des centres (développée) forme une petite courbe assez régulière. Seul le premier centre est placé en dehors.

La ligne *ab* étant l'axe de l'humérus, la ligne *vv'* la verticale, on voit que l'abduction (forcée) comptée dès la verticale = 94°

<sup>1</sup> Steinhausen (99) a démontré que lorsque nous élevons le bras, le mouvement de l'omoplate s'associe presque dès le début au déplacement de l'humérus.

et l'adduction = 10°. Amplitude totale = 104°. Ces chiffres correspondent assez bien à ceux qui ont été indiqués par M<sup>me</sup> Ludkewitch.

On voit encore que l'abduction est limitée par la rencontre du bord supérieur de la glène avec la grosse tubérosité, tandis que l'adduction s'arrête (grâce à la tension de la capsule) un peu avant la rencontre du bord inférieur de la glène avec le col chirurgical.

On remarque de plus que le bord inférieur du cartilage huméral s'élève dans l'adduction notablement au-dessus du bord de la glène. Ce dernier dépasse le bord du cartilage huméral de 24° environ.

Il résulte de ce chevauchement des bords, qu'un espace libre apparaît sur la figure entre le col chirurgical et la partie inférieure de la glène. Cet espace est sans doute assez vaste pour recevoir la capsule plissée sur elle-même à la fin de l'adduction.

C'est encore grâce à ce chevauchement des bords que l'amplitude totale atteint le chiffre de 104° (ou même de 110°); car si le mouvement s'arrêtait au moment où les bords des surfaces articulaires se rencontrent, il est clair que l'amplitude totale serait de 80° seulement.

La tête humérale qui, dans l'abduction, est en contact avec la glène entière ne s'appuie dans l'adduction que sur les deux tiers supérieurs de cette cavité

On constate enfin : 1<sup>o</sup> que la concordance des surfaces articulaires est à peu près parfaite dans les deux positions ; 2<sup>o</sup> que la tête humérale est placée très haut et que l'espace sous-acromial se maintient sensiblement le même dans les deux positions également.

Ce dernier fait est important à considérer ; il contribue à expliquer le rôle de la cavité supplémentaire dans la suspension de l'humérus.

Remarquons en passant que, lorsque le bras s'élève, l'espace sous-acromial paraît juste assez élevé pour recevoir la grosse tubérosité avec les parties molles qui la recouvrent. Les plis de la capsule, qui se forment au cours du mouvement auraient sans doute peine à s'y loger s'ils n'étaient tirés en arrière par le muscle sus-épineux ; de même les plis de la bourse sous-acromiale.

Notre lithographie représentant deux positions extrêmes de l'humérus, elle peut servir également à démontrer les déplace-

ments successifs de cet os dans le plan de l'abduction et de l'adduction.

Il suffit pour cela de calquer la tête de l'humérus sur un morceau de papier transparent, d'appliquer ce calque sur la planche lithographiée et de le faire tourner sur la figure de la cavité. Un point *o*, marqué au haut de la glène, est choisi comme point de repère. L'axe de rotation est représenté par une épingle que l'on pique successivement sur chacun des centres.

Partons par exemple de l'abduction. Nous ferons tourner le calque autour du centre 7, puis autour du centre 6 et ainsi de suite, en ayant soin de déplacer l'épingle chaque fois qu'un nouveau centimètre de surface vient à passer devant le point *o*. Nous constaterons, si l'opération est bien conduite, que la concordance des surfaces se maintient à peu près parfaite du commencement à la fin.

La tête humérale étant à peu près sphérique, on peut également choisir un centre unique (p. ex. le 3<sup>me</sup> centre de la figure, rayon moyen = 24 mm) et piquer l'épingle sur ce point-là. On remarque toutefois en procédant de cette façon un défaut de concordance qui va en s'accentuant vers la fin du mouvement. Il est donc préférable de tenir compte de la courbe réelle (spiroïde) de la tête humérale et de déplacer l'épingle en suivant exactement la ligne des centres.

Cette figure permet encore de constater que l'extension est limitée brusquement par la rencontre du bord supérieur de la glène avec la grosse tubérosité, tandis que la flexion peut continuer quelque temps après l'affleurement des bords et ne s'arrête, définitivement, qu'au moment où le bord inférieur de la glène vient buter contre le col de l'humérus.

J'ai eu l'occasion d'examiner, en décembre 1899, le cadavre d'un homme de 42 ans (batelier) qui offrait une amplitude exceptionnelle des mouvements de l'épaule. L'abduction, par exemple, était tellement exagérée que l'humérus s'élevait au-dessus de la position horizontale (limite habituelle) de 40° environ. Le mouvement en arrière était de même beaucoup plus étendu que d'ordinaire. Voici quelques chiffres :

Mouvement en avant 90°, en arrière 80°, total 170°.

Abduction 130°, adduction 5°, total 135°.

Rotation en dedans 40°, rotation en dehors 70°, total 110°.

Le mouvement d'abduction-adduction a été mesuré dans la

position relevée de l'omoplate (bord spinal vertical). Dans l'adduction, la tête de l'humérus remontait plus haut que de coutume et touchait à l'acromion. La face inférieure de ce dernier offrait une facette concave.

Pour la rotation, je suis parti de la position dans laquelle l'avant-bras (fléchi à 90°) est perpendiculaire au plan de l'omoplate.

La capsule était très lâche ; la tête humérale tombait, dans la position abaissée de l'omoplate, à 3 cm en dessous du bord supérieur de la glène.

J'ai observé sur le même sujet, en tenant le scapulum dans la position relevée, que l'avant-bras (fléchi à 90°) se portait de lui-même en avant, dans un plan à peu près perpendiculaire à celui de l'omoplate. Ce fait s'explique, me semble-t-il, parce que dans cette position les faisceaux de la capsule restaient rectilignes, tandis que dans d'autres positions, par exemple dans la rotation en dehors, la capsule était manifestement tordue.

Le squelette était grêle, le corps amaigri et délié. Je suppose que la souplesse exceptionnelle de l'épaule était en rapport avec l'ancienne profession de ce sujet.

#### Explication de la Planche IX.

*Coupe de l'épaule humaine dans le plan de l'omoplate. Grandeur naturelle.*

Figure noire : humérus en abduction.

» rouge: » adduction.

La surface articulaire de l'humérus a été divisée en  $7 \frac{1}{2}$  segments d'un centimètre chacun. Les chiffres 1-7 sont marqués sur les rayons de courbure correspondants.

*clav.*, clavicule.

*acr.*, acromion.

*vv'*, verticale.

*ab, a'b'*, axe de l'humérus.

*o*, point de repère marqué sur la glène.

