17

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

THÈSE

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE,

Présentée et soutenue le 1er juin 1847,

Par ANTOINE-JOSEPH DESGRANGES,

né à Loire (Rhône),

DOCTEUR EN MÉDECINE,

Chef des Travaux anatomiques de l'École de Médecine de Lyon,
ex-Interne des hôpitaux de la même ville,
Bachelier ès sciences mathématiques.

ESSAI SUR QUELQUES PROPOSITIONS

DE MÉCANIQUE ANIMALE.

Le ... es parties

À Mr Pouzet
Chirurgien Int. ne à la Charité
Souvenir d'internat

Desgranges

PARIS.

RIGNOUX, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE,
rue Monsieur-le-Prince, 29 *bis*.

1847

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

Professeurs.

M. ORFILA, DOYEN.	MM.
Anatomie	DENONVILLIERS.
Physiologie	BÉRARD.
Chimie médicale	ORFILA.
Physique médicale	GAVARRET, Président.
Histoire naturelle médicale	RICHARD.
Pharmacie et chimie organique	DUMAS.
Hygiène	ROYER-COLLARD.
Pathologie chirurgicale	MARJOLIN. GERDY aîné.
Pathologie médicale	DUMÉRIL. PIORRY.
Anatomie pathologique	CRUVEILHIER.
Pathologie et thérapeutique générales	ANDRAL.
Opérations et appareils	BLANDIN, Examinateur.
Thérapeutique et matière médicale	TROUSSEAU.
Médecine légale	ADELON.
Accouchements, maladies des femmes en couches et des enfants nouveau-nés	MOREAU.
Clinique médicale	FOUQUIER. CHOMEL. BOUILLAUD. ROSTAN.
Clinique chirurgicale	ROUX. J. CLOQUET. VELPEAU. ....
Clinique d'accouchements	P. DUBOIS.

Agrégés en exercice.

MM. BARTH.
BEAU.
BÉCLARD.
BEHIER.
BURGUIÈRES.
CAZEAUX.
DUMÉRIL fils.
FAVRE.
L. FLEURY.
J.-V. GERDY, Examinateur.
GIRALDÈS.
GOSSELIN.

MM. GRISOLLE.
MAISSIAT, Examinateur.
MARCHAL.
MARTINS.
MIALHE.
MONNERET.
NÉLATON.
NONAT.
SESTIER.
A. TARDIEU.
VOILLEMIER.

A LA MÉMOIRE

DE MON PÈRE,

ancien Général de Brigade.

A MA MÈRE.

A MA SŒUR.

A.-J. DESGRANGES.

A MON ONCLE M. BOCHARD,

Membre du Conseil d'Arrondissement de Nantua (Ain).

A.-J. DESGRANGES.

AVANT-PROPOS.

. . . . . Versate diu quid recusent,
Quid valeant humeri. . . . .
(HORATIUS, *Ars poetica.*)

. . . . . Il faut plus d'une fois
Du fardeau qu'on soulève interroger le poids.

Ce n'est point sans avoir médité sur la sage leçon que nous donne le poëte latin, dans le vers qui me sert d'épigraphe, que je me suis décidé à traiter un pareil sujet. Les difficultés qui s'y rencontrent sont nombreuses, et l'on pourrait appliquer au mécanisme de l'homme en général ce que d'Alembert disait en vue de la circulation : « Que c'est un des cas les plus compliqués d'un problème dont le plus simple serait déjà bien difficile. »

Je ne me suis point dissimulé que, dans une thèse, des conclusions, admettant telle opinion et rejetant telle autre, pourraient paraître entachées de présomption, et je n'aurais point osé surmonter une pareille crainte, si je n'avais connu la bienveillance avec laquelle nos maîtres voient les jeunes gens soulever des questions en litige; si je ne les avais entendus, bien des fois, encourager les efforts qu'on peut faire dans un but instructif.

Pour développer mes preuves et donner de la solidité à mes assertions, je m'appuierai sur les principes de statique, et les propriétés des lignes trigonométriques me serviront à trouver des équations générales; celles-ci une fois obtenues, je chercherai les diverses formes qu'elles peuvent revêtir, et les valeurs qu'elles prennent pour chacune en particulier; mais je me trouve ainsi jeté dans une voie excentrique, et aux yeux de bien des gens, peut-être, la forme algébrique, adaptée à des questions de physiologie, pourra paraître beaucoup trop *originale*.

Heureusement que, dans les ouvrages qui traitent de la mécanique animale, je puis trouver des antécédents d'un grand poids. L'école des iatro-mécaniciens tout entière s'était proposé de résoudre par le calcul les problèmes de la mécanique des animaux, et bien que les efforts de ses partisans n'aient pas toujours été couronnés de succès, il faut pourtant leur savoir gré d'avoir voulu faire servir à la physiologie les méthodes d'une science qui mène toujours à la vérité; et qui n'a pas peu contribué à porter les sciences physiques et les arts à ce haut degré de perfectionnement qui nous étonne aujourd'hui. Borelli a fait usage, avec sagacité, des démonstrations géométriques dans l'étude des mouvements, et, pour arriver tout de suite à notre époque, l'Allemagne ne nous a-t-elle pas montré dernièrement que les calculs de la plus haute portée peuvent être appliqués à l'organisme. MM. G. et E. Weber ont employé le calcul différentiel et intégral pour donner leur théorie de la marche et de la course; ils ont emprunté aussi des formules à la mécanique rationnelle, et bien des fois j'ai eu à regretter de ne pouvoir les suivre dans les démonstrations de leurs théorèmes. M. le professeur Gerdy n'a pas cru qu'il fût en dehors de son sujet de donner, dans son *Traité des bandages et appareils*, la théorie des machines simples. Enfin, M. le professeur Gavarret a basé sur le calcul des probabilités ses principes généraux de statistique médicale. Abritées sous des noms aussi recommandables, les démonstrations géométriques, servant à la physiologie, ne peuvent plus être attaquées; j'essayerai donc aussi de m'en servir, et je me croirai amplement dédommagé de mon travail, si la bienveillance de mes juges daigne trouver quelque mérite à un *essai* que rien ne recommande.

ESSAI

SUR QUELQUES PROPOSITIONS

DE MÉCANIQUE ANIMALE.

La mécanique animale a pour objet l'étude des mouvements de l'homme et des animaux, ainsi que la recherche des lois qui président à leur équilibre. Son domaine est donc vaste : il embrasse à lui seul une foule de questions physiologiques. Des phénomènes observés chez les êtres vivants, les uns ont été expliqués d'une manière claire et précise ; d'autres, au contraire, n'ont reçu qu'une solution controversée et peu satisfaisante ; c'est parmi ces derniers que j'ai été chercher le sujet de cette dissertation inaugurale.

Tout ce qui va suivre peut se diviser en trois chapitres : dans le premier, je parlerai du mécanisme de la colonne vertébrale ; dans le deuxième, des côtes et des intercostaux ; dans le troisième enfin, je dirai quelques mots sur l'équilibre du bassin, et sur les muscles droits de l'abdomen.

CHAPITRE Ier.

DE LA COLONNE VERTÉBRALE.

Envisagée dans ses dispositions les plus générales, la colonne vertébrale nous présente une tige osseuse composée de vingt-quatre pièces, et percée d'un canal central; en avant, elle offre une forme cylindrique qui est due à la présence des corps des vertèbres; en arrière, une crête saillante produite par la série des apophyses épineuses; de chaque côté, une série analogue appartenant aux apophyses transverses; enfin les trous de conjugaisons destinés au passage des nerfs rachidiens. La colonne vertébrale n'est pas rectiligne; convave en avant, à sa partie moyenne, elle est, au contraire, concave en arrière à ses deux extrémités; elle repose sur le sacrum, et en haut, elle supporte la tête.

Dans l'étude de son mécanisme, on s'est surtout appesanti sur l'utilité du canal vertébral, et sur les avantages des trois courbures; nous verrons ce qu'il faut penser des propriétés qui leur ont été attribuées. Dans un premier article, je parlerai du canal, et dans un second, je m'occuperai des courbures. J'aurais désiré vivement pouvoir donner ûn aperçu historique sur la manière dont les auteurs anciens ont envisagé le mécanisme de la colonne vertébrale; mais la bibliographie du Dictionnare en 30 volumes, toujours si complète et si utile pour ces sortes de recherches, étant muette à l'article *Rachis*, j'ai manqué d'un fil conducteur, et j'ai dû m'en tenir à ce que j'ai trouvé dans nos auteurs classiques.

ARTICLE Ier.

DU CANAL VERTÉBRAL ET DE SES USAGES.

Le *canal vertébral* occupe toute la longueur du rachis; il se continue en haut avec la cavité crânienne, et en bas avec le canal sacré; il est placé derrière le corps des vertèbres; limité de chaque côté par les colonnes osseuses, qui rattachent aux corps de l'os la masse apophysaire. En arrière, nous avons les lames et les apophyses épineuses; des parties molles complètent ce canal. On a cru trouver dans cette disposition une condition de solidité; mais elle est plus apparente que réelle, et l'application qu'on a voulu y faire d'un principe de physique me paraît attaquable.

§ Ier. — *Le canal rachidien peut-il augmenter la résistance de la colonne vertébrale, dans le sens vertical?*

Les auteurs qui lui ont attribué cette propriété s'appuient sur ce principe, que, de deux colonnes de même hauteur et formées d'une même quantité de matière, et dont l'une serait pleine et l'autre creusée d'un canal central, celle-ci serait la plus résistante.

La structure des os longs, il est vrai, s'est prêtée tout d'abord à une juste application du principe; mais il n'y a pas entre le canal vertébral et le conduit médullaire des os longs une analogie complète : c'est précisément là ce qui a induit en erreur. Dans le rachis, en effet, la cavité se trouve en arrière de la portion essentielle à la sustentation, et en avant d'une autre qui n'y concourt presque en rien. Aussi est-il possible d'établir :

1° *Que le canal vertébral n'augmente en rien la résistance de la colonne dans le sens vertical;*

2° *Que ses usages exclusifs sont de fournir à la moelle épinière une enveloppe éminemment protectrice.*

Le *corps des vertèbres* se trouve placé devant le canal, et sans contredit ce corps est plus apte qu'aucune autre partie à former un support efficace, son étendue, sa masse augmentant depuis la première cervicale, où il est presque rudimentaire, jusqu'à la dernière lombaire, où il est énorme. D'où il résulte, pour la colonne vertébrale, une forme pyramidale, à base inférieure, qui a été bien appréciée. Pour la région cervicale, nous avons des surfaces articulaires qui s'engrènent les unes avec les autres ; à la région dorsale, nous voyons des surfaces triangulaires à sommet antérieur, et qui sont plus étendues qu'à la région cervicale. Enfin, à la région lombaire, ce sont des surfaces elliptiques, dont l'étendue est bien supérieure à celle des deux autres régions. C'est par ces faces que les vertèbres reposent solidement les unes sur les autres. Ce ne sont pas là seulement leurs points de contact, elles en ont d'autres ; mais je prétends que les autres ne peuvent servir en rien à la sustentation. Passons donc successivement en revue les diverses parties qui composent la masse apophysaire.

A. *Apophyses articulaires.*

1° *Région cervicale.* Ce sont de petites colonnes, terminées par deux surfaces planes : la supérieure inclinée de haut en bas et d'avant en arrière ; l'inférieure présente la même inclinaison, mais elle regarde en avant pendant que la première regarde en arrière. Je dois convenir que ces apophyses articulaires peuvent servir à la sustentation ; mais ma proposition n'est pas détruite, puisque, dans les régions dorsale et lombaire, où nous aurions le plus besoin de cet auxiliaire, nous le verrons nous faire complétement défaut.

2° *Région dorsale.* Nous avons des lames verticales : deux supérieures dont la surface articulaire regarde en arrière, et deux inférieures dont la surface articulaire regarde en avant. Ces articulations représentent donc, en définitive, deux plans verticaux, accolés par une de leurs faces, et pouvant glisser l'un contre l'autre : évidemment, ils ne peuvent supporter une portion, si minime qu'elle soit, du poids qui charge la colonne.

3° *Région lombaire.* Les apophyses articulaires supérieures représentent des surfaces cylindriques concaves, mais *verticales*. Les inférieures ont des surfaces cylindriques convexes, mais aussi *verticales*. Elles s'engrènent les unes avec les autres, offrant une disposition favorable à la rotation horizontale; mais elles n'offrent nulle part un point d'appui capable de résister à une pression verticale.

En *résumé*, nous voyons que les aphophyses articulaires sont un auxiliaire nul, puisqu'il n'existe que dans la région où il est le moins utile, et qu'il manque dans les deux autres, où il serait nécessaire.

B. *Apophyses épineuses.*

1° *Région cervicale.* Elles sont à peu près horizontales. Leur bord supérieur est saillant, pendant que le bord inférieur présente une gouttière large et profonde. Le sommet est bifide, et se termine par deux petits tubercules. Leur direction horizontale laisse entre elles un espace assez grand, et la gouttière éloigne encore les points de contact. C'est même cette disposition qui permet d'exagérer la courbure supérieure de la colonne vertébrale, et de renverser fortement la tête en arrière.

Les apophyses épineuses cervicales ne servent donc pas à la sustentation.

2° *Région dorsale.* Elles sont obliquement couchées les unes sur les autres; les espaces qui les séparent sont très-peu étendus, et les tubercules qui terminent ces éminences peuvent facilement arriver au contact de l'apophyse qui est immédiatement placée au-dessous : ce rapprochement pourrait, en quelque sorte, faire admettre qu'elles pussent, en quelques circonstances, supporter une partie du poids; mais je dois faire observer que des pressions verticales, ayant pour effet d'exagérer la courbure, en produiraient l'écartement plutôt que le rapprochement.

3° *Région lombaire.* Évidemment, les apophyses épineuses de cette région sont complétement étrangères à la fonction que j'examine. Elles sont larges, horizontales et séparées par un espace de plus de 1 centimètre; elles ne pourraient arriver au contact que dans un renversement exagéré.

Nous voyons donc que les apophyses épineuses ont une utilité très-contestable à la région dorsale et nulle dans les deux autres. Les dispositions qui établissent cette nullité me paraissent plus tranchées à la région lombaire qu'à la région cervicale, quoique dans la première la colonne soit bien plus chargée.

Je conclus donc à l'inutilité des apophyses épineuses pour supporter une partie du fardeau.

C. *Lames.*

1° *Région cervicale.* Elles présentent la forme d'un parallélogramme horizontalement couché. Le bord supérieur s'engage sous la lame qui est au-dessus, et l'inférieur se place en arrière de celle qui est au-dessous; l'espace qui les sépare est peu considérable, et, dans le renversement de la tête, elles peuvent arriver au contact. Elles pourraient donc, dans ces circonstances, se charger d'une partie du poids; mais leur imbrication produit plutôt un glissement qu'elle n'offre une base de sustentation solide.

2° *Région dorsale.* Elles ont à peu près la forme d'un carré, et leur disposition, les unes par rapport aux autres, rappelle celle de la région cervicale; mais l'espace qui les sépare est encore plus petit. Elles pourraient donc, comme ces dernières, supporter une pression verticale, si elles n'avaient pas cette tendance à glisser les unes contre les autres, ainsi que nous l'avons fait remarquer.

3° *Région lombaire.* Elles ont la forme d'un parallélogramme qui serait vertical; leur étendue est moins grande qu'à la région dorsale; leur imbrication est analogue; mais l'espace qui les sépare est au moins aussi grand que celui que nous avons trouvé entre les apophyses épineuses : il en résulte donc une impossibilité manifeste de contact, et leur rôle est absolument nul dans la sustentation.

Il résulte de tout ceci que les lames doivent être considérées comme ne servant point à supporter une partie du poids qui charge la colonne, puisque leur action est absolument nulle dans la région qui est de beaucoup la plus chargée.

D. *Apophyses transverses.*

Leur écartement, et l'impossibilé où elles sont de s'appuyer les unes sur les autres, me dispensent d'entrer dans toute discussion à leur sujet.

Conclusion. La portion lombaire de la colonne vertébrale est la plus chargée.

Mais la masse apophysaire est dépourvue de points auxiliaires de sustentation.

Donc le corps des vertèbres concourt seule à former la COLONNE DE SUSTENTATION (1).

Mais le canal vertébral est en arrière de la colonne de sustentation, et non pas au centre :

Donc l'application du principe est inexacte.

On ne m'accusera pas de sophisme, j'espère, de ce que je n'ai conclu que pour la région lombaire; peu importe la solidité des étages supérieurs : si les fondations sont trop faibles, l'édifice s'écroule.

La seconde partie de ma proposition est évidente; elle ne m'appartient pas, et se trouve dans tous les auteurs. Seulement il me paraît superflu de dire que cette diminution de poids est avantageuse, qu'une colonne vertébrale solide eût été trop lourde, que les muscles auraient eu trop de peine à la mouvoir. Et ne la meuvent-ils pas lorsque le portefaix plie et se relève sous un pesant fardeau? Je crois que

(1) On voudra bien me passer cette expression.

l'inconvénient eût été faible relativement au poids, pendant qu'il eût été incompatible avec la vie, relativement à la moelle.

Supposez une colonne pleine... Où placerez-vous la moelle? Dans les gouttières vertébrales? mais comment s'accommodera-t-elle de la contraction musculaire, elle, qui ne peut supporter une compression, même légère, sans donner des phénomènes de paralysie? Dans les cavités splanchniques, au-devant de la colonne? que deviendrait-elle pendant les efforts? Lors de la contraction du diaphragme et des muscles abdominaux, ne supporterait-elle aucune pression?

ARTICLE II.

DES COURBURES DU RACHIS ET DE LEURS USAGES.

Nous venons de voir la réfutation d'une proposition émise au sujet du canal vertébral; mais il y en a de relatives aux courbures, qui me paraissent tout à fait dignes d'intérêt.

Je rappelle que ces courbures sont au nombre de trois : une à la région cervicale, peu marquée, à convexité antérieure et concavité postérieure; une dorsale très-grande, à concavité antérieure et convexité postérieure; une troisième enfin à la région lombaire, ayant sa convexité en avant et sa concavité en arrière. Les courbures sont donc alternatives; mais celle de la région dorsale est de beaucoup la plus grande, et le rayon de la circonférence à laquelle elle appartient est plus petit que celui des deux autres. Il existe une quatrième courbure dirigée transversalement, ayant sa concavité le plus habituellement à gauche: elle est peu marquée.

Comme on ne lui a fait jouer aucun rôle particulier, je n'aurai pas à discuter sur elle; à plus forte raison ne m'inquiéterai-je pas de la cause à laquelle elle doit être rattachée. Il importe peu à mon sujet qu'elle soit produite par la présence du cœur à gauche, ou par l'usage le plus habituel du membre thoracique droit (Bichat) ou bien par la présence de l'aorte, comme le veut M. Cruveilhier.

§ I^er^. *Les inflexions alternatives du rachis peuvent-elles permettre au centre de gravité de cette colonne des oscillations plus étendues que ne lui en eût permis une direction tout à fait rectiligne ?*

Je ferai observer que si le centre de gravité peut faire des oscillations plus grandes sans sortir de la base de sustentation, il en résulte que la colonne repose plus solidement; que les courbures, en un mot, concourent à son équilibre stable.

Il est utile, avant d'aller plus loin, de rappeler ce que, dans les ouvrages de statique, on entend par *centre de gravité* et *base de sustentation*.

1° «... Il existe toujours, pour un corps pesant, un *point unique* par lequel passe toujours la direction du poids, lorsque l'on tourne successivement le corps dans diverses positions à l'égard du plan horizontal. Ce point unique, par lequel passe toujours la direction du poids, quelle que soit la position du corps à l'égard du plan horizontal, se nomme le *centre de gravité.*» (L. Poinsot, *Éléments de statique*, p. 176, § 135.)

2° «La résultante de toutes les forces parallèles de la pesanteur leur est parallèle, c'est-à-dire est verticale. (Loc. cit., p. 176, § 134.)

«Lorsqu'un corps s'appuie contre un plan par plusieurs points, il faut, pour l'équilibre, que les forces appliquées puissent se réduire à une seule, normale au plan, et dont la direction tombe dans l'intérieur du polygone formé par tous les points de contact. (Loc. cit., p. 272, § 192.)

Ce qui revient à dire que, pour qu'un corps soit en équilibre, *il faut que la verticale qui passe par le centre de gravité passe aussi par la base de sustentation.*

Si elle passe au dehors, la pesanteur entraînera le corps, jusqu'à ce qu'il ait pris une position où cette condition expresse soit remplie.

D'où il suit comme corollaire, que

La stabilité de l'équilibre est en raison directe de la base et en rai-

son inverse de la distance qui sépare le centre de gravité du plan de cette base.

En effet, soit une colonne (fig. 1) ayant pour base circ. OB, et son centre de gravité au point C; si elle reçoit une impulsion dans le sens de *m n*, le centre de gravité sera déplacé sur l'arc CD, et la ligne AB marque la limite de l'équilibre. Si la base, au lieu d'être circ. OB, était circ. OB′ la stabilité serait augmentée; car la verticale qui descend de C aurait encore toute la ligne BB′ à parcourir sans que l'équilibre fût détruit. Si le centre de gravité C s'élève en C′, l'équilibre sera moins stable; car l'impulsion qui, tout à l'heure, amenait C en A le portera ici en A′, dont la verticale tombe en dehors de OB; donc quand C serait arrivé sur la limite de l'équilibre, C′ l'aurait dépassée. Donc...

Faisons maintenant l'application de ces données à la colonne vertébrale.

Je suppose une colonne AB (fig. 2) ayant pour base le cercle BO et son centre de gravité au point C; elle a un équilibre stable qui est en raison directe de BO et en raison inverse de OC. BO restant le même, si nous faisons des courbures à cette colonne, sa hauteur AB diminuera et deviendra A′B′. La hauteur totale étant seulement diminuée, le centre de gravité descendra au point C′, plus rapproché de la ligne BB′ que C. Car le poids de la colonne n'a pas changé, les rapports des molécules sont les mêmes; mais le centre de gravité étant abaissé, la verticale sortira plus difficilement du cercle B′O′.

Donc la stabilité de l'équilibre sera augmentée.

D'où il résulte que la proposition que je discute est vraie, si l'on entend dire que la colonne vertébrale a plus de stabilité à cause de ses courbures qu'elle n'en aurait si, conservant sa *longueur*, elle était *rectiligne*, et la raison en est que le centre de gravité serait plus élevé au-dessus de la base de sustentation.

Cette interprétation n'est pas, à coup sûr, celle qu'on entend généralement; on semble dire, tout au contraire, que de deux colonnes ayant *même hauteur* et une *position identique* du centre de gravité, celle qui présentera des inflexions sera plus stable, son centre de gravité pouvant faire de plus grandes oscillations sans que la verticale tombe hors de la base. Or, envisagées de cette façon,

Les courbures de la colonne vertébrale n'ont aucune influence sur la stabilité de son équilibre.

En effet, toute la question repose dans le centre de gravité. Si ces deux colonnes ont même base et une *position identique* du centre de gravité, quelle que soit la forme qu'elles présentent, elles seront sujettes aux mêmes lois, et l'équilibre en sera donné par la même formule. Mais, quelque forme qu'ait une colonne flexueuse, on peut toujours construire une autre colonne droite de même base et même hauteur avec un centre de gravité de *position identique;* ce qui, d'après le raisonnement précédent, emporte un équilibre également stable.

Donc les courbures de la colonne vertébrale ne peuvent avoir aucune influence sur la stabilité de son équilibre.

Donc la proposition que j'ai formulée me paraît démontrée.

§ II. — *Les courbures de la colonne vertébrale peuvent-elles avoir pour effet d'augmenter la résistance de cette colonne dans le sens vertical?*

Les auteurs qui leur supposent cette utilité invoquent un principe de physique, d'après lequel il serait établi que, de deux tiges semblables, toutes choses égales d'ailleurs, celle qui présente des inflexions alternatives résiste plus à une pression verticale que celle qui est rectiligne, et cela dans le rapport du carré des courbures plus un. Mais d'abord ils ont interprété différemment *le carré des courbures plus un.* Pour les uns, c'est $:: (3^2+1) : 1$, ou $:: 10 : 1$; pour les autres, $:: (3+1)^2 : 1$, ou $:: 16 : 1$.

Voilà une propriété attribuée aux courbures qui, dès mes premières années d'études médicales, m'a toujours paru difficile à admettre. Que je ne connaisse pas le principe que l'on invoque, ce n'est pas ce qui me la ferait révoquer en doute ; je l'admettrai même comme démontré, et je ferai voir que l'application en est erronée.

Les détails dans lesquels je vais entrer forcément seront sans doute un peu fastidieux, et les calculs que j'emploierai pourront paraître trop longs ; mais comme mon opinion personnelle est nulle et sans aucun poids, je me trouve forcé de prouver toutes mes assertions en me couvrant complétement des moyens que nous offre une science dont les résultats mènent toujours à la vérité.

Bien des fois, je me suis demandé comment il se pourrait qu'une tige comme la colonne vertébrale se trouvât en opposition directe avec tout ce que nous voyons dans les arts. Un architecte a-t-il à changer la disposition des parties inférieures d'un édifice, il soutiendra les étages supérieurs au moyen de poutres suffisamment longues et fortes, mais toujours d'une rectitude assez parfaite. L'application du principe, ce me semble, pourrait être faite à une poutre avec autant de raison qu'à la colonne vertébrale.

Quant aux courbures qui sont le point essentiel, il ne serait pas difficile de les produire. Nous avons, je suppose, une poutre longue de 10 mètres ; sur une des moitiés, appliquons l'humidité à une face pendant que nous soumettrons à l'action du calorique celle qui est opposée : il y aura condensation du côté de la chaleur, et dilatation de l'autre ; une courbure en sera la conséquence. Faisons l'opération en sens inverse, à l'autre extrémité, et nous aurons deux courbures alternatives. Or, pour les anatomistes, la force de cette poutre ainsi modifiée serait, à sa force première, : : $(2 + 1)^2$: 1, ou : : 9 : 1. Elle pourrait donc soutenir neuf étages maintenant, supposé que tout à l'heure elle eût été de force à en supporter un seulement.

Et cependant l'architecte habile, homme de théorie et de pratique, repousse cette poutre que lui offre l'anatomiste ; il préfère employer une forêt de bois là où quelques pièces pourraient suffire, grâce aux *courbures alternatives*. Vraiment, n'est-il pas impardonnable ? Bien plus, c'est que, dans les ouvrages de charpente destinés à supporter de lourds fardeaux, on voit quelques pièces solides qui sont les points résistants, et ensuite une foule de pièces secondaires qui les unissent les unes aux autres, de manière à s'opposer aux courbures alternatives; c'est à peine s'ils laissent 2 ou 3 mètres entre les pièces qui sont destinées à cet usage. Ils n'en veulent donc pas à tout prix; ils s'y opposent avec une scrupuleuse attention; qu'elles soient alternatives ou non, peu leur importe, ils les repoussent.

La vérité me semble, au contraire, pouvoir être ainsi formulée:

Les courbures de la colonne vertébrale diminuent la résistance de la colonne dans le sens vertical, en ce que les parties molles, qui tiennent en rapport les diverses parties qui la composent, offrent une tension bien plus considérable que si elle était rectiligne.

D'abord les courbures, bien qu'alternatives, sont loin d'être équivalentes; la courbure dorsale est très-grande, pendant que les deux autres sont à peine marquées. On peut être fondé à dire que celles-ci n'ont pas d'autre usage que de rétablir la rectitude de la colonne vertébrale, en évitant une forme anguleuse qui aurait fait saillie en arrière.

Il est une expérience bien simple, banale en quelque sorte, qui peut mettre sur le chemin de la vérité. Si l'on essaye d'empiler les vertèbres les unes sur les autres en commençant par la région lombaire, on peut arriver à empiler jusqu'à la cinquième ou quatrième dorsale; il faut toutefois soutenir la région lombaire dans les commencements. La pile se dissocie en trois portions: la supérieure tombe en avant, la moyenne en arrière, et l'inférieure reste debout. Le nombre des vertèbres qui compose ces piles est loin d'être le même. Si la colonne était rectiligne, on pourrait y arriver, les corps pesant directement les uns sur les autres, et dans tous les cas une pression verticale les maintiendrait en rapport; sur une colonne courbe, au contraire, la pression verticale exagérerait l'action de la pesanteur des parties supérieures. La dissociation n'en serait que plus rapide. Nous voyons donc déjà, par ce premier aperçu, qu'une colonne rectigne peut se soutenir par ses seuls éléments solides, pendant qu'une colonne courbe ne le peut pas. Nous pressentons donc déjà la nécessité d'avoir des parties molles qui maintiennent les rapports des pièces entre elles. Ces parties, qui auraient peu de choses à faire dans le cas d'une colonne rectiligne, sont au contraire, avec une colonne courbe, actives bien avant l'addition d'un poids étranger. Le premier résultat de l'application d'un poids sur la colonne vertébrale est donc immédiatement une tension plus grande des parties molles, résultat qui serait loin d'être aussi immédiat, si la colonne était rectiligne.

On a comparé la colonne vertébrale à un ressort qui serait courbé en sens inverse. Mais un ressort est une substance homogène, élastique dans tous les points. Les vertèbres sont-elles élastiques? Assurément, non. Les ligaments vertébraux communs, les ligaments surépineux et les ligaments jaunes possèdent cette propriété à un degré plus ou moins développé; les muscles surtout ont une action décisive; mais où sont les courbures alternatives? Ce sont des parties qui se laissent distendre et qui reviennent sur elles-mêmes. Si, par une surcharge et sans violence directe, la colonne se rompait, ce seraient les parties molles qui seraient déchirées. Ce sont elles qui, en définitive, supportent l'effort, et c'est vers elles que notre attention doit se porter. Les physiologistes disent, et ils ont raison, que chaque vertèbre représente un levier du premier genre. Une pareille décomposition serait elle applicable à un ressort? Je ne le pense pas.

En résumé, nous commençons à entrevoir que les courbures vertébrales *ne peuvent pas avoir l'utilité qu'on leur suppose,* et que la *comparaison* de la colonne vertébrale *à un ressort est attaquable.* C'est là ce qui a induit en erreur, ce me semble.

Je passe maintenant à la démontration théorique de ce que j'ai avancé.

Les physiologistes, ainsi que je l'ai dit, sont généralement d'accord pour considérer chaque vertèbre comme représentant un levier du premier genre, dont la force serait appliquée aux apophyses (muscles des gouttières), la résistance placée en avant, et le point d'appui au niveau des corps. Cette idée, qui est très exacte, me servira pour établir une proportion fondamentale.

Je n'appliquerai d'abord le raisonnement qu'à une vertèbre ; mais, une fois la formule obtenue, je pourrai faire voir qu'elle est tout à fait générale.

Dans la fig. 4 nous avons un levier coudé dont ON représente le bras de levier de la puissance, OQ celui de la résistance, MQ la perpendiculaire abaissée sur le prolongement de NO. La puissance est elle-même représentée par $\frac{1}{2}$ P, P représentant la force totale qui maintient deux vertèbres en rapport et qui se partage également entre elle : une moitié tirant sur celle de dessus, et l'autre moitié sur celle de dessous. Il suffit donc de chercher $\frac{1}{2}$ P pour résoudre la question. La résistance sera représentée par Q ; car la vertèbre n'a pas seulement à supporter le poids qui lui est immédiatement appliqué, mais encore celui des vertèbres supérieures qui reposent sur elle; et la courbure ayant pour effet d'éloigner la résistance du point d'appui, il faut évidemment tenir compte de cet écartement. Le levier étant coudé, ce n'est point la ligne QO qui représente le bras de levier de la résistance qui doit entrer dans les calculs, mais MO, qui mesure la distance du point d'appui O à la perpendiculaire abaissée de Q.

Les conditions d'équilibre d'un levier quelconque sont :

« 1° Que les deux forces P et Q soient dans un même plan avec le point d'appui ; 2° que leurs moments, par rapport à ce point, soient égaux ; 3° qu'elles tendent à faire tourner en sens contraires .... »

(L. Poinsot, *Élém. de statique*, p. 239, § 170.)

La première condition et la troisième sont remplies. Les moments, dans le cas actuel, sont :

$$Q \times MO \text{ et } \tfrac{1}{2} P \times NO$$

Ils doivent être égaux :

$$\tfrac{1}{2} P \times NO = Q \times MO$$

En chassant les termes Q et NO, nous aurons :

$$\frac{P}{2Q} = \frac{MO}{NO}$$

Ce qui revient à la proportion :

$$P : 2Q :: MO : NO$$

Si le levier eût été droit, j'aurais pu poser tout de suite la proportion qui en donne l'équilibre. Nous pouvons en déduire l'égalité de la puissance P.

$$P = \frac{2Q \times MO}{NO}$$

Mais MO, étant un des côtés du triangle rectangle QMO, peut être exprimé en fonctions d'une ligne trigonométrique : et pour plus de simplicité, faisons $QO = a$, nous aurons :

$$MO = a \cos \alpha$$

(Lefébure de Foury, *Géométrie analytique*, p. 48, § 63), ce qui nous donne pour l'égalité de P.

$$P = \frac{2\,Q.\,a \cos \alpha}{NO}$$

Cette formule renferme des quantités constantes : ce sont Q qui indique le poids donné et a qui marque la distance du point que l'on considère à l'extrémité de la courbe. NO peut aussi être regardé comme une quantité constante, puisque les vertèbres ne peuvent pas s'écarter de beaucoup. Il est vrai de dire que si la tige du levier était rigide, à mesure que le point Q s'abaisserait, le point N s'élèverait à un certain point N′, et qu'en dénominateur nous aurions $OO' < NO$; P augmenterait ; mais en même temps l'angle α diminuerait, et son cos deviendrait plus grand ; P deviendrait aussi plus grand. Donc, NO et cos α agissent exactement dans le même sens, et il nous suffit d'apprécier les variations de cos α pour connaître celles que P doit éprouver.

Nous voyons que la force P doit augmenter en même temps que Q : ce qu'il était facile de prévoir; elle diminue lorsque NO augmente, puisqu'il est en dénominateur, et la chose est en quelque sorte évidente, puisque le bras de levier de la puissance augmente, les autres conditions restant les mêmes. a représente la corde qui soutend la moitié de la courbe, et il nous montre que, plus elle sera étendue, plus la puissance devra être grande. Enfin, le *cosin* d'un angle, étant le *sinus* de l'arc complémentaire, augmente quand l'arc diminue, et réciproquement. La valeur que représente cos α augmente donc à mesure que l'angle α diminue, et si nous supposons $\alpha = 0$, nous aurons cos $\alpha = r = 1$, puisque dans les formules, on est d'accord de prendre le rayon $= 1$. La formule deviendra dans cette hypothèse :

$$P = \frac{2Q.a}{NO}$$

Elle peut facilement se transformer en celle-ci :

$$\frac{P}{2Q} = \frac{a}{NO}$$

Et cette dernière, à son tour, revient à la proportion :

$$\tfrac{1}{2}P : Q :: a : NO$$

C'est celle qui donne l'équilibre d'un levier rectiligne, la ligne étant en effet devenue horizontale, pendant que les autres dispositions n'ont pas sensiblement changé. C'est, du reste, la plus grande valeur que puisse prendre l'égalité de P : l'unité étant, en effet, la valeur la plus grande des cosin, tous les arcs > 0 et $< 90°$ ont pour cos une fraction $= 1/m$, et évidemment,

$$a.\frac{1}{m} < a$$

C'est donc dans cette position que la force P doit arriver à son *maximum*. Toutefois je n'attache pas une très-grande importance à la valeur de P à cette limite ; ce que je tiens à constater jusque-là, c'est l'accroissement de P à mesure que la courbe appartient à un rayon plus petit.

Si, au contraire, nous supposons que l'angle augmente, le cos diminue, et en faisant $\alpha = 90°$, nous avons $\cos \alpha = 0$. La formule devient alors

$$P = \frac{2\,Q \times a \times 0}{NO} = \frac{0}{NO} = 0$$

La puissance, en effet, doit être nulle : la cohésion de la colonne faisant seule opposition au poids qui la presse et qui tend à refouler les molécules les unes sur les autres.

Ces résultats pouvaient être prévus en faisant attention que QMO est un triangle rectangle en M, et qu'à mesure que l'angle α diminue, le côté QM diminue aussi ; il faut donc que l'autre côté MO augmente pour que l'égalité du carré de l'hypothénuse avec la somme des carrés faits sur les deux autres côtés ne soit pas troublée. D'où il suit que le moment de la résistance augmente, et dès lors, il faut bien que le moment de la puissance, qui établit l'équilibre, augmente aussi.

Tous ces raisonnements ont pour base le cos de l'angle α qui se rattache à la partie supérieure de la courbe ; mais c'est suffisant puisque la courbe diminue dans son ensemble, et que son agrandissement ou son rétrécissement amène dans $\cos \alpha$ des changements analogues. Leur relation est donc intime, et peut nous montrer les variations de la puissance P.

Si nous continuons à faire grandir l'angle α, nous passons dans le deuxième quadrant, l'arc sera $(180 - \alpha)$, ce qui nous donne la relation :

$$\cos(180 - \alpha) = -\cos \alpha$$

(Loc. cit., p. 7, § 9). Mettons cette valeur dans la formule de P, et nous aurons :

$$P = \frac{2\,Q(-a\cos\alpha)}{NO}$$

Ou sous une autre forme équivalente:

$$P = -\frac{2\,Q\,a\cos\alpha}{NO}$$

Que signifie cette valeur négative ?

En statique, les valeurs qui portent un signe contraire indiquent que la direction de la force doit être changée. Dans la figure 4, en effet, si la force P s'exerçait dans la même direction que lorsque $\alpha < 90$, son action s'ajouterait au poids à soutenir, et elle nuirait à l'équilibre ; en lui donnant une direction opposée, elle agira en sens contraire de la pesanteur. On pourrait aussi transporter la force P à l'autre extrémité de NO, et nous rentrerions tout à fait dans le cas précédent ; nous retrouverions notre levier coudé ; nous aurions les mêmes éléments pour établir notre proportion, mais seulement en sens inverse.

Les raisonnements que nous venons d'appliquer à une vertèbre en particulier, peuvent être répétés à l'occasion de chacune d'elles, et nous donner la série des équations qui représentent la force totale qui les maintient au contact, et fait équilibre au poids qu'elles ont à supporter. Nous aurons,

$$p = \frac{2\,q.\,mo}{no}$$

$$p' = \frac{2\,q'.\,m'o'}{n'o'}$$

$$p'' =$$

Chacune d'elles peut être exprimée en fonction du cos.

$$p = \frac{2\,q.\,a'\cos\alpha'}{no}$$

$$p' =$$

Et, pour avoir la somme des forces déployées dans la courbe, nous n'avons qu'à additionner toutes ces égalités, et nous obtiendrons un résultat dont la forme peut être représentée ainsi :

$$P_1 = \frac{2\,Q_1.\ A \cos \varphi}{N_1 O_1}$$

Nous avons fait ici,

$$a' + a''\ldots\ldots = A \text{ et } \cos \alpha' + \cos \alpha'' + \ldots\ldots = \cos \varphi, \text{ etc.}$$

La valeur négative que nous avons trouvée dans la discussion nous a indiqué que les forces devaient changer de position aux régions cervicale et lombaire, de manière à se trouver toujours du côté de la convexité. Cette remarque pourrait suffire pour poser les conditions d'équilibre des deux autres courbures ; mais on peut aussi y arriver directement.

Pour les courbures cervicale et lombaire, la puissance est placée sur la face antérieure de la colonne ; elle réside dans le grand ligament vertébral commun antérieur et dans quelques muscles ; le poids est, au contraire, déjeté en arrière. On peut également considérer un levier supérieur du premier genre, et en multipliant par deux, on aura l'expression de la force totale.

$$p = \frac{2\,q.\ mo}{no}$$

$$p' = \frac{2\,q'.\ m'o'}{n'o'}$$

$$p'' = \ldots\ldots$$

Puis, en vertu des mêmes principes :

$$p = \frac{2\,q\ a' \cos \alpha'}{no}$$

$$p' = \ldots\ldots$$

Et enfin, en faisant la somme, et en simplifiant comme ci-dessus, nous aurons :

$$P_2 = \frac{2\,Q_2 . A' \cos\psi}{N_2\,O_2}$$

La région lombaire nous donnerait une égalité de même forme, soit par exemple :

$$P_3 = \frac{2\,Q_3 . A'' \cos\theta}{N_3\,O_3}$$

En ajoutant ces trois égalités, l'on aurait l'expression de la force totale que déploient les parties molles qui unissent les vertèbres entre elles :

$$P_1 + P_2 + P_3 = \frac{2\,Q_1 . A \cos\varphi}{N_1\,O_1} + \frac{2\,Q_2 . A' \cos\psi}{N_2\,O_2} + \frac{2\,Q_3 . A'' \cos\theta}{N_3\,O_3}$$

Elle se prêterait tout aussi bien à la discussion que celle qui nous a servi.

Elle montre que la *force* doit augmenter avec le poids ; qu'elle diminue si l'épaisseur des vertèbres augmente, et enfin que, si les angles arrivent à 90°, position dans laquelle leurs côtés représentent une ligne droite, la force devient nulle ; le cosin étant alors zéro, c'est ce qui doit être, puisque nous n'avons fait aucune hypothèse sur la cohésion, qui, elle seule, est chargée de résister au poids que supporte la colonne. Si, au contraire, l'on suppose les angles égaux à zéro, les cosin devenant l'unité, nous avons la plus grande valeur de $P_1 + P_2 + P_3$.

Je trouve donc qu'il est impossible d'admettre que *les courbures de la colonne vertébrale augmentent sa résistance dans le sens vertical, puisqu'elles augmentent, au contraire, la tension des parties molles.*

Je demanderai, au reste, à ceux qui admettent la proposition que je combats, s'ils pensent que les *courbures de la clavicule la prému-*

nissent contre les fractures par contre-coups, comme le carré des courbures plus un.

Après avoir montré l'inutilité des courbures, par rapport à la force de résistance de la colonne, voyons à quoi elles doivent se rattacher.

La courbure dorsale est nécessaire pour donner à la cavité thoracique une étendue capable de loger les organes respiratoires, et les deux autres sont utiles pour rétablir la rectitude de la station bipède.

La nécessité d'une cavité thoracique est évidente : d'abord pour protéger des organes dont les fonctions ne peuvent pas se suspendre impunément pendant quelques instants ; ensuite pour les phénomènes mécaniques de la respiration. Sans la présence de la courbure dorsale, le sternum eût été projeté en avant ; la tête et les épaules auraient dû se rejeter considérablement en arrière, et indépendamment de la difformité, il en serait résulté une gêne considérable dans les mouvements. Au contraire, grâce à la courbure dorsale, et à la disposition que présentent les côtes, les poumons trouvent un emplacement qui peut recevoir environ un tiers de leur volume.

Mais, avec la courbure dorsale seule, le tronc eût été en quelque sorte plié en deux ; il fallait donc, pour rétablir la rectitude de la station bipède, corriger cette inflexion par des courbures en sens inverse. (Fig. 3.) C'est ce que nous rencontrons aux régions cervicale et lombaire.

Quant à la courbure latérale, je n'ai fait que la signaler, elle ne me paraît pas avoir une utilité bien évidente.

CHAPITRE II.

DES COTES ET DES MUSCLES INTERCOSTAUX.

Les côtes présentent des arcs qui tous n'appartiennent pas à la même circonférence; et dans la même côte, au niveau de l'angle, le rayon de la courbe est beaucoup plus petit. Leur extrémité postérieure, qui a reçu le nom de *tête*, présente deux facettes qui s'articulent avec des facettes analogues, appartenant aux vertèbres. Une autre facette se trouve sur la tubérosité et s'articule avec l'apophyse transverse. Le *col* est cette portion rétrécie qui supporte la tête; l'extrémité antérieure reçoit les cartilages. Les deux faces sont lisses et polies, l'interne concave et l'externe convexe, le bord supérieur arrondi, l'inférieur tranchant et offrant une gouttière pour l'artère intercostale.

Les articulations se rencontrent en majeure partie à l'extrémité postérieure; elles sont serrées et ne permettent que des mouvements assez obscurs. Les moyens d'union sont les ligaments costo-vertébraux, l'un rayonné et l'autre interosseux; le transverso-costal postérieur, le transverso-costal interosseux et le costo-transversaire supérieur. Bien que les mouvements soient obscurs dans ces articulations, ainsi que je l'ai fait remarquer, ils sont cependant sensibles à l'extrémité chondrale, et il est exact de dire que les *arcs de cercles, décrits à différents points, sont entre eux comme les distances qui les séparent du centre des mouvements.*

Les côtes présentent une obliquité plus ou moins marquée, suivant la région et les sujets, et l'angle qu'elles forment avec la verticale est aigu en bas et obtus en haut. Elles présentent, en outre, cette particularité que leur partie moyenne est au-dessous du plan horizontal qui passerait par leurs deux extrémités. Suivant quel ordre doivent-elles être classées relativement à leur mobilité? Haller voulait que la première soit la moins mobile ; M. Magendie prétend, au contraire, que c'est la plus mobile. De ces deux opinions, la dernière me paraît plus exacte, et appuyée sur de meilleures raisons.

Les muscles intercostaux sont divisés en externes et en internes. Les intercostaux externes commencent à la colonne vertébrale et n'arrivent pas jusqu'au sternum ; leur direction est oblique de haut en bas et d'arrière en avant. Les intercostaux internes ne commencent pas tout à fait à la colonne vertébrale ; mais ils arrivent jusqu'au sternum ; leur direction est oblique de haut en bas et d'avant en arrière. Il y a donc opposition dans la direction des muscles intercostaux.

Les opinions des auteurs sur ces muscles étant nombreuses et variées, il me paraît convenable d'en donner un rapide aperçu avant d'en adopter une.

ARTICLE I.

OPINIONS DIVERSES DES AUTEURS.

Dès la plus haute antiquité, les médecins physiologistes ont cherché quels peuvent être les usages des muscles intercostaux ; et Galien s'en est occupé dans son traité *De causis respirationis ;* mais il paraît que la théorie qu'il en donne varie suivant la traduction que l'on consulte. Fabrice d'Aquapendente (*de Respiratione et ejus instrumentis*, p. 73), qui discute ce passage, dit qu'évidemment il a été altéré (*depravatum*) : ce dont on se convaincra si l'on compare les deux traductions. Le traducteur ancien, suivant Fabrice, dit en peu de mots : « Modo expirationem violentam ab internis intercostalibus absolvi, « modo ab externis. » Le traducteur moderne, voyant la contradiction flagrante, « posuit ab externis expirationem et ab internis inspiratio- « nem fieri. » Il eût bien fait de corriger autrement, dit Fabrice, qui, du reste, lui pardonne son erreur et l'explique par la ressemblance des mots ἐκτὸς et εντος, qui servent à désigner les muscles qui sont en dehors et ceux qui sont en dedans ; puis il ajoute que ces deux mots qui ne diffèrent que par les lettres κ et ν ont pu être confondus, pour peu que ces deux lettres fussent altérées.

Fabrice d'Aquapendente (loc. cit.) dit clairement que, pour lui, les intercostaux externes sont des dilatateurs de la poitrine, les intercostaux internes étant, au contraire, des constricteurs : « Concludendum igitur est externos intercostales thoracem dilatare, et internos « vero contrahere. » Mais il partage l'opinion de Galien, qui n'admettait l'intervention de ces muscles que dans les grands mouvements respiratoires, le diaphragme suffisant à cette fonction dans l'état ordinaire.

Borelli (*de Motu animal. pars second.*, propos. 84) admet que le mouvement respiratoire est produit par le diaphragme et les intercostaux ; mais il n'établit aucune différence entre les externes et les internes : « Igitur ad quamlibet inspirationem efficiendam necessario diaphragma, « una cum intercostalibus communi actione concurrere debeat. » Le raisonnement qu'il emploie pour prouver que les intercostaux internes n'ont pas d'usage différent pourrait prouver aussi que ni les uns ni les autres ne sont inspirateurs : « Omnes ergo fibræ (musculorum), « duabus proximis costis alligatæ, dum agunt, necessario decurtari « debent; sed quando decurtantur, approximari ad invicem debent « costæ, quibus fibræ illæ alligatæ sunt et ideo restrictionem thoracis « producere debent. » Après un raisonnement qui n'est pas très-clair, il conclut que les intercostaux internes ne sont pas expirateurs, parce qu'ils agiraient pendant l'écartement des côtes : « Quare fibræ muscu- « losæ (internæ) agerent seipsas elongando, quod repugnat naturæ « musculorum. » Pour expliquer cette différence de direction, il dit que, si toutes les fibres eussent été dans le même sens, il y aurait eu distorsion du thorax : « Deformiter distorquerentur costæ. »

Mais, à côté de ces propositions qui ne sont point irréprochables, l'on trouve des démonstrations qui sont très-judicieuses : lorsqu'il dit, par exemple, que, dans l'élévation des côtes produite par le mouvement de rotation, il y a : 1° éloignement des côtes du plan médian; 2° agrandissement de la cavité thoracique dans le sens transversal ; 3° conservation exacte de l'espace intercostal, pour les côtes qui sont de même grandeur, et diminution du même espace quand celle de dessus est plus petite; si elle était plus grande, il serait augmenté. Borelli, comme on peut le voir, a donc étudié avec soin le mouvement de rotation; mais a-t-il eu raison de lui attribuer la projection en avant de l'extrémité mobile des côtes, avec agrandissement dans le sens antéro-postérieur? N'a-t-il pas trop négligé le mouvement ascensionnel, par lequel les côtes s'élèvent, en augmentant l'angle inférieur qu'elles forment avec la colonne vertébrale ?

Après s'être demandé quelle peut être la cause de la respiration, Hamberger (*de respir. Mechanism.*, Iéna.) arrive par voie d'exclusion à dire que ce sont les parois thoraciques qui produisent ce double phénomène. Il passe ensuite à l'étude des mouvements des côtes, à l'action des intercostaux, et il conclut que les intercostaux *externes* sont *inspirateurs*, tandis que les *internes* sont *expirateurs :* « Apparebit, « *dit-il*, non solum intercostales externos contractione sua elevare « atque internos deprimere costas. » Ses démonstrations sont simples et faciles; mais ce qui est surtout ingénieux, c'est la petite machine qu'il propose pour rendre le phénomène évident. Il suppose dans ses démonstrations que les lignes sont parallèles; mais il a bien soin de faire observer que cette condition n'est pas indispensable : « Idem « erit effectus, si, absente corpore intermedio, vectes immediate sese « in punctis *c* et *d* (*c* et *d* désignent les extrémités mobiles) contige- « rint, corpus enim (intermedium) nihil confert ad motum, nisi ut « vectes in se agere queant : id quod per contiguitatem æque obti- « netur. »

Puisqu'il n'a pas besoin du parallélisme, sa démonstration ne doit donc pas être rejetée pour ce motif.

Nous arrivons au célèbre Haller, qui soutint à ce sujet de longues discussions avec Hamberger. Pour lui, les muscles intercostaux externes sont inspirateurs, et il l'explique en disant que, lorsqu'un muscle se contracte, l'attache la plus mobile est attirée vers celle qui l'est moins : « Quod superior eorum finis vertebris propior, inferior « a vertebris remotior, adeoque mobilior sit, hinc, adtractis musculi « carnibus, non possit non mobilior finis ad firmum illum accedere. » (*Element. physiolog.*, t. 3, § 12.) Plus loin (§ 14), il conclut que les intercostaux internes ne peuvent pas être expirateurs; car, dit-il, « omnes enim (musculi), dum agunt breviores fiunt, suntque syno- « nima in musculo, operari et contrahi. Hoc autem necesse foret, « musculos intercostales internos, dum agunt longiores fieri, siqui- « dem omnino in depressione costarum earum intervalla augentur. » La réfutation de Haller a pour base l'élargissement des espaces intercostaux pendant l'abaissement des côtes.

Dans un opuscule couronné par l'Académie de Rouen (*Dissertation sur le mécanisme et les usages de la respiration*, 1766), David prétend que les muscles intercostaux externes et internes sont *expirateurs* au même titre. Il se fonde sur des expériences faites sur les animaux, et sur ce que les espaces intercostaux s'agrandissent pendant l'inspiration.

M. Cruveilhier pense qu'il faut les considérer comme des ligaments actifs, aussi indifférents pour l'élévation que pour l'abaissement.

Enfin, MM. Beau et Maissiat, dans un travail fort étendu qu'ils ont publié dans les *Archives de médecine* (1842, 3e série, t. 15, p. 397, et 1843, 4e série, t. 1, p. 265), donnent aussi un seul et même usage aux intercostaux, et ils ne voient leur contraction possible que pendant l'expiration. Si je ne fais ici que citer cet excellent mémoire, c'est que je me propose d'y revenir plus tard : l'importance du travail et le mérite des auteurs m'y obligent. Je me permettrai même d'en discuter un passage, dans la conviction où je suis que des hommes de talent ne trouvent jamais mauvaises des réflexions, de quelque part qu'elles viennent.

ARTICLE II.

CHOIX D'UNE OPINION; MOTIFS A L'APPUI.

Au milieu d'un tel conflit d'opinions diverses, où chercher la vérité? Les auteurs qui ont étudié la question l'ont envisagée, les uns au point de vue du mouvement de rotation, les autres, au contraire, du mouvement ascensionnel; mais ils ne les ont pas bien appréciés ensemble, de manière à connaître les résultats de leur combinaison. C'est là, je l'avoue, une chose qui n'est pas très-facile.

Comment doit-on procéder dans les questions de mécanique animale? Si les solides dont on cherche les propriétés avaient la régularité des formes géométriques, rien ne serait plus facile. Au moyen des théorèmes connus, on arriverait à un résultat positif, certain; mais, en présence de l'irrégularité des corps vivants, on se trouve désarmé, comme le mathématicien à qui l'on demanderait l'équation d'une courbe dont on ne lui donnerait ni les propriétés ni les conditions de génération. Que reste-t-il à faire alors, sinon de prendre les formes géométriques qui se rapprochent le plus du corps que l'on veut étudier, d'appliquer à ce dernier les propriétés du type? et par ce moyen l'on pourra arriver, je ne dis pas à résoudre tous les cas particuliers, mais au moins à reconnaître les lois générales auxquelles ce corps est soumis. Je ne prétends pas que l'on obtienne des résultats rigoureusement exacts; mais ils se rapprocheront de la vérité autant que possible.

Les valvules du cœur ressemblent-elles à une soupape de pompe? Matériellement, non; et pourtant, avec cette comparaison, l'on comprend parfaitement leurs usages. L'œil a-t-il la forme d'un télescope? Cependant cet instrument a servi à expliquer bien des particularités de sa structure. La tête du fémur est-elle rigoureusement sphérique? On ne saurait le prétendre; et pourtant la mobilité d'une sphère, dans une cavité qui la loge, nous ferait juger *a priori* que la tête du fémur doit se mouvoir dans tous les sens. Prétendra-t-on enfin qu'une voûte construite sur le modèle du crâne serait bien conforme aux principes de l'architecture ?

Si maintenant nous passons aux côtes, nous remarquerons tout d'abord leur parallélisme *apparent* sinon *géométrique*, et tous les auteurs en ont été frappés, puisqu'ils se sont servis de cette comparaison. Dès lors n'est-il pas raisonnable de conclure que leurs propriétés doivent se rapprocher de celles des lignes parallèles, plus que de toute autre figure ? Que l'on remplace ce mode d'investigation par les expériences, je le veux bien ; mais, tous les jours, ne voit-on pas des expériences donner des résultats divers, et une même expérience se prêter à des interprétations diamétralement opposées ?

L'opinion d'Hamberger me paraît irrécusable; il a démontré, ce me semble que :

Les intercostaux externes sont inspirateurs, et les internes expirateurs.

Mais on ne peut pas se refuser non plus à admettre les propositions suivantes de Borelli, savoir, que dans le mouvement de rotation des côtes il y a :

1° *Éloignement des côtes du plan médian ;*

2° *Agrandissement de la cavité thoracique dans le sens transversal.*

3° *Conservation exacte de l'espace intercostal, pour les côtes qui sont de même grandeur; diminution du même espace, si la côte qui est au-dessus est plus petite ; augmentation, au contraire, si elle est plus grande.*

Les deux premières propositions sont assez généralement admises, je dirai même évidentes, pour que je n'ajoute rien à la démonstration de Borelli. Pour la troisième, sa démonstration pourrait suffire ; mais, à raison de son importance, il n'est pas de trop d'y ajouter quelque chose. Soit deux arcs PAQ et RBS (fig. 5), égaux et parallèles, tournant autour des axes PQ et RS perpendiculaires aux côtés du plan ; prenons ensuite un plan coupant qui passe par la ligne CD, nous aurons AC = BD; de plus, ces lignes sont parallèles, donc la figure est un parallélogramme, donc AB = CD ; mais CD est une ligne qui ne change pas ; donc AB ne variera pas non plus. Or AB mesure la distance des arcs, puisqu'elle est égale aux côtés PR et QS, lesquels, par construction, mesurent cette distance, qni est la même dans tous les points.

Supposons maintenant (fig. 6) que les arcs ne soient pas égaux, les plans restant toujours parallèles; le plan coupant, suivant la ligne CD, nous donnera AB ; tirons une auxiliaire AK, qui, par construction, soit égale et parallèle à CD. Elle sera constante, d'après ce qui précède ; BK est aussi invariable, et de plus, l'angle AKB = CDB. En vertu des relations qui existent entre les côtés d'un triangle et les lignes trigonométriques, nous aurons l'équation de AB (Lefeb., loc. cit.).

$$\overline{AB}^2 = \overline{AK}^2 + \overline{BK}^2 + 2\,AK \times BK.\cos(180\text{-}CDB).$$

Mais l'angle (180—CDB) n'est autre que BDH ; mettons-le dans la formule, puis extrayons la racine carrée, nous aurons:

$$AB = \sqrt{\overline{AK}^2 + \overline{BK}^2 + 2\,AK \times BK \cos BDH.}$$

Ce dernier angle est celui qui marque l'inclinaison de l'arc sur le plan. Or, à mesure qu'un angle augmente, le cos diminue; donc la valeur de AB diminuera si l'arc se relève. Si l'on suppose que la rotation s'exécute assez pour que l'angle CDB soit aigu, c'est le cos de cet angle qui doit entrer dans la formule, et le dernier terme doit alors être affecté du signe —. Si nous faisons diminuer l'angle CDB, le cos augmentera, et comme le produit est affecté du signe négatif, la valeur de AB diminuera. Donc il est juste de dire que, dans les circonstances où nous nous sommes placé, l'espace des deux arcs diminue. Si l'arc plus petit était au-dessous, l'espace s'agrandirait; et comme rien ne serait plus facile à démontrer, d'après ce qui vient d'être dit, je passe outre, et je conclus que la proposition de Borelli *est exacte et rigoureuse.*

La grande objection à la théorie d'Hamberger est celle-ci :

L'espace intercostal augmente; donc les muscles qui sont tiraillés ne peuvent se contracter.

Je réponds à cette difficulté que, *bien que l'espace augmente dans le mouvement ascensionnel*, *cette élévation des côtes a pour résultat :*

1° *Le rapprochement des points d'insertion des muscles intercostaux externes ; l'écartement, au contraire, des points d'insertion des intercostaux internes;*

2° Que, dans l'*abaissement*, *les insertions des externes sont écartées; celles des internes étant au contraire rapprochées.*

Soit une ligne *mn* qui coupe obliquement les parallèles AX et BZ (fig. 7). Dans le mouvement de rotation qui élèvera ces deux lignes, les points *m* et *n* se rapprocheront; si, au contraire, elles s'abaissent encore, ces points s'écarteront. Dans le premier cas, la ligne *mn* diminuera de longueur, et dans le second, au contraire, elle augmentera. Du point B, menons BC parallèle à *mn*, nous aurons l'égalité BC$=$*mn*, attendu que, par construction, B*mn*C est un parallélogramme. Le triangle rectiligne BAC, ayant son angle obtus en A, nous donne:

$$\overline{BC}^2 = AB^2 + \overline{AC}^2 + 2\ AB.\ AC.\ \cos(180 - A).$$

(Lefeb., loc. cit., p. 49, § 66.) On peut, pour dégager la formule, faire

$$BC = a \quad AB = c \quad AC = b.$$

Nous aurons ainsi une équation un peu plus simple; en y mettant ces expressions, elle devient :

$$a^2 = b^2 + c^2 + 2\,bc \cos(180 - A).$$

Extrayons la racine carrée, et désignons par α l'angle (180—A), nous aurons :

$$a = mn = \sqrt{b^2 + c^2 + 2\,bc \cos \alpha}.$$

Les quantités b et c sont constantes. La chose est évidente pour c, mais on pourrait peut-être penser que b est variable, et pourtant il n'en est rien. Les points m et n sont fixes sur les lignes, et les distances Bm et An seront toujours les mêmes; dans toutes les positions il sera possible de mener une parallèle à mn, et nous aurons toujours

$$Bc = mn \text{ et } Bm = Cn.$$

Bm, par hypothèse, est une quantité constante; Cn sera donc aussi une quantité constante; mais par la relation :

$$Ac \text{ ou } b = An - Cn.$$

nous voyons que b est invariable, puisqu'il est égal à une quantité constante An, diminué d'une quantité constante aussi Cn.

La seule expression variable est donc cos α. A mesure que l'angle α diminue, cos α augmente, et comme il est précédé du signe $+$, mn augmente aussi. La limite de cette augmentation, c'est :

$$\alpha = 0 \text{ qui donne } \cos\alpha = 1\,;$$

La formule devient alors:

$$(a)\ mn = \sqrt{b^2 + c^2 + 2\,bc.}$$

Mais cette expression est celle d'un carré parfait dont il est indiqué d'extraire la racine carrée, ce qui donne :

$$(a)\ mn = b + c.$$

Dans cette position, les trois lignes sont confondues avec la verticale. Si nous supposons un mouvement de rotation en sens inverse, l'angle α augmentera, son cos diminuera, et la diminution de cette quantité positive rendra la valeur de mn plus petite. Si nous faisons

$$\alpha = 90^\circ \text{ nous aurons } \cos\alpha = 0\,;$$

la formule, par cette hypothèse, deviendra

$$(b)\ mn = \sqrt{b^2 + c^2}$$

C'est la limite inférieure de mn dans ce quadrant, pendant que la limite supérieure en est $b + c$. La différence de ces deux quantités est $2bc$, car si l'on ajoutait $+ 2bc$ à l'expression ci-dessus, on aurait un carré parfait dont $b + c$ est la racine exacte.

Nous voyons donc que, pour ce quadrant, la proposition est vraïe ; nous allons passer maintenant à la discussion de l'autre.

Dans le quadrant qui se trouve au-dessus, l'angle étant plus petit que 90°, nous aurons

$$mn = \sqrt{b^2 + c^2 - 2\ bc \cos A.}$$

La quantité variable est ici négative, et comme le cosinus augmente à mesure que l'angle diminue, par suite du mouvement ascensionnel, la valeur de mn diminuera dans le même rapport. Si nous faisons

$$A = o \text{ nous aurons } \cos A = 1$$

et la formule sera

$$(c)\ mn = \sqrt{b^2 + c^2 - 2bc}$$

Cette expression étant un carré parfait, on obtient, en extrayant la racine indiquée,

$$(c)\ mn = \pm (b - c).$$

Le double signe nous donne la facilité de faire à volonté $b > c$ ou $c > b$.

Dans ce quadrant, nous sommes parti de

$$(b)\ mn = \sqrt{b^2 + c^2}$$

et nous sommes arrivé à la valeur

$$\overline{mn} = \pm (b - c).$$

Cette dernière est évidemment plus petite, puisqu'on l'obtiendrait en retranchant de la première le produit $2bc$.

Nous trouvons donc que la ligne mn décroît uniformément à partir de

$$mn = b + c$$

qui est sa plus grande valeur et qui correspond à $\alpha = o$ jusqu'à

$$mn = \pm b - c$$

qui est la plus grande valeur et qui répond à $A = O$.

Donc le mouvement de bas en haut a pour *effet constant de rapprocher les deux points m* et *n;* que la ligne mn, qui mesure la distance de ces deux points, doit *diminuer de longueur dans la même proportion.*

La première partie de ma proposition se trouve donc démontrée. Je passe à la seconde.

Dans la fig. 8, la ligne pq représente un des muscles intercostaux internes; BC lui est parallèle. Le même raisonnement que tout à l'heure nous prouverait que Ac est une quantité constante. Le triangle ABC nous donnera aussi

$$a = pq = \sqrt{b^2 + c^2 - 2\,bc \cos A.}$$

L'angle A est aigu par construction, et à mesure qu'il diminuera le cosinus augmentera; et comme il est facteur d'une quantité négative, la valeur de pq diminuera aussi progressivement; et lorsque nous ferons

$$A = o \text{ nous aurons } \cos A = 1$$

et par suite

$$(a') \, pq = \sqrt{b^2 + c^2 - 2\,bc} = \sqrt{(b - c)^2}$$

$$(a') \; pq = \pm b - c.$$

Nous avons déjà trouvé cette valeur pour la ligne *mn ;* c'est lorsque nous avons supposé que le mouvement d'élévation amenait la coïncidence des deux parallèles avec la verticale au-dessus de leurs points d'intersection. Si nous faisons maintenant

$$A = 90^\circ \text{ nous aurons } \cos A = o$$

et par conséquent

$$(b') \, pq = \sqrt{b^2 + c^2}$$

valeur que la même hypothèse nous a déjà donnée dans l'autre formule. Si l'on continue à faire monter le système des parallèles, l'angle devient obtus, et alors

$$\cos A = - \cos (180 - A) = - \cos \alpha.$$

Mais $-2\,bc \times \cos \alpha$ donnera un résultat affecté du signe $+$, c'est-à-dire positif ; et si nous mettons cette valeur dans l'équation, nous lui verrons prendre la forme suivante :

$$(c') \; pq = \sqrt{b^2 + c^2 + 2\,bc \cos \alpha.}$$

A mesure que le mouvement ascensionnel s'exécute, l'angle α diminue, et son cosinus augmente ; et comme toute la quantité est positive, il en résulte aussi que pq augmente graduellement :

$$\alpha = o \text{ donne } \cos \alpha = 1$$

et alors

$$(d') \; pq = \sqrt{b^2 + c^2 + 2\,bc} = \sqrt{(b + c)^2}$$

$$(d') \; pq = b + c$$

valeur que nous avons déjà trouvée pour la ligne *mn*, mais dans les points diamétralement opposés.

Donc la ligne *pq diminue* toujours en *descendant* jusqu'à la limite inférieure $(b-c)$, et en *remontant* elle *augmente* graduellement jusqu'à sa valeur $(b+c)$, qui en est la limite supérieure.

Au moyen d'une construction assez simple, il est facile de faire comprendre les résultats auxquels nous sommes arrivé. Les lignes de la fig. 9 ont les mêmes significations que dans la fig. 7, et je rappelle que nous y avons fait, pour simplifier :

$$BC = a \quad AC = b \quad AB = c.$$

Le point C parcourra les divers points de la demi-circonférence qui se termine en α et β'. Lorsqu'il sera sur β', nous aurons

$$BC = AB + AC = b + c.$$

En remontant, il viendra se placer sur α, et alors

$$BC = AC - AB = +(b-c).$$

Si le point n était en n', nous aurions C', qui parcourrait la demi-circonférence $\beta\alpha'$; nous trouverions également en bas

$$BC' = b + c.$$

Je laisse les mêmes lettres que dans le cas précédent, parce que les valeurs b et c sont complétement indéterminées, b représentant le côté inférieur du triangle, pendant que c en est le côté vertical, quelle que soit la longueur qu'on leur suppose. En haut, nous voyons que

$$BC' = AB - AC' = c - b;$$

mais cette valeur $+(c-b)$ revient à $-(b-c)$; donc

$$BC' = -(b-c).$$

Nous retrouvons donc nos deux valeurs de *mn*, l'une positive et l'autre négative et représentant toutes les hypothèses qu'on peut faire sur les longueurs.

Dans la figure 10, les lignes sont analogues à celles de la fig. 8. Le point C parcourra les divers points de la demi-circonférence $\alpha\beta$, et lorsqu'il sera arrivé sur β, la valeur de BC ou *pq* sera

$$BC = AC - AB = +(b - c).$$

Si le point C était en C', en appelant toujours *b* le côté indéterminé opposé à l'angle B, nous aurions

$$BC' = AB - AC' = c - b = -(b - c).$$

Voilà encore nos deux valeurs de la limite inférieure. Quand la rotation de bas en haut sera arrivée à produire la fusion des trois lignes, nous aurons

$$BC \text{ ou } pq = AB + AC = b + c.$$

et pour BC' également

$$BC' \text{ ou } p'q = AB + AC' = b + c.$$

D'où il résulte que la différence de direction de nos lignes *mn* et *pq* nous donne des résultats diamétralement opposés : elles croissent et diminuent toujours en sens inverse. Les points *m* et *n* peuvent représenter les insertions d'une fibre intercostale externe ; elle peut se contracter pendant que les côtes s'élèvent, puisque ses points d'insertion se rapprochent.

La ligne *pq* représente la ligne des intercostaux internes ; elle s'allonge dans le mouvement ascensionnel, et diminue dans l'abaissement. Il en résulte qu'une fibre qui s'insérerait aux points *p* et *q* serait distendue pendant l'élévation, et qu'elle pourrait se contracter pendant l'abaissement.

Donc *les interscostaux externes peuvent se contracter pendant l'élévation des côtés, et les internes pendant leur abaissement.*

Mais ici je n'ai pas fait entrer en ligne de compte le mouvement de rotation : voyons ce qu'il peut faire. Les côtes grandissent depuis la première jusqu'à la septième; puis elles diminuent jusqu'à la douzième. Or, pour les six premiers espaces, les côtes de dessous étant plus grandes, le mouvement de rotation ne peut pas agrandir ces espaces; il tend, au contraire, à les diminuer. Mais il est reconnu que les côtes s'écartent pendant l'inspiration; donc l'écartement est produit par le mouvement ascensionnel qui l'emporte sur le mouvement de rotation. Donc ce qui a été démontré, en n'ayant égard qu'au mouvement ascensionnel, n'est pas détruit par le mouvement de rotation, au moins pour les six premiers espaces. Des quatre qui sont au-dessous, les deux qui avoisinent les côtes flottantes doivent être éliminés : la théorie d'Hamberger ne leur est pas applicable. Et qu'y a-t-il d'étonnant, avec la disposition si différente de leur extrémité antérieure, qui est libre! Il nous reste donc deux espaces pour lesquels le mouvement de rotation est favorable à l'agrandissement. Ceci doit-il faire changer la théorie de ces deux espaces? Non, puisque nous avons été amené à conclure tout à l'heure que le *mouvement ascensionnel l'emportait sur le mouvement de rotation :* c'est donc lui qui dominera encore ici; c'est donc lui qui produira les changements.

Que dans l'un des plateaux d'une balance l'on mette 10 kil. et dans l'autre 6 kil., le premier l'emportera; mais qu'à la place de 6 kil. l'on en mette $9\,{}^1/_2$, le premier l'emportera encore, mais avec moins de facilité et moins rapidement. Le résultat est donc toujours dans le même sens, mais un peu moins tranché.

Conclusion. *Donc les intercostaux externes peuvent être considérés comme des inspirateurs, et les intercostaux internes comme des expirateurs...*

Hamberger, pour faire saisir facilement comment les muscles intercostaux peuvent agir sur les côtes où ils s'insèrent, a imaginé une petite machine aussi simple qu'ingénieuse (*vid.* fig. 11). Elle se compose d'une règle fixe AC et de trois autres règles mobiles qui peuvent tourner autour de leurs axes; *mn* représente un fil dans la direction des intercostaux externes, et *pq* un autre fil dans la direction des internes. Si on les fait mouvoir dans un sens, l'on voit que l'un des fils se tend, tandis que l'autre est relâché, et *vice versa* dans le mouvement opposé. Si l'on suppose maintenant une fibre rétractile ayant la direction *mn*, elle tirera également sur AB et sur CD; mais la puissance qui tend à faire descendre le système, ayant un bras de levier $Am < Cn'$, sera vaincue par celle qui tend à le faire monter. Dans la position *pq*, au contraire, le bras de levier de la puissance qui tend à faire descendre le système, étant plus grand que celui de la puissance qui tend à le faire monter, il descendra.

Je n'ai pas besoin de faire remarquer qu'ici nous avons deux leviers du troisième genre, dont les appuis sont A et B, la résistance B et D, et les points d'insertion de la puissance *m* ou *p*, *q* ou *n*.

J'arrive maintenant aux objections que MM. Beau et Maissiat ont faites à la théorie d'Hamberger; car tout ce que j'ai dit serait non avenu si je ne démontrais pas que l'excellent mémoire que j'ai cité ne l'a détruit en aucune façon.

Leurs arguments reposent sur ce que :

1° Les lignes qui sont censées représenter les côtes sont parallèles, tandis que les côtes ne le sont pas, et que l'espace intercostal ne s'agrandit pas uniformément.

Mais Hamberger lui-même a prévu cette objection, quand il dit, en parlant de sa petite machine, que l'effet serait le même bin que les lignes ne fussent pas parallèles; j'ai cité ses paroles, et ce qu'il dit peut se vérifier. Au reste, je crois avoir réfuté cette objection au commencement de cet article.

2° Cette théorie ne s'appliquerait pas au cheval, dont les côtes inférieures s'abaissent, deviennent plus obliques, et présentent néanmoins une augmentation de leurs intervalles.

Hamberger a parlé de l'homme; et si le cheval respire un peu différemment, qu'y a-t-il d'étonnant que la théorie qui convient au premier ne lui soit pas applicable en tous points? La théorie de la station bipède convient-elle au cheval? Faut-il la réputer faussé pour cela?

3° Il n'y a pas un simple mouvement d'ascension, mais aussi un écartement en dehors.

Je crois m'être assez appesanti sur la combinaison du mouvement de rotation et d'ascension.

Pour établir ensuite leur théorie sur la fonction expiratrice des intercostaux, MM. Beau et Maissiat s'appuient sur les raisons suivantes :

1° Sur l'augmentation de l'intervalle des côtes et le tiraillement que les muscles doivent en éprouver. Dans leurs expériences, ces observateurs ont vu qu'il y avait

Dans l'*inspiration*, *durcissement*, *concavité* et *allongement* des muscles intercostaux;

Dans l'*expiration*, il y avait *dureté*, *relief* et *raccourcissement* de ces mêmes intercostaux.

Le *durcissement* reconnaît pour cause la contraction des intercostaux externes, c'est tout naturel, et aussi la distension des internes. La contraction et la tension sont deux causes efficaces de durcissement, et ces messieurs les admettent comme telles. La *concavité* tient à ce que, la poitrine se dilatant, le vide tend à se produire, et que l'atmosphère presse alors de dehors en dedans. L'*allongement* ne peut pas se rencontrer dans les deux muscles à la fois; j'en ai donné la raison. Dans l'expiration, la *dureté* est produite par la contraction des intercostaux internes, et la tension des externes. Le *relief* s'explique par la pression des parois sur les poumons pour en expulser l'air, et par la réaction de ceux-ci, qui se fait de dedans en dehors. Le *raccourcissement* n'existe que pour les *internes*. Ces auteurs toutefois font cette concession, que, dans l'inspiration, les muscles présentent un des caractères de la contraction : « le durcissement; » et s'ils n'accordent pas aux deux intercostaux la double propriété d'être à la fois *inspirateurs* et *expirateurs*, c'est qu'on doit « hésiter à accorder deux fonctions tout à fait opposées aux mêmes muscles, ce qui établirait, en faveur des deux intercostaux un cumul *exceptionnel* et *antiphysiologique.* » Le raisonnement vient donc ici infirmer l'expérimentation.

2° Les muscles intercostaux seraient relâchés si on élève mécaniquement les côtes, et tiraillés si on les abaisse.

A une épreuve je réponds par une autre : que l'on prenne la machine d'Hamberger et qu'on la fasse jouer, l'on verra qu'un fil la fait marcher dans un sens, et l'autre dans une direction opposée.

3° MM. Beau et Maissiat ont coupé sur un chien les muscles qui s'insèrent au thorax, de manière « à ne conserver que les intercostaux. » Malgré l'isolement de ces muscles, la respiration était *aussi facile* et *aussi complète* qu'auparavant.

Mais qui pouvait donc la produire? Ils sont bien forcés de convenir que « jusque-là il est permis de croire que les intercostaux sont bien dûment inspirateurs, » et aussi expirateurs, ce me semble, puisque l'*expiration* accompagne nécessairement l'*inspiration*. Plus loin ils ajoutent : « Si l'on pratique de chaque côté du thorax une incision dans le sixième espace intercostal, depuis la *colonne vertébrale* jusqu'au sternum *inclusivement*, de manière à séparer transversalement les parois thoraciques en deux portions, on observera encore quelques inspirations, malgré l'étendue de la plaie, et malgré surtout l'affaissement du poumon qui aura lieu immédiatement. Eh bien! le mouvement inspiratoire sera aussi marqué qu'avant la section dans tout le segment inférieur du thorax, *même sur la première côte à partir de l'incision,* c'est-à dire sur la septième. »

Cette expérience confirme en tous points la théorie d'Hamberger, bien loin de la détruire. Une portion des parois thoraciques a été isolée...; elle se meut...; donc elle porte en elle la cause de son mouvement ; mais elle ne renferme que *quelques côtes* et les *muscles intercostaux intermédiaires...*; donc ces derniers peuvent produire des mouvements d'*inspiration* et d'*expiration*.

La *septième côte* qui *ne tient plus* à la portion supérieure du thorax *se soulève?* mais rien n'est plus naturel, d'après ce que nous avons dit de la machine d'Hamberger. Elle ne peut pas faire autrement.

Enfin, pour terminer, je dirai que la continuité des intercostaux avec les obliques ne peut pas être considérée comme une preuve; trop de différences séparent ces muscles pour qu'on puisse en inférer une identité d'usage. Quant à la respiration des oiseaux, qui a été invoquée, puisqu'elle s'éloigne de celle des mammifères, que pourrait-on en conclure? L'antagonisme des deux intercostaux me paraît aussi manifeste que celui du biceps et du triceps huméral : pendant que l'un se raccourcit, l'autre s'allonge, et réciproquement. Quelque petit que soit le mouvement, l'effet est inévitable; il n'est pas possible d'en contester l'évidence.

Si l'on veut leur refuser une part active dans les mouvements du thorax, et ne les considérer que comme des parties molles destinées à compléter cette cavité, il n'en subsistera pas moins que les deux feuillets qui forment cette paroi seront alternativement tendus et relâchés. Dans l'inspiration, le feuillet externe sera tendu et l'interne relâché; dans l'expiration, ce sera le contraire. En un mot, nous devons toujours avoir, dans une proportion dont je n'établirai pas le chiffre, un antagonisme aussi réel et positif entre les deux intercostaux qu'entre les fléchisseurs et les extenseurs de l'avant-bras sur le bras.

CHAPITRE III.

QUELQUES RÉFLEXIONS SUR L'ÉQUILIBRE DU BASSIN ET SUR LES MUSCLES DROITS DE L'ABDOMEN.

Le bassin de chaque côté repose sur les fémurs, et la contiguïté de ces deux os forme l'articulation coxo-fémorale. En arrière, la ceinture osseuse est complétée par le sacrum, que des ligaments forts et nombreux fixent solidement aux os iliaques. Si l'on réunissait par des lignes les deux articulations et le coccyx, on aurait un triangle. C'est probablement ce qui a fait dire à Bichat que la base de sustentation occupe pour le tronc l'espace qui se trouve entre le plan de la colonne vertébrale et celui des deux fémurs. Cet espace étant un peu rétréci chez le fœtus, et le bassin, suivant lui, ayant moins d'aptitude à servir de base de sustentation, il en découle une explication facile des difficultés de la station debout dans les premiers âges de la vie.

Ici il y a évidemment application vicieuse de ce qu'on entend par *base de sustentation*. La base de sustentation pelvienne n'est autre que la ligne qui s'étend d'une tête fémorale à l'autre, et sans l'action des muscles le bassin tournerait sur ses supports: son équilibre est *instable*; mais la contraction des muscles qui vont du bassin aux membres inférieurs lie ces parties entre elles, et le corps devient alors un système solide qui ne peut être en équilibre qu'à la condition que la verticale qui passe par son centre de gravité tombe en même temps dans la base de sustentation. La base de sustentation se trouve uniquement sur le sol; elle varie suivant que les pieds sont plus ou moins longs, et suivant qu'ils sont plus ou moins écartés.

Si maintenant l'enfant en bas âge a de la tendance à prendre l'attitude quadrupède, cela tient à la faiblesse des muscles, qui ne peuvent pas facilement unir le bassin aux fémurs, et donner de la solidité à un équilibre que la disposition des parties rend *complétement instable*.

Les anatomistes, en voyant la constance des intersections des muscles droits de l'abdomen, se sont demandé à quoi elles pouvaient servir, et quelques-uns ont émis l'opinion qu'elles en augmentaient la force. Cette proposition a été bien réfutée par M. Cruveilhier, et sous ce rapport je pourrais, à la rigueur, ne pas m'en occuper.

La longueur d'une fibre n'ajoute rien à sa force, pas plus que les dimensions d'un fil de chanvre n'ajoutent à la corde qu'il compose. Dire que ces intersections ajoutent à la force du muscle reviendrait à dire que les nœuds faits sur une corde en accroissent la résistance. Toute disposition qui n'augmentera pas le nombre des fibres parallèles sera de nul effet, et, pour reprendre la démonstration de M. Cruveilhier, la portion moyenne, se contractant comme 1, tirera comme $1/2$ sur chacune des portions adjacentes; celles-ci, se contractant aussi à leur tour comme 1, auront $1/2$ de leur force neutralisée par la $1/2$ de la partie moyenne tirant en sens inverse. Il ne restera donc en définitive de toutes ces tractions que la $1/2$ qui tire sur les côtes, et la $1/2$ qui tire sur le pubis.

$$1/2 + 1/2 = 1$$

Quantité que nous avons supposée nous représenter la force d'une portion.

Les intersections n'ont donc pas pour usage d'augmenter la force des muscles droits.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

Avant de terminer, je crois à propos de réunir, sous forme de propositions, les conclusions principales qui se trouvent dans ma thèse.

I.

Dans la colonne vertébrale, le corps seul des vertèbres concourt à former la *colonne de sustentation;* toutes les autres parties y sont étrangères.

II.

Le *canal rachidien n'augmente en rien la résistance* de la colonne vertébrale, dans le sens vertical.

III.

Ses usages exclusifs sont de fournir à la moelle une enveloppe éminemment protectrice.

IV.

La colonne vertébrale, malgré ses courbures, *n'a pas plus de stabilité dans son équilibre* qu'une colonne droite ayant même base, et position identique du centre de gravité.

V.

Les courbures de la colonne vertébrale *diminuent la résistance* de cette colonne *dans le sens vertical,* en ce que les parties molles qui tiennent en rapport ses diverses parties *éprouvent une tension plus considérable que si elle était rectiligne.*

VI.

La courbure dorsale est nécessaire pour donner à la cavité thoracique une étendue capable de loger les organes respiratoires, et les deux autres sont utiles pour la *rectitude* de la *station bipède.*

VII.

Le mouvement ascensionnel des côtes rapproche les insertions des muscles intercostaux externes, bien qu'il augmente l'espace intercostal.

VIII.

Ce même mouvement ascensionnel éloigne les insertions des muscles intercostaux internes.

IX.

Le mouvement de rotation des côtes rétrécit les six premiers espaces; le septième et le huitième sont un peu augmentés.

X.

Les *intercostaux externes* peuvent être considérés, avec toute raison, comme des *muscles inspirateurs,* et les *intercostaux internes* peuvent à aussi juste titre être regardés comme des *expirateurs.*

QUESTIONS

SUR

LES DIVERSES BRANCHES DES SCIENCES MÉDICALES.

Physique. — Des pompes, de leurs soupapes; application à l'action du cœur.

Chimie. — Des caractères distinctifs des arséniates.

Pharmacie. — Des préparations pharmaceutiques dont la valériane est la base; les comparer entre elles.

Histoire naturelle. — Comparer entre elles les deux familles des amaryllidées et des iridées; indiquer les médicaments que chacune d'elles fournit à la thérapeutique.

Anatomie. — De la disposition de la pie-mère sur la moelle vertébrale; de la disposition de l'arachnoïde sur la moelle épinière.

Physiologie. — Quelles sont les connexions vasculaires entre la mère et le fœtus?

Pathologie externe. — Du panaris.

Pathologie interne. — Du diagnostic différentiel des hémorrhagies qui se font par la bouche.

Pathologie générale. — De l'étiologie des tubercules.

Anatomie pathologique. — Des diverses causes anatomiques qui amènent d'une part la rétention, et d'une autre part l'incontinence d'urine.

Accouchements. — Des thrombus de la vulve et du vagin pendant l'accouchement.

Thérapeutique. — Quelles sont les applications thérapeutiques du protochlorure de mercure?

Médecine opératoire. — De l'amputation dans l'articulation coxo-fémorale.

Médecine légale. — Des maladies provoquées.

Hygiène. — De l'action des émanations marécageuses sur la santé.

Fig. 1

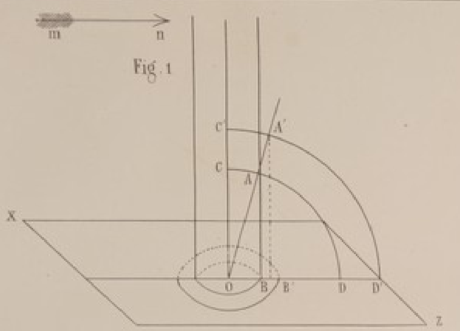


Fig. 2

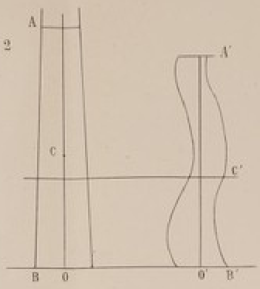


Fig. 3

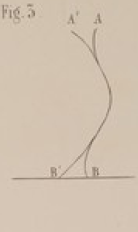


Fig. 4

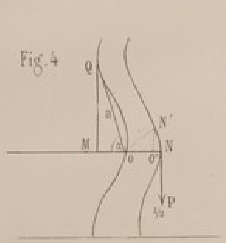


Fig. 5

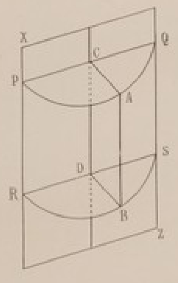


Fig. 6

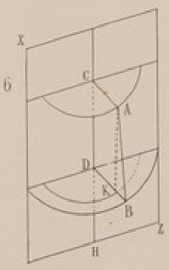


Fig. 7

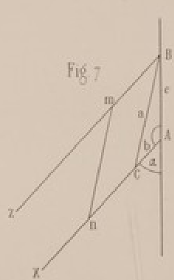


Fig. 8.

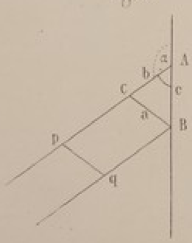


Fig. 9.

Fig. 10.

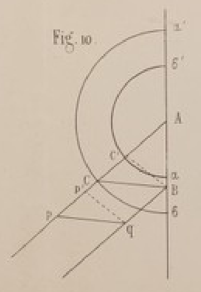
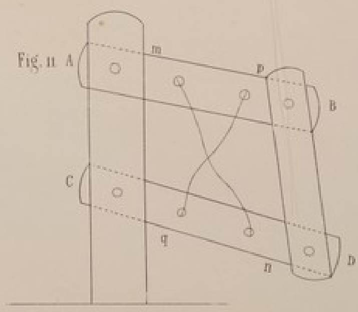


Fig. 11. A



Imp. Lemercier à Paris.

[illegible] DE PARIS.

THÈSE

POUR

LE

DOCTORAT EN MÉDECINE,

Présentée et soutenue le 23 juin 1847,

Par [illegible]

[illegible]

DOCTEUR EN MÉDECINE,

[illegible]

ESSAI

SUR

LA MALADIE SCROFULEUSE.

[illegible], IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE,

rue Monsieur-le-Prince, 29 bis.

1847