



RECHERCHES ANATOMIQUES ET MATHÉMATIQUES

SUR LES LOIS DES

VARIATIONS DU VOLUME DU CERVEAU

ET SUR LEURS RELATIONS AVEC L'INTELLIGENCE

PAR LE D^r GUSTAVE LE BON

Revue d'Anthropologie, huitième année 2e série, t. 2, 1879

Les anatomistes sont aujourd'hui d'accord pour reconnaître que c'est principalement dans des inégalités de développement du système nerveux qu'on doit rechercher l'origine des différences qui séparent les êtres.

Il y a un siècle à peine, beaucoup de philosophes considéraient tous les hommes comme doués d'une organisation et d'une intelligence égales et attribuaient leurs différences aux inégalités de l'éducation qu'ils reçoivent. L'étude attentive des diverses races qui peuplent le globe a montré l'inanité de cette croyance. Elle a prouvé que les différences physiques et intellectuelles qui distinguent les divers représentants de notre espèce sont profondes et apportées en naissant. Quand il vient à la lumière l'homme a déjà derrière lui un long passé. L'ensemble de caractères physiques, intellectuels et moraux qu'il manifesterait un jour, existent déjà en germe et représentent l'héritage de ce passé. Les aptitudes d'un être sont la résultante de toutes les modifications successivement subies par sa longue série d'aïeux. Les âges éteints pèsent sur lui d'un poids auquel rien ne saurait le soustraire. Dans sa beauté comme dans sa laideur, dans ses vertus comme dans ses vices, l'homme porte les traces d'un passé qui n'est pas le sien. Ce serait l'œuvre des siècles et non celle d'un jour d'amener par l'éducation au niveau des nations européennes ces sauvages semblables à nos ancêtres des âges géologiques, ne connaissant pas les métaux, ignorant l'agriculture, tuant leurs parents âgés et ne possédant d'autre loi que celle du plus fort.

Il était facile de prévoir que les différences intellectuelles si profondes qui existent entre les diverses races humaines et entre les individus d'une même race devaient correspondre à des

différences anatomiques non moins profondes. La science commence aujourd'hui seulement l'étude de ces différences et n'est pas encore en mesure de les définir toutes. Elle a déjà réussi cependant à mettre en évidence quelques-unes des plus importantes et prouvé notamment que parmi elles se trouve l'état de développement du cerveau, c'est-à-dire de l'organe de l'intelligence.

L'heure n'est pas venue encore où les matériaux recueillis seront assez nombreux pour qu'en les réunissant dans un vaste ensemble on puisse avec certitude en dégager des lois. Nous avons pensé cependant qu'une analyse approfondie pouvait déjà permettre de pressentir ce que seront ces lois.

La première fois que nous avons essayé d'opérer un travail de synthèse sur les divers matériaux anthropologiques que la science possède et sur ceux que nous avons essayé d'y joindre, matériaux dont l'ensemble se présente à l'observateur sous forme de volumes uniquement remplis de chiffres, il nous a semblé d'abord impossible de saisir aucun rapport entre des valeurs en apparence fort dissemblables. L'application de méthodes mathématiques, nouvelles en craniologie, nous a permis de dégager les relations cachées qu'elles présentent réellement. Des matériaux plus complets que ceux que nous avons entre les mains pourront modifier peut-être dans leurs détails quelques-uns des résultats auxquels nous avons été conduits. Ils ne sauraient atteindre les méthodes qui ont servi à les obtenir.

Les recherches à l'exposé desquelles est consacré ce mémoire ont demandé plus d'une année d'un persévérant travail. Nous avons de pressants motifs pour les entreprendre. Avant d'écrire certains chapitres du second volume de notre livre : *L'homme et les sociétés : Leurs origines et leur histoire*, nous avons besoin de documents précis sur l'étendue des différences existant entre les hommes et sur la façon dont s'effacent ou s'accroissent ces différences. L'anthropologie seule pouvait nous fournir ces documents. C'est à elle que nous les avons demandés.

I. — Méthode d'étude.

Comparaison des mensurations obtenues sur un grand nombre de crânes. — Méthode des moyennes. — Résultats artificiels qu'elles fournissent. — Impossibilité de prendre une moyenne entre des valeurs dissemblables. — Méthode des groupements par série. — Sa simplification par les procédés graphiques. — Examen des méthodes graphiques habituellement en usage. — Courbes binomiales et applications de la formule du binôme. — Nouvelles courbes permettant d'exprimer les groupements en séries. — Exemples divers de leurs applications. — Possibilité de prédire des phénomènes exprimés par ces courbes quand on connaît leur équation. — Application à la courbe parabolique qui exprime la distribution de la population en France.

Les mesures prises sur les crânes des diverses races humaines étant trop variables dans chaque race d'un individu à l'autre, pour qu'on puisse tirer des conclusions quelconques de la comparaison de cas isolés, on a été conduit à grouper ensemble un certain nombre d'observations et diviser leur somme par leur nombre. Ce sont les moyennes ainsi obtenues, et qui représentent une sorte de valeur intermédiaire à toutes celles qui ont servi à les former, que l'on compare ensuite entre elles. Plus le nombre des sujets entrant dans chaque groupe est grand, plus les moyennes obtenues sont considérées comme exprimant complètement l'état de ces différents groupes.

Cette méthode d'expression et de comparaison des résultats, dite méthode des moyennes, a été la seule usitée jusqu'ici en craniométrie. Elle est encore la plus répandue en statistique.

Utile quand elle se borne à prendre la moyenne d'un groupe de valeurs peu différentes, comme, par exemple, des observations d'un phénomène astronomique, cette méthode devient entièrement illusoire quand il s'agit de comparer des valeurs très-différentes. Les chiffres donnés pour représenter la durée moyenne de la vie, la taille moyenne, etc., d'un grand nombre de sujets d'âge et de taille très-différents, sont des valeurs artificielles qui semblent devoir représenter les chiffres qu'on observe le plus fréquemment, et qui représentent, au contraire, ceux qui s'observent le plus rarement. Quand on dit, par exemple, que la durée de la vie moyenne dans un pays est, je suppose, de quarante ans, il semble immédiatement que c'est à cette époque de la vie que la grande majorité des individus doit mourir : or l'observation démontre que c'est au contraire la minorité qui meurt à cet âge. C'est dans l'extrême enfance et dans la vieillesse que se rencontre

la plus grande mortalité, et nullement à l'époque indiquée par la moyenne.

La plupart des moyennes fournissent des résultats aussi trompeurs. Le chiffre donné pour la consommation individuelle de la viande en France, par exemple, est un chiffre obtenu en réunissant, comme dans les cas précédents, des sujets tout à fait différents : les classes riches qui mangent beaucoup de viande, les classes peu aisées qui n'en mangent guère et les habitants de certaines campagnes qui n'en mangent pas du tout. Le résultat est naturellement un chiffre absurde.

Ces moyennes générales qui confondent entre eux des éléments tout à fait dissemblables, sujets grands et petits, riches et pauvres, individus d'âge, de conditions, de sexe, de genre de vie différents, peuvent être utiles pour indiquer en bloc les variations que peuvent produire sur une masse considérable d'individus l'état de la civilisation, l'influence du milieu, etc., mais elles sont impuissantes à nous fournir les plus légers renseignements sur les diverses variations qui se produisent dans les groupes qui constituent cette masse. Or, ce sont précisément ces renseignements que le plus souvent il importe d'obtenir. Les moyennes des statisticiens sont généralement aussi inutiles à l'économiste ou au philosophe que pourrait l'être à un chapelier la connaissance de la moyenne des mesures de tous les chapeaux vendus par lui. S'il prenait cette mesure pour guide lorsqu'il veut renouveler son assortiment, les chapeaux fabriqués d'après cette indication ne pourraient servir qu'à un nombre d'individus tout à fait restreint.

La critique que je viens de formuler contre le procédé des moyennes en général est applicable, selon moi, à la plupart des moyennes anthropologiques. Je puis bien admettre, à l'extrême rigueur, l'homme moyen d'un groupe formé de sujets d'origine semblable, vivant dans un milieu semblable, et partant plus ou moins homogène. Je ne saurais admettre l'homme moyen d'une race, et moins encore, bien entendu, l'homme moyen de toutes les races, comme l'être hybride créé par Quételet. Avec ses qualités moyennes, il représente une sorte de type effacé, dont on ne retrouverait peut-être pas un représentant sur la surface du globe. Il n'y a pas de moyenne à établir entre la petitesse et la grandeur, entre la beauté et la laideur, entre la science et l'ignorance, entre des éléments dissemblables, qui ne sauraient être comparés entre eux.

Ce que je viens de dire de l'homme moyen d'une race, je l'appliquerai également au crâne moyen d'une race. La méthode actuelle, qui consiste à additionner les volumes des crânes d'un certain nombre d'individus pris au hasard, puis à diviser le total ainsi obtenu par le nombre des crânes mesurés, peut donner assurément dans certains cas des résultats d'ensemble utiles, mais ces résultats sont toujours d'une insuffisance extrême. Comme dans les cas qui précèdent, en effet, on compare des valeurs très-dissimilaires, entre lesquelles aucune relation ne peut exister. Il n'y a aucune moyenne à prendre entre des crânes de 1200 centimètres cubes de volume et des crânes de 1900 centimètres cubes, pas plus qu'il n'y a de moyenne à prendre entre l'intelligence d'un Cuvier et celle de son porteur d'eau. La valeur intermédiaire obtenue en ôtant au crâne le plus grand pour ajouter au crâne le plus petit est entièrement fictive ; les gros crânes et les petits crânes entrent chacun dans une catégorie à part, et ne peuvent être comparés qu'avec ceux de la même catégorie. Il pourrait du reste arriver, comme je le montrerai plus loin, que la moyenne du volume du crâne de diverses races fût identique, bien que l'une présentât beaucoup plus de crânes volumineux que l'autre, et pour cette raison lui fût supérieure.

Reprenons maintenant quelques-uns des exemples qui précèdent, et voyons comment, avec ce principe fondamental de ne comparer entre elles que des valeurs de même ordre, il est possible d'obtenir des renseignements bien supérieurs à ceux fournis par les moyennes.

Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de connaître la consommation individuelle de la viande en France, c'est-à-dire de savoir comment se nourrit en réalité la population française ; nous mettrons dans des colonnes différentes les individus qui ne mangent jamais de viande, ceux qui en mangent accidentellement, ceux qui en font leur nourriture habituelle, etc. Comparant ensuite ces éléments de même nature, nous arriverons à des résultats entièrement différents de ces moyennes fictives que la statistique nous donne.

S'il s'agit de comparer des crânes entre eux, le procédé sera tout à fait semblable. Au lieu de réunir les grands crânes et les petits crânes que chaque race contient, puis de les additionner et d'en prendre la moyenne, nous les classerons par groupes de capacités déterminées, et rechercherons ensuite combien il existe dans

cette race de crânes de chaque groupe. Mettant ensemble, par exemple, les crânes de 1300 à 1400 centimètres cubes, ceux de 1400 à 1500 centimètres cubes, etc., et prenant ensuite le total de chacun de ces groupes, nous saurons combien de crânes, gros, moyens et petits, une race contient. N'y eût-il parmi les sujets examinés qu'un nombre tout à fait restreint de grands crânes ou de petits crânes, ce nombre sera mis immédiatement en évidence, alors que, dans le procédé des moyennes, il eût été effacé entièrement.

Le seul inconvénient du groupement qui précède, c'est qu'il présentera, en dernière analyse, plusieurs chiffres au lieu d'un seul, comme le font les moyennes : or, quand il s'agit de comparer un certain nombre d'éléments différents, par exemple, les crânes de diverses races, l'étude simultanée de plusieurs chiffres devient fort difficile.

Mais il existe une méthode, inusitée jusqu'ici en craniologie, la méthode graphique, qui permet de remplacer les chiffres par des lignes, et traduit en langage fort clair des relations que les chiffres expriment souvent d'une façon beaucoup moins nette.

Pour représenter graphiquement le mouvement d'une valeur variable, comme le poids et la taille, par exemple, les auteurs ont fait généralement usage de courbes désignées par Quételet et divers statisticiens sous le nom de courbes binomiales, parce que, pour un grand nombre de phénomènes, leur formule représente la loi des coefficients du binôme de Newton. On porte en abscisse horizontale la série des grandeurs que peuvent affecter les valeurs diverses : poids, tailles, etc., dont il s'agit d'exprimer les variations, et en ordonnées verticales les chiffres indiquant la série de ces variations. La courbe ainsi obtenue a l'aspect d'un V renversé à bords inférieurs latéralement prolongés.

Le mathématicien Quételet a constaté ce fait très-curieux que les variations de certaines grandeurs, comme le poids et la taille, par exemple, peuvent être exprimées par la formule binominale de Newton. En prenant 10 000 hommes de trente ans, on peut déterminer leurs poids respectifs et leurs tailles par la connaissance des poids extrêmes de la formule qui règle l'ordre intermédiaire. Les tailles de même que les poids se rangent uniformément d'après l'ordre des ordonnées de cette formule.

La même formule permet également d'exprimer la croissance de l'homme aux différents âges, et est applicable à plusieurs phé-

nomènes physiques, tels que la grandeur des erreurs commises en observant le passage d'un astre au méridien, les erreurs de pointé dans le tir à la cible, etc. La courbe qui représente les erreurs qu'on commet en observant le passage d'un astre ou en tirant un grand nombre de fois à la cible, par exemple, est fort régulière et très-symétrique de chaque côté de l'ordonnée qui marque par sa hauteur le plus grand nombre d'erreurs commises.

L'application de la formule qui précède est loin d'être aussi fréquente que le voulait Quételet. En réalité, elle n'est guère applicable qu'aux cas, communs du reste, où la croissance et la décroissance d'une grandeur se fait d'une façon symétrique autour d'un certain chiffre. Dans les autres cas on obtient des courbes très-irrégulières.

Alors même, du reste, qu'elles sont très-régulières, les courbes ainsi obtenues sont difficilement comparables entre elles, et par conséquent ne permettent pas de saisir immédiatement les relations que peuvent présenter les phénomènes qu'elles expriment. En traduisant, par exemple, sous cette forme les variations de volume du crâne dans les diverses races humaines, on obtient des figures rappelant par leur aspect une série de V renversés enchevêtrés, et dont l'interprétation serait bien plus compliquée que celle des chiffres qu'elles sont destinées à remplacer.

Après avoir renoncé à l'emploi des courbes binomiales et essayé divers procédés graphiques, tels que les diagrammes polaires, les cartogrammes, etc., j'ai reconnu qu'aucune de ces méthodes ne répondait au double but que je me proposais, d'une part d'obtenir des courbes dont le simple aspect indiquât nettement la composition des groupes qu'elles sont chargées d'exprimer, et, de l'autre, de pouvoir, par leur comparaison, permettre de saisir immédiatement les rapports qu'elles présentent. J'ai été ainsi conduit à imaginer un système de courbes particulier dans lequel, les abscisses étant équidistantes, les ordonnées expriment par leur hauteur les valeurs dont il s'agit de peindre les variations, et par leur écartement le rapport centésimal de ces variations.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur ces courbes pour reconnaître qu'elles sont fort claires et d'une construction extrêmement facile. Afin de le faire bien comprendre, je choisirai un exemple. Soit à traduire en langage graphique les variations qu'on observe sur la circonférence des têtes des bourgeois parisiens modernes.

Des observations que je discuterai dans un autre chapitre, et qui ont porté sur un nombre de têtes considérable, m'ont prouvé que les variations constatées, ramenées au chiffre 100, peuvent être exprimées par le tableau suivant :

Circonférence en centimètres.	Proportion de chaque circonférence sur 100 têtes.
52° à 55°	0,6
53 à 54.	1,9
54 à 55.	6,2
55 à 56	14,0
56 à 57	24,5
57 à 58	24,5
58 à 59	14,9
59 à 60	7,6
60 à 61	3,3
61 à 62	1,8
62 à 62,5.	0,7
	100,0

L'axe des abscisses (planche VII, courbe n° 2) est d'abord divisé en 100 parties, divisions qui se trouvent toute faites en employant du papier quadrillé au millimètre, qu'on trouve partout ; l'axe des ordonnées est divisé également en parties équidistantes assez nombreuses pour comprendre toutes les variations observées, soit dans le cas précédent de 52 centimètres à 62°,5.

Les ordonnées qu'on élève sur l'axe des abscisses doivent, comme je l'ai dit en définissant ces courbes, exprimer par leur hauteur les valeurs dont il s'agit de peindre les variations, et, par leur écart, la proportion de ces variations. En d'autres termes, les ordonnées doivent correspondre, par leur hauteur, au chiffre de la première colonne du tableau qui précède, et, par leur écartement, à ceux de la dernière. Dans l'exemple qui précède, la première ordonnée se trouvera donc à 0^{mm},6 du zéro ; la deuxième se trouvera à 1^{mm},9 de la précédente, et, par conséquent, à 0,6 + 1,9 = 2^{mm},5 du 0 ; la troisième se trouvera à 6^{mm},2 de la précédente, c'est-à-dire à 0,6 + 1,9 + 6,2 = 8^{mm},7 du 0, etc. La position de chaque ordonnée dépend donc, comme on le voit, de celle de l'ordonnée qui précède, et toutes les ordonnées ont, par conséquent, une étroite dépendance entre elles. La hauteur de ces ordonnées est naturellement limitée par les abscisses tirées au niveau des chiffres écrits sur l'axe des *y*. Les trois précédentes s'arrêteront donc au niveau des lignes horizontales qui partent des chiffres 53, 54 et 55.

En faisant usage, comme je l'ai indiqué plus haut, de papier quadrillé au millimètre, les ordonnées et les abscisses se trouvent toutes tracées d'avance. L'opération se borne donc à marquer à l'encre, sur l'axe des abscisses, le nombre de millimètres qui doit exister entre chaque ordonnée, et à pointer ensuite, sur l'ordonnée qui se trouve au-dessus de cette marque, sa hauteur. Les points sont ensuite réunis par une ligne continue, et l'opération est terminée.

La description qui précède est beaucoup plus longue que l'opération elle-même. Quand on l'aura exécutée une seule fois, on reconnaîtra immédiatement sa simplicité extrême.

Qu'il s'agisse de volumes du crânes, de tailles, de mortalité, etc., la construction est identique. Sur l'axe des ordonnées on écrit des chiffres correspondant aux volumes, tailles, âges qu'il s'agit d'exprimer; l'axe des abscisses est toujours divisé en cent parties, et les ordonnées ont un écart proportionnel à l'importance du groupe qu'elles représentent, c'est-à-dire au chiffre indiquant en centièmes dans quelle proportion entre dans le total le groupe dont la valeur doit être exprimée.

Bien que leur écart soit très-variable, les ordonnées semblent, au premier abord, équidistantes sur les figures, parce qu'on s'est servi, pour simplifier leur construction, de papier quadrillé, mais il suffit d'un instant d'attention pour reconnaître que leur écart réel est au contraire très-variable. Ce n'est même que cet écart qui fait connaître la proportion centésimale du phénomène. Il suffit, par exemple, de compter combien de millimètres se trouvent horizontalement entre les points où la courbe coupe les abscisses correspondant aux crânes de 56 et 57 centimètres de circonférence, pour savoir combien sur cent crânes il y en a ayant cette circonférence. Il est évident que plus ce nombre de millimètres est grand, plus la courbe tend à devenir horizontale; plus ce nombre est petit, au contraire, plus elle tend à devenir verticale. La courbe comprise entre deux ordonnées forme en effet l'hypoténuse d'un triangle dont le côté vertical a, comme on le voit facilement, une hauteur constante, et le côté horizontal une longueur d'autant plus grande que les ordonnées sont plus écartées. En examinant les courbes dans les points où elles expriment des groupes très-petits, par exemple, la proportion centésimale d'individus de taille ou de crânes très-grands ou très-petits, on les voit devenir presque verticales.

La propriété que possèdent ces nouvelles courbes, de traduire immédiatement par leur aspect la variation en centièmes des éléments existant au sein d'un groupe donné, me les a fait désigner sous le nom de *courbes centésimales* ou *courbes des séries*. Au lieu de confondre, comme le font les moyennes, des résultats très-différents, elles donnent au contraire un tableau très-fidèle des moindres nuances que présentent les éléments d'un groupe dont on veut connaître les facteurs. N'y eût-il qu'un individu sur cent d'une capacité crânienne ou d'une taille donnée, la courbe l'indiquera immédiatement, alors que les moyennes n'eussent même pas permis de soupçonner sa présence.

L'importance de ces indications nous sera prouvée lorsque, en étudiant les variations de volumes du crâne, nous verrons que c'est bien plus dans la proportion plus ou moins grande de crânes volumineux que les races contiennent que dans les différences de la capacité moyenne de leurs crânes que réside la supériorité des unes relativement aux autres.

Il peut arriver quelquefois que les variations que l'on veut exprimer se présentent seulement une fois sur 1000, 10 000 ou 100 000 faits observés. Dans ce cas, la fraction traduite en centièmes est trop petite pour pouvoir être exprimée sur un graphique construit à une échelle très-petite. Ce cas peut se présenter pour les régions extrêmes de quelques courbes. On y remédierait facilement en construisant cette partie de la courbe sur une autre feuille de papier à une échelle 10 fois, 20 fois, 100 fois plus grande, absolument comme le font les topographes qui, après avoir dressé la carte d'un pays à une échelle donnée, dressent, dans un coin de cette carte, à une autre échelle, des parties diverses, villes, châteaux, etc., dont ils veulent rendre plus de détails. Dans les cas que nous avons eus à examiner dans ce mémoire, ces constructions supplémentaires ont été inutiles.

Tout en faisant connaître la proportion dans laquelle entrent divers éléments dans la constitution d'un groupe donné et permettant de comparer avec la plus grande facilité divers groupes entre eux, ces courbes fournissent immédiatement les moyennes dont la statistique fait habituellement usage. Quand la courbe a été construite avec un nombre d'éléments suffisant, la moyenne se trouve précisément au point de rencontre de la courbe avec l'ordonnée qui partage en deux parties égales l'axe des abscisses. Je nomme pour cette raison cette ordonnée *axe des moyennes*. Le lec-

teur peut se convaincre facilement, en examinant les courbes de la taille de la population Française et Italienne, que les moyennes données par le calcul et par la courbe sont à peu près identiques.

Outre les avantages que je viens de signaler, nos courbes des séries permettent de réunir sans confusion un grand nombre de renseignements dans un petit espace. On peut s'en convaincre par l'examen de la planche I, où j'ai intentionnellement réuni des documents différents, et qui exigeraient un grand nombre de chiffres pour être numériquement traduits. Ce sont :

1° La distribution de la population en France, c'est-à-dire combien il y a en France, sur un million d'habitants, d'individus de chaque âge; 2° la tendance à la criminalité à chaque âge; 3° les variations de la taille des nouveau-nés; 4° les variations du poids des nouveau-nés; 5° la taille des conscrits en France; 6° la taille des conscrits en Italie.

Aux renseignements ainsi réunis sur ce tableau de 10 centimètres de côté, j'aurais pu évidemment, sans nuire à sa clarté, en ajouter encore bien d'autres.

En examinant ces différentes courbes, qui traduisent des faits statistiques si différents, on est frappé de leur régularité extrême. La courbe du groupement de la population, par exemple, représente sensiblement dans la plus grande partie de son trajet (de 0 à 90 ans) une parabole de 20 millimètres environ de foyer.

Toutes ces courbes si régulières doivent vraisemblablement pouvoir être exprimées par une équation, longue à trouver peut-être, mais qui, une fois déterminée, permettrait, avec quelques facteurs intermédiaires, de calculer les autres et résoudre des problèmes comme celui-ci : Sachant que les capacités des crânes d'une race sont comprises entre 1500 et 1900 centimètres cubes, et, d'autre part, combien il y a sur les individus de cette race de crânes de 1200, 1500 et 1400 centimètres cubes, calculer combien il y en a de toutes les capacités comprises entre 1400 et 1900 centimètres cubes.

Pour prouver que la solution de tels problèmes n'a rien de chimérique, je vais montrer que, grâce à la connaissance de l'équation de la courbe qui représente la distribution de la population en France, il est possible de savoir combien il y a dans ce pays d'individus d'un âge quelconque. Une propriété bien connue de la parabole, que les carrés de ses ordonnées sont entre eux comme les

abscisses correspondantes, nous permet de vérifier facilement que

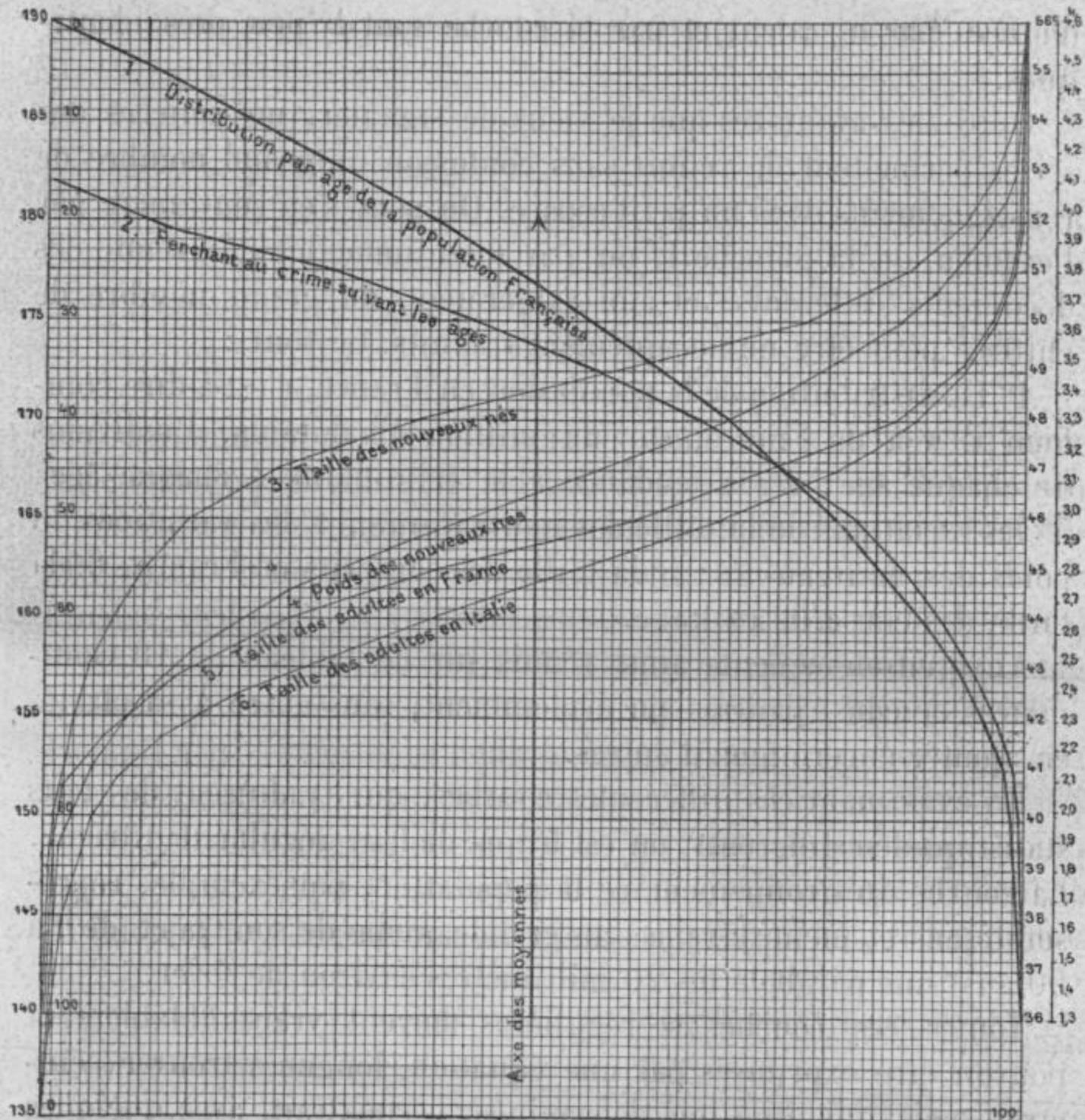


Planche I. — Application des courbes de série à l'expression de divers phénomènes anthropologiques.

1. Distribution par âge de la population française ¹.
2. Penchant au crime suivant les âges ².
3. Taille des nouveau-nés ³.
4. Poids des nouveau-nés ⁴.
5. Taille des adultes en France ⁵.
6. Taille des adultes en Italie ⁶.

¹ D'après les chiffres publiés par l'*Annuaire du bureau des longitudes*, année 1858. — ² D'après les chiffres donnés par Quételet dans son *Anthropométrie*, suivant les comptes rendus officiels du ministère de la justice, de 1826 à 1844. — ³ et ⁴. D'après les chiffres publiés en 1878 dans les *Annales de démographie*, par le directeur de l'hospice des Enfants assistés de la Seine. — ⁵ D'après les chiffres donnés par Bertillon dans la dernière édition du Dictionnaire de Nysten. — ⁶ D'après les chiffres officiels du Gouvernement italien (*La Démographie italienne*. Rome, 1878).

la courbe qui représente la distribution de la population en France suivant les âges est bien dans la plus grande partie de son trajet (de 0 à 90 ans) une parabole. L'équation analytique de la parabole

$$(1) \quad y^2 = 2px$$

d'où on tire

$$(2) \quad p = \frac{y^2}{2x}$$

nous permet de déterminer immédiatement le paramètre et par conséquent le foyer de cette courbe. Il suffit de prendre pour une abscisse quelconque la hauteur de l'ordonnée correspondante à partir de la ligne horizontale passant au niveau du chiffre 90 (correspondant à 90 ans) et de remplacer les lettres par leurs valeurs dans l'équation (2) pour trouver $p = 40$.

Notre courbe étant une parabole et son paramètre étant connu, nous pouvons maintenant en résolvant l'équation (1) par rapport à x déterminer mathématiquement sans aucune construction graphique quelconque quel est en France le nombre des habitants de tous les âges compris entre 0 et 90 ans. Un phénomène aussi compliqué et en apparence aussi lié au hasard que le nombre

La 1^{re} échelle du côté gauche (en dehors) est l'échelle des conscrits de 135 à 190 centimètres. Dans cette échelle, 2 millimètres = 1 centimètre.

La 2^e échelle du côté gauche est l'échelle des années pour la distribution de la population et le penchant au crime. Elle va de 0 à 100 ans. — 1 millimètre = 1 année.

La 1^{re} échelle du côté droit (en dedans) est l'échelle de la taille des nouveau-nés de 36 à 56 centimètres. — 1 millimètre = 1 centimètre.

La 2^e échelle du côté droit est l'échelle du poids des nouveau-nés en kilogrammes et hectogrammes de 1^{er},5 à 4^{er},6. — 5 millimètres = 100 grammes.

L'écartement des ordonnées étant proportionnel dans nos courbes aux variations du phénomène observé, il suffit pour savoir combien il y a, par exemple, sur 100 nouveau-nés de sujets d'une taille donnée, de compter le nombre de millimètres horizontalement compris entre les points où la courbe coupe les lignes horizontales correspondant aux chiffres de l'échelle indiquant la taille donnée. Soit, je suppose, à rechercher combien il y a sur 100 nouveau-nés de sujets de 51 à 52 centimètres de taille, il suffit de compter combien il y a horizontalement de millimètres entre les points où la courbe coupe les lignes horizontales correspondant aux chiffres 51 et 52. Les 6 millimètres existant entre les deux points représentent le chiffre cherché. Sur 100 nouveau-nés, il y en a donc 6 dont la taille est comprise entre 51 et 52 centimètres.

La ligne verticale marquée en noir exactement au milieu de la planche et sur laquelle est écrit *axe des moyennes* coupe chaque courbe en un point qui jouit de la propriété de représenter exactement la *moyenne* des chiffres dont chaque courbe donne le détail, à la simple condition que la série sur laquelle on opère soit suffisamment nombreuse. Le chiffre donné, par exemple, pour la taille moyenne en France et en Italie, d'après les documents statistiques, est de 164 centimètres pour le premier pays et 162 centimètres pour le second. C'est précisément celui qu'indiquent nos courbes avec une erreur d'environ 2 millimètres, c'est-à-dire négligeable entièrement. En se rendant compte de la construction de la courbe, on comprendra facilement que le point où elle coupe l'axe des moyennes ne peut pas être modifiée par la volonté de l'opérateur.

d'individus de différents âges que contient un pays va se trouver exprimé par cette équation très-simple :

$$(3) \quad x = \frac{y^2}{2 \times 40}$$

Montrons par un exemple l'application de cette formule. Soit, je suppose, à déterminer combien il y a en France d'individus de 35 à 40 ans. Si nous nous reportons à la définition de nos courbes, qui nous montre que les abscisses sont équidistantes, mais les ordonnées séparées par des intervalles qui expriment en centièmes la proportion centésimale de la valeur dont il s'agit de connaître les variations, nous voyons tout de suite qu'il suffit pour savoir combien sur 100 individus, partant sur un million, et par conséquent pour la population entière, il y en a de 35 à 40 ans, de rechercher quel est l'écart millimétrique des ordonnées correspondant aux âges énoncés. La simple disposition de l'échelle adoptée montre facilement, ce qui se vérifie immédiatement du reste sur la figure et sans la connaissance d'aucun des éléments de la courbe, que les hauteurs des ordonnées correspondant à 35 et 40 ans sont de 55 et 50 millimètres. Résolvant l'équation (3) pour ces deux valeurs de y et les retranchant l'une de l'autre, nous obtenons le chiffre 6,56, qui nous fait connaître que sur 100 individus il y en a 6,56 de 35 à 40 ans. Pour un million il y en aura donc 65,600. Connaissant le chiffre pour un million, une simple opération d'arithmétique le fera connaître pour la population entière.

Le chiffre 6,56 trouvé par le calcul est presque exactement celui donné par les tables de statistique. Pour montrer du reste qu'il n'y a pas là une simple coïncidence, je donne ici le tableau comparatif de la distribution de la population française d'après les meilleurs travaux de statistique et d'après ma formule. La coïncidence est remarquable : c'est seulement dans la région extrême qu'on observe un écart, du reste fort petit.

Population de chaque âge en France sur 100 individus.

Age.		Nombre d'individus de chaque âge donné par les tables de statistique ¹ .	Nombre d'individus de chaque âge calculé d'après la formule de la courbe $(x = \frac{y^2}{2 \times 40})$
De 0	à 5 ans	10,99	10,94
— 5	10	9,80	10,31
— 10	15	9,57	9,69
— 15	20	9,02	9,56
— 20	25	8,54	8,44
— 25	30	7,88	7,81
— 30	35	7,22	7,19
— 35	40	6,62	6,56
— 40	45	6,03	5,94
— 45	50	5,45	5,31
— 50	55	4,84	4,69
— 55	60	4,19	4,06
— 60	65	3,51	3,44
— 65	70	2,75	2,81
— 70	75	1,91	2,19
— 75	80	1,14	1,56
— 80	85	0,52	1,02
— 85	90	0,17	
— 90	100	0,05	
		100,00	

Il est fort curieux de voir des phénomènes aussi variables en apparence que le nombre d'individus de chaque âge qu'un pays contient se distribuer suivant une loi aussi mathématique. Il en serait de même sans doute de la plupart des événements, si nous pouvions les soumettre au calcul. Rien ne semble plus fortuit assurément que la naissance ou la mort d'un individu. Ce sont pourtant les résultats de nécessités invariables, et, pour changer d'une seconde l'heure à laquelle il doit mourir, il faudrait pouvoir changer toute une série d'événements antérieurs sur lesquels nous sommes sans action. L'homme est impuissant à déterminer les causes des événements, mais il peut montrer que rien n'est plus immuable que les forces éternelles qui en guident le cours.

Les courbes destinées à exprimer les variations de volume du crâne, tout en étant très-régulières, ont un aspect anguleux que n'ont pas celles qui précèdent. Cela tient à ce que, pour la taille, la mortalité, etc., on opérerait sur un nombre d'individus considérable, et qu'alors le module de groupement (quelques centimètres pour la taille, un petit nombre d'années pour la population) pou-

¹ *Ann. du bureau des longitudes*, 1858, p. 218.

vait être fort petit, tandis que pour les crânes, leur nombre étant relativement restreint, il fallait que le module de groupement choisi (100 centimètres cubes) fût assez grand pour que chaque groupe se trouvât composé d'un nombre suffisant d'observations. Si, possédant un nombre de crânes beaucoup plus grand, on avait pu constituer des groupes ne différant que par 50 ou même 25 centimètres cubes de capacité, les côtés de la courbe eussent été plus nombreux, et l'aspect anguleux signalé plus haut eût disparu, de même qu'en multipliant suffisamment le nombre des côtés d'un polygone inscrit dans un cercle ce polygone finit par différer très-peu d'une circonférence.

Toutes les fois que les séries de crânes sur lesquelles on opère sont bien homogènes, c'est-à-dire composées d'éléments de même origine, les courbes qu'on obtient sont très-régulières, et à ce point régulières qu'une déformation de la courbe indique immédiatement, ou qu'on a commis une erreur de calcul, ou que la série sur laquelle on opère se compose d'éléments hétérogènes, par exemple, de crânes de races diverses ou de sexes différents accidentellement mélangés. Je recommande même ce moyen fort simple pour découvrir si, dans une série de crânes qu'on n'a pas sous les yeux, mais dont on possède les capacités, plusieurs races et surtout plusieurs sexes ont été mélangés. Le lecteur qui voudra essayer de construire des courbes avec les chiffres obtenus en mélangeant les sexes ou les races pourra facilement se convaincre de l'irrégularité des graphiques ainsi obtenus.

Je n'insisterai pas davantage sur la construction de ces courbes et sur les services que je les crois appelées à rendre. Le lecteur verra, dans le cours de ce Mémoire, comment leur étude m'a permis, non-seulement de déterminer certaines causes de variations de volume du crâne, mais encore les relations existantes entre des valeurs aussi variables et présentant aussi peu de relations apparentes que la circonférence de la tête et du crâne, la circonférence du crâne et son volume, le volume du crâne et le poids du cerveau, etc. Le simple aspect de ces courbes révèle immédiatement des relations qui, sans elles, eussent été très-difficiles à découvrir. C'est ainsi, par exemple, qu'après avoir superposé les courbes de la distribution de la population en France et en Italie et constaté qu'elles ne différaient sensiblement qu'à leurs extrémités, j'ai vu immédiatement que ces différences tenaient à ce qu'il y aurait en Italie plus de jeunes gens et surtout d'enfants qu'en

France, mais moins de vieillards. Si les documents statistiques méritent toute confiance, ce serait là un fait évidemment fort curieux.

Dans les cas où les constructions graphiques qui précèdent ne se prêtaient pas à l'interprétation des phénomènes, j'ai eu recours à d'autres procédés dont le lecteur trouvera des exemples dans ce Mémoire. Ils sont trop simples pour nécessiter une explication¹.

II. — Instruments employés.

Utilité de prendre des mensurations sur le vivant. — Insuffisance des instruments d'anthropologie destinés aux voyageurs. — Description d'un compas des coordonnées permettant de mesurer sur le vivant les divers angles et diamètres du crâne et de reconstituer son profil. — Méthodes diverses de mensuration. — Cubage. — Nécessité de suivre des règles précises. — Exemples prouvant l'impossibilité de faire usage de la plupart des cubages provenant de laboratoires étrangers.

Les instruments en usage dans les laboratoires d'anthropologie sont en général fort exacts, mais ils présentent le double inconvénient d'être peu portatifs et d'avoir été construits bien plus pour prendre des mesures sur le crâne que sur le vivant. Aussi rien n'est-il plus rare que de voir un voyageur rapporter quelques mesures suffisantes des races visitées par lui. Il en résulte que la presque totalité des mesures craniométriques que nous possédons ont été prises sur des crânes et non sur des têtes vivantes. Il est facile de comprendre cependant que ce n'est qu'alors qu'on possédera un grand nombre de mesures prises sur des sujets, dont les aptitudes et l'intelligence sont connues, qu'on pourra établir nettement les relations existantes entre la forme et la capacité de la tête et l'intelligence.

La première partie de ce Mémoire étant uniquement consacrée à l'étude des variations du volume du crâne, je n'insisterai pas longuement sur les instruments employés pour mesurer ses variations de forme et me bornerai à décrire sommairement un appareil nouveau qui permet d'obtenir le profil exact de la

¹ La plupart des courbes représentées dans ce Mémoire ont figuré dans la section de l'Exposition universelle consacrée aux sciences anthropologiques à côté des tableaux de statistiques de divers auteurs accompagnés comme les miens d'explications assez claires pour mettre leur construction et leur but à la portée des intelligences les plus ordinaires. Ce n'est donc pas sans étonnement que j'ai lu dans une Revue importante qui m'a été communiquée un article dont l'auteur, un théologien nommé Didon, parle des travaux de statistique de l'Exposition en général, et des miens en particulier d'une façon qui implique une rare légèreté ou une singulière ignorance.

tête et la méthode que j'emploie pour comparer ces profils entre eux.

La méthode de comparaison des têtes entre elles est fort simple et permet d'un seul coup d'œil d'apprécier des différences qui exigeraient des colonnes de chiffres pour être traduites. Les profils de la tête étant obtenus sur du papier à calquer sont comparés par simple superposition ; ce qui permet de saisir immédiatement leurs analogies et leurs différences. Rien n'est plus simple et en même temps plus précis. On comprend immédiatement sans démonstration combien une telle méthode est supérieure à celle qui se borne à comparer entre elles un certain nombre de mesures.

La seule difficulté de ce procédé consiste dans l'obtention des profils bien exacts de la tête et de la face. Ne connaissant aucun instrument permettant d'obtenir sur un modèle, qui ne saurait rester immobile plus de quelques secondes, un profil rigoureusement exact, j'ai dû imaginer un appareil particulier que je vais décrire. Il réalise, je crois, ces deux conditions d'une importance considérable, d'être simple et portatif. Il peut tenir, en effet, dans un portefeuille, et son maniement peut s'apprendre en quelques instants. Son prix, en outre, est des plus minimes.

Cet instrument, construit sur mes dessins par M. A. Molteni, est basé sur les principes de géométrie qui permettent de fixer la position d'une série de points dans l'espace au moyen de leurs coordonnées.

Il se compose de quatre règles graduées disposées comme l'in-

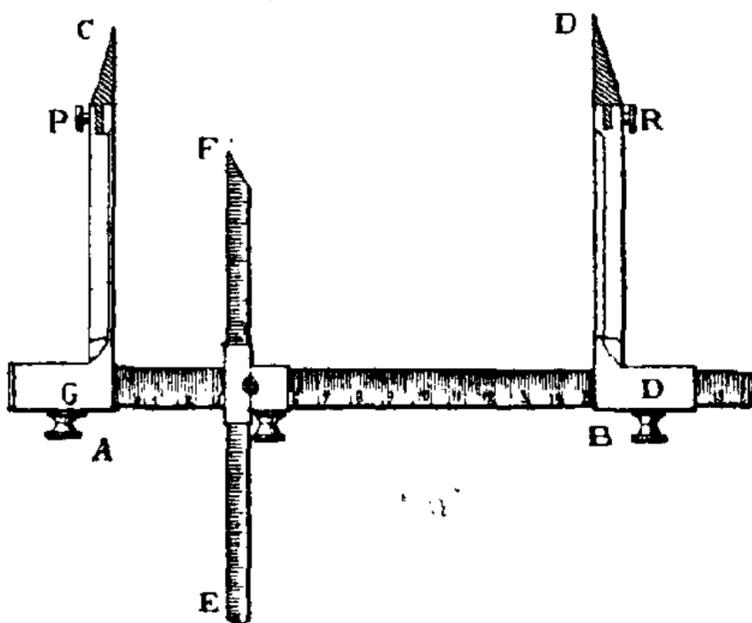


Fig. 1. — Compas des coordonnées.

dique la figure 1. La règle EF possède un double mouvement de latéralité et en même temps des mouvements de bas en haut et de haut en bas qui lui donnent la possibilité de s'élever à volonté au-dessus de la règle sur laquelle elle se meut. Si on a fixé, par exemple, les grandes règles aux extrémités du diamètre d'un cylindre, on pourra

faire parcourir à la petite règle toute une demi-circonférence de ce cylindre en l'obligeant à y rester constamment adhérente. Cette

réglée étant graduée, il suffit de noter de combien de millimètres elle s'est enfoncée ou élevée au-dessus de la grande règle toutes les fois qu'elle a parcouru un espace donné pour avoir les coordonnées des divers points du profil, éléments qui permettront ensuite de le reconstruire sur le papier par des procédés graphiques fort simples. On pourrait ainsi démontrer expérimentalement avec cet instrument que la section d'un cône par un plan peut être un cercle, une ellipse, une parabole ou une hyperbole suivant l'inclinaison de ce plan. Ces principes posés, examinons maintenant la manière de se servir de l'instrument.

1° *Mesure des diamètres de la tête.* — Tous les diamètres de la tête peuvent être pris avec cet instrument, sur le vivant ou sur le crâne, avec autant de rapidité qu'on pourrait le faire au moyen d'un compas d'épaisseur ordinaire, y compris les diamètres qui sembleraient au premier abord inaccessibles à un instrument à branches parallèles tels que le diamètre allant du bord antérieur du trou occipital à la suture naso-frontale. Pour opérer sur le vivant on enlève les pointes terminant les branches.

Cet instrument est le seul, en dehors des appareils volumineux de laboratoire, qui permette de mesurer la hauteur verticale de la tête, soit au-dessus du trou auditif, soit, ce qui me paraît préférable, au-dessus de la cloison inférieure du nez, point qui correspond assez bien au niveau du trou occipital, région servant, comme on le sait, de repère sur le crâne. On dispose l'instrument verticalement comme l'indique la figure 2. Un fil à plomb fixé au bouton A permet d'obtenir une verticalité absolue.

Il suffit d'examiner la figure 2 pour comprendre qu'avec un compas d'épaisseur la mesure de la hauteur verticale de la tête est tout à fait impossible. Le compas d'épaisseur donne, en effet, l'hypoténuse HF du triangle rectangle FHO dont on cherche le côté vertical HO.

La hauteur verticale de la tête influe considérablement sur son volume et a en anthropologie une importance considérable. Il est évident, en effet, que le volume d'un corps solide tel qu'un cône, ou un cylindre, par exemple, ne peut être évalué qu'à la condition de connaître sa hauteur. Ce n'est que la difficulté de

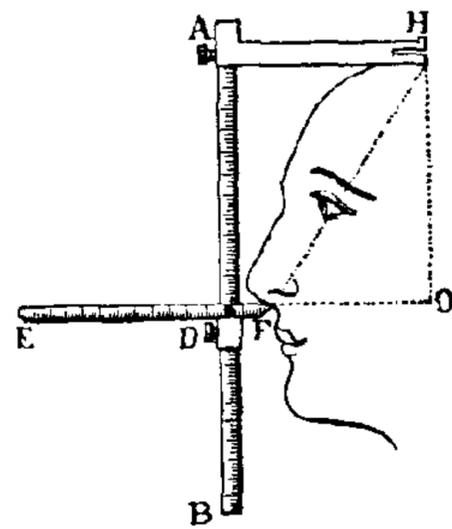


Fig. 2.

mesurer cette hauteur sur le vivant qui l'avait fait négliger jusqu'ici.

2° *Mesure des angles céphaliques.* — On peut les mesurer sur le profil obtenu, comme cela va être dit bientôt. Cependant, si on voulait se borner à mesurer l'angle facial sans dessin préalable, on pourrait le faire en mesurant les trois côtés d'un triangle représenté par les distances comprises entre la racine du nez et sa partie inférieure et entre les deux extrémités de cette ligne et le trou auditif. Sur le triangle construit avec ces éléments on mesurerait l'angle facial au rapporteur. L'angle facial étant compris dans le plan médian de la tête, les trois longueurs précédentes ne pourraient nullement, comme on l'avait autrefois proposé par erreur, être prises avec un compas d'épaisseur.

3° *Reproduction du profil de la tête.* — L'instrument permettrait de reconstruire point par point le profil de la tête, en opérant comme on l'indiquera bientôt pour le profil de la face. Dans la pratique il est préférable de prendre une partie de ce profil avec une lame de plomb de 60 centimètres de longueur sur 5 millimètres de largeur, qu'on fixe entre les mors qui terminent les deux dernières branches de l'instrument. Ces deux branches sont placées l'une à la partie antérieure, l'autre à la partie postérieure

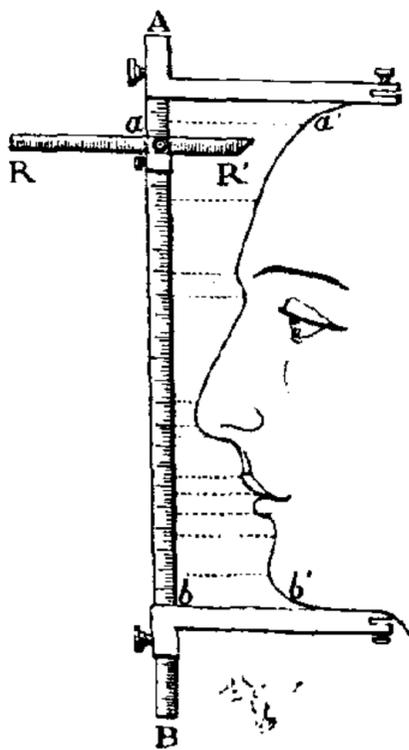


Fig. 3.

du cou. On pose ensuite la lame ainsi maintenue sur une feuille de papier et on suit ses contours avec un crayon.

La lame de plomb ne pouvant prendre exactement le profil de la face, on complète ce profil en prenant avec l'instrument, disposé comme l'indique la figure 3, les ordonnées d'une douzaine de points importants. Ces mesures permettent ensuite de reconstruire le profil avec une exactitude parfaite. Sur le dessin ainsi obtenu il est facile de mesurer exactement le degré de prognathisme, et les diverses mensurations qu'on exécuterait sur le crâne lui-même.

La position du trou auditif est déterminée sur le profil de la tête par l'intersection d'arcs de cercles ayant pour longueurs la distance de deux points quelconques de la face à ce même trou. La circonférence du crâne et sa courbe transverse se dessinent avec la lame

de plomb maintenue comme précédemment entre les deux branches du compas.

En dehors des usages qui viennent d'être indiqués, l'instrument qui précède rend facile la solution de divers problèmes de géométrie intéressants, notamment ceux relatifs aux sections coniques. Il permettrait encore de copier en relief un corps solide, car il est évident qu'un solide quelconque peut être considéré comme constitué par la superposition d'un certain nombre de plans horizontaux, équidistants, parallèles, plans dont l'instrument peut donner le profil. Si on voulait l'employer à cet usage, il faudrait le monter sur un support vertical gradué. L'opération ainsi pratiquée étant trop longue, j'ai construit un autre instrument qui a figuré comme le précédent à l'Exposition universelle, dans la section des sciences anthropologiques, et qui permet d'obtenir facilement, sans connaissances en sculpture, une copie de grandeur naturelle, agrandie ou réduite, d'un corps solide quelconque, la tête humaine, par exemple, et de vérifier si une région déterminée de la copie en relief d'un corps solide est parfaitement conforme à l'original ¹.

Quant aux moyens employés pour mesurer la circonférence du crâne et son volume, ils sont trop connus pour qu'il soit besoin de les décrire. Ce sont, comme on le sait, la mensuration au ruban gradué et le cubage suivant le procédé de M. Broca.

Pour éviter les erreurs que l'on commet facilement avec les rubans gradués, j'ai employé dans mes recherches sur l'inégalité des régions correspondantes des crânes un procédé de mensuration fort simple et cependant fort exact. Il s'agissait de rechercher si chaque os de la tête pour les os pairs et la moitié de chaque os pour les os impairs étaient également développés des deux côtés. Avec une bande de papier de un centimètre de largeur sur 60 environ de longueur, j'entourais horizontalement la tête, de façon à faire passer la bande en arrière sur la protubérance occipitale externe et en avant sur la ligne médiane, au-dessus des arcades sourcilières. Avec un crayon je marquais sur cette bande les points où elle se trouvait en contact de la ligne médiane en avant et en arrière et des sutures latéralement. En mesurant ensuite les diverses longueurs comprises entre ces marques, ou plus simple-

¹ On trouvera une description très-détaillée de ces deux instruments dans les *Bulletins de la Société d'Anthropologie* de l'année 1878.

ment en repliant les bandes sur elles-mêmes, de façon à comparer les côtés opposés, je voyais de suite quels étaient les côtés inégalement développés.

Quant au cubage du crâne, c'est une opération délicate qui ne peut être exécutée convenablement qu'en suivant des règles précises qu'on trouvera dans le mémoire spécial de M. Broca. Les cubages par les méthodes anciennes étaient à ce point défectueux, que le même crâne cubé par deux observateurs différents ou à deux reprises par le même observateur donnait des différences pouvant dépasser 100 centimètres cubes. Ce n'est qu'en suivant des règles précises que le cubage devient absolument exact. Malheureusement ces règles sont loin d'être suffisamment connues. Les opérateurs étrangers ayant chacun une méthode différente, il en résulte que leurs mensurations ne peuvent être utilisées ou du moins comparées avec celles obtenues par d'autres observateurs. Je citerai comme exemple une collection de 47 crânes finnois envoyés à l'Exposition universelle par le musée d'Helsingfors. Après un cubage fait avec soin à l'aide du plomb et suivant les préceptes rigoureux de M. Broca, il a été reconnu que pas une seule des capacités indiquées pour chaque crâne dans la brochure qui les accompagnait n'était conforme. Sur plusieurs l'erreur atteignait 125 centimètres cubes¹.

¹ Je pourrais citer bien d'autres exemples pour montrer l'impossibilité de comparer entre elles les mensurations de divers observateurs. Le lecteur comprendra facilement que ce n'est pas sans une étude très approfondie des documents publiés à l'étranger que j'ai dû renoncer entièrement à en faire usage. Comme nouvelle preuve de l'impossibilité d'utiliser ces documents, je mentionnerai les résultats singuliers qu'on obtiendrait en prenant pour base les mensurations de la capacité de nombreux crânes allemands récemment publiées dans un ouvrage spécial par un savant anthropologiste de Bonn, M. le docteur Schaaffhausen (*Die anthropologische Sammlung des anatomischen Museums der Universität Bonn*, Braunschweig, 1877). La capacité moyenne des 155 crânes allemands provenant de sujets normaux adultes et du sexe masculin que contient ce travail est seulement de 1422 centimètres cubes, c'est-à-dire inférieure à celle des nègres. Ce résultat est trop en désaccord avec toutes les mensurations effectuées par des observateurs de tous pays sur des crânes allemands pour pouvoir évidemment être admis un seul instant. La série est pourtant bien homogène, c'est-à-dire que toutes les capacités crâniennes (comprises pour l'homme entre 1025 cent. cubes et 1920 cent. cubes) croissent, sauf dans les points tout à fait extrêmes, d'une façon progressive. La moyenne de la capacité donnée par ma méthode graphique a été exactement la même que celle trouvée par le calcul. Il est donc probable que toutes ces mensurations ont dû être affectées d'une erreur, résultant vraisemblablement d'une manière d'opérer inexacte. L'erreur doit osciller autour de $\frac{1}{10}$ du volume trouvé pour chaque crâne. On peut tirer des renseignements intéressants de l'étude de cette série, mais à condition, bien entendu, de ne la comparer à aucune autre.

Je me suis donc vu obligé, sous peine d'enlever toute base solide à mes conclusions, de n'appuyer presque exclusivement mes calculs que sur les mensurations faites sur les crânes du laboratoire d'anthropologie de Paris, et dont M. Broca a bien voulu mettre tous les éléments à ma disposition. En négligeant presque entièrement les matériaux étrangers, j'ai naturellement réduit un peu mes sources d'informations, mais en pareille matière la qualité m'a semblé devoir être préférée à la quantité.

• Je ferai remarquer du reste que, quand le nombre des crânes d'une série atteint un certain chiffre, l'avantage qu'il y a à accroître un peu ce chiffre avec des éléments dont on n'est pas sûr n'est pas du tout compensé par la chance d'y introduire des erreurs. La probabilité de la précision d'un résultat ne croissant pas avec le nombre des observations, mais seulement avec la racine carrée du nombre de ces observations, il faudrait pour rendre les résultats deux fois, trois fois, quatre fois plus précis, que les observations devinssent quatre fois, neuf fois, seize fois plus nombreuses, ce qui avec le nombre relativement petit des matériaux catalogués existant dans les musées serait impossible.

III. — Variations du volume du crâne et du poids du cerveau dans les races humaines.

Variations du volume du crâne dans les diverses races et chez les individus d'une même race. — Elles sont beaucoup plus grandes que ne l'indiquent les moyennes. — Limites entre lesquelles peuvent se produire ces variations. — Pourquoi malgré leur grandeur elles échappent facilement à l'œil. — Limite des variations que pourrait présenter le rayon d'un sphéroïde dont le volume serait égal à celui des crânes humains les plus grands et les plus petits.

Les variations du volume du crâne qu'on observe soit sur les individus d'une même race, soit sur ceux de races différentes, sont considérables. Chez les Parisiens contemporains du sexe masculin, le volume du crâne varie de 1500 à 1900 centimètres, soit de .600 centimètres cubes. Cette différence s'élèverait à 800 centimètres cubes, si on réunissait ensemble les crânes masculins et féminins de la même série. En réunissant les diverses races humaines et classant leurs capacités crâniennes par volumes croissants, on peut dire, même en négligeant comme exceptionnels¹ les points extrêmes de la série, que chez l'homme le volume du crâne

¹ J'appelle crânes exceptionnels des crânes qui dans une série sont séparés de ceux placés au-dessus ou au-dessous d'eux par un écart de volume considérable. Tel serait, par exemple, un crâne nullement pathologique de la collection d'Helsingfors que j'ai

peut presque varier du simple au double. Je me borne pour le moment à cette indication succincte, l'étude de ces différences chez les sujets d'une même race ou chez ceux de races différentes devant être longuement traitée dans un prochain chapitre.

Avant l'emploi des méthodes de mensuration précises de l'anthropologie moderne, ces différences avaient échappé à la plupart des anatomistes. « J'ai observé, dit Bichat, parlant des diamètres des crânes, que l'augmentation de l'un ne se fait qu'aux dépens des deux autres; de sorte que, malgré les changements nombreux auxquels le crâne peut être exposé, sa capacité générale n'éprouve pas des différences aussi grandes qu'il paraît d'abord. »

Pour concevoir que les variations énormes du volume de la tête que je viens de signaler aient pu échapper à un anatomiste aussi illustre, il faut se rappeler que la tête se rapproche par sa forme d'un sphéroïde et que, le volume des sphères étant proportionnel aux cubes de leurs rayons, une augmentation très-minime de ces rayons produit une augmentation très-grande de leurs volumes.

Pour nous en rendre compte, comparons ensemble des sphères équivalant à peu près comme volume aux plus gros crânes et aux plus petits crânes humains et recherchons de combien différeront leurs rayons. Soit, par exemple, une sphère de 1251 centimètres cubes et une sphère de 1867 centimètres cubes équivalant à peu près comme volume aux plus petites et aux plus grosses têtes, et cherchons en quoi ces deux sphères dont l'une est de un tiers de volume supérieur à l'autre différeront par leurs rayons. La formule

$$R = \sqrt[3]{\frac{V \times 3}{4\pi}}$$

montre que le rayon de la sphère de 1251 centimètres cubes sera de 66^{mm},8 et celui de la sphère de 1867 centimètres cubes de 76^{mm},4. Ces deux sphères, bien que présentant une énorme différence de volume de plus de 600 centimètres cubes, ne présenteront

vu récemment cuber au laboratoire de M. Broca et qui présentait la capacité énorme de 2027 cent. cubes. Ce crâne et celui d'un nommé Langlacé, guillotiné comme incendiaire, et qui se trouvait dans une collection envoyée à l'exposition d'anthropologie par le musée de Caen, représentent les plus gros crânes actuellement connus. D'après les renseignements que m'a fournis un ingénieur venu au laboratoire lorsque je prenais des profils de crânes de guillotins au stéréographe, il paraîtrait démontré que ce Langlacé aurait été victime d'une erreur judiciaire et qu'il va être fait des démarches pour le réhabiliter.

qu'une différence d'environ 1 centimètre de rayon. Si la tête humaine était parfaitement sphérique, nous pourrions donc dire qu'entre la tête humaine la plus grosse et la tête humaine la plus petite la différence de rayon s'élève seulement à 1 centimètre.

Ce calcul très-simple nous montre pourquoi les diamètres de la tête ne peuvent varier que dans des limites très-petites, alors que son volume peut au contraire varier dans des proportions très-grandes. J'ai calculé que sur une sphère de 1558 centimètres cubes capacité, c'est-à-dire correspondant à peu près au volume moyen du crâne, un simple accroissement de rayon de 1^{mm},6 produit une augmentation de volume de plus de 100 cent. cubes.

On comprend facilement maintenant que des différences de diamètres si minimes aient pu échapper aux anatomistes jusqu'au jour où les anthropologistes ont eu recours à des mensurations précises. Mais l'habitude générale de ne publier que des moyennes a eu pour résultat de rendre peu sensibles les différences de volume du crâne existant entre les races et surtout entre les individus d'une même race. Les crânes volumineux qu'une race contient, étant en effet toujours peu nombreux, sont sans influence sensible sur ces moyennes.

Si les différences de volume du crâne échappent facilement à l'œil, la même cause d'erreur ne saurait subsister lorsqu'on pèse le cerveau, et, comme il y a longtemps qu'on pratique cette opération, il semblerait qu'on devrait connaître depuis longtemps les variations de poids qu'il subit. Cependant il n'en est rien. Les pesées publiées jusqu'ici sont si insuffisantes que nous voyons les anatomistes les plus éminents commettre en ce qui concerne le poids du cerveau de grandes méprises. Dans la dernière édition de son excellent traité d'anatomie, un de nos plus savants anatomistes, M. le professeur Sappey, ayant trouvé comme maximum des cerveaux pesés par lui le poids de 1510 grammes, assure que le cerveau qui pesait ce poids était un « encéphale d'un développement tout à fait exceptionnel » : or ce poids est tellement peu exceptionnel que sur cent individus pris au hasard — et encore parmi des sujets d'hôpitaux — on en trouve une douzaine dont le poids est égal ou supérieur à ce dernier chiffre, ainsi que le montre le tableau suivant exécuté d'après des pesées effectuées par M. Broca dans les hôpitaux et que j'ai prises dans des matériaux inédits mis à ma disposition par cet éminent professeur.

TABLEAU I

Variations du poids du cerveau chez les Parisiens modernes.

Poids des cerveaux		Nombre
900 à 1000 gr.	.....	1
1000 1100	.....	1
1100 1200	.....	15
1200 1500	.....	16
1500 1400	.....	29
1400 1500	.....	27
1500 1600	.....	10
1600 1700	.....	5
		100

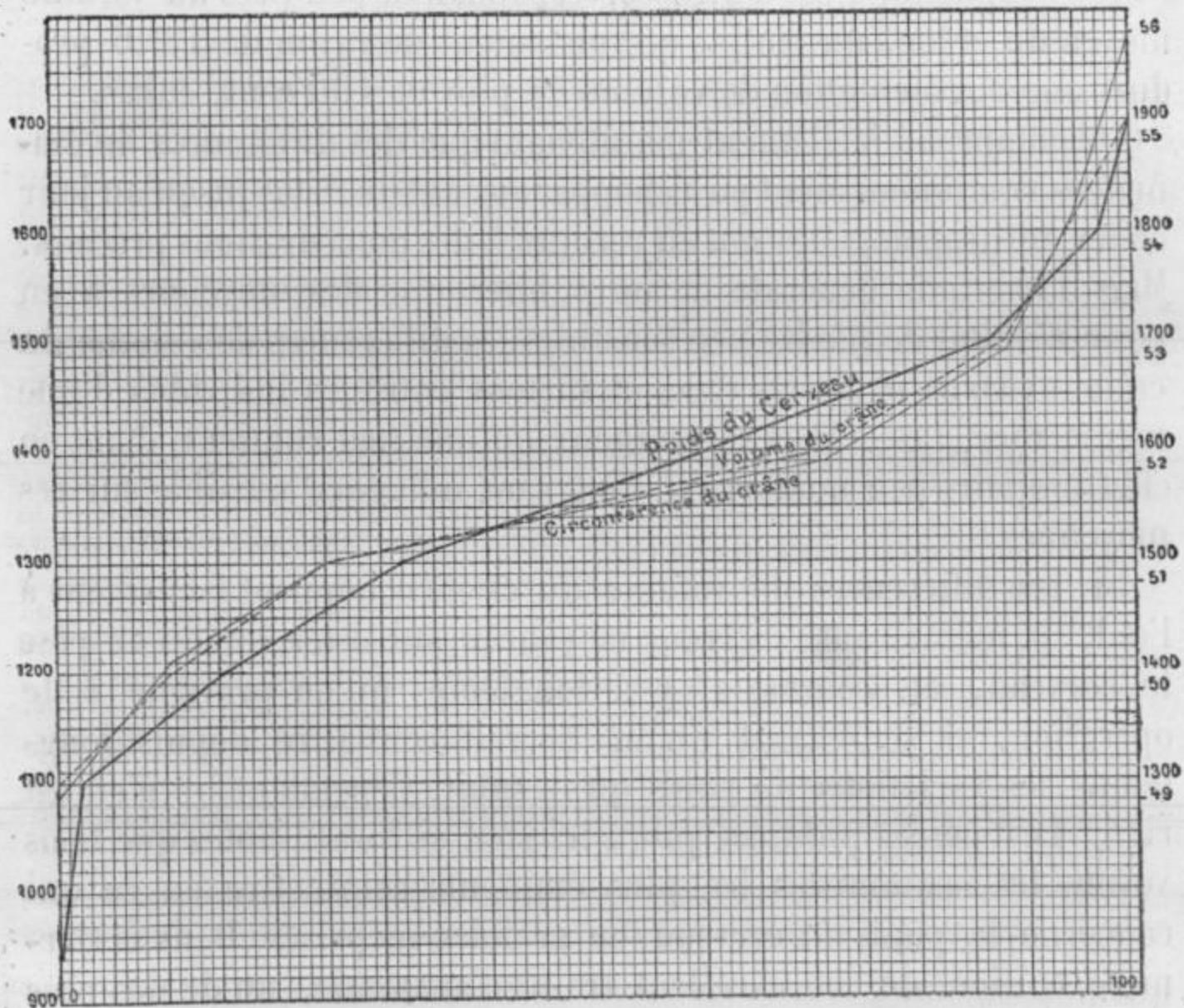


Planche II. — Variations du poids du cerveau, du volume et de la circonférence du crâne dans la population parisienne.

Au-dessus de chaque courbe se trouve indiqué ce qu'elle représente. L'échelle du côté gauche est l'échelle des poids de 900 à 1700 grammes. Les deux échelles du côté droit représentent l'une l'échelle des volumes de 1300 à 1900 centimètres, l'autre, composée seulement de deux chiffres, l'échelle des circonférences en centimètres de 49 à 56 centimètres.

L'écartement des ordonnées étant proportionnel dans nos courbes aux variations exprimées en centièmes du phénomène observé, il suffit, pour savoir combien sur 100 cerveaux il y en a d'un poids donné, et sur 100 crânes combien il y en a d'une circonférence et d'un volume donnés, de rechercher combien de millimètres sont horizontalement compris entre les points où la courbe coupe les lignes horizontales correspondant à un point donné de l'échelle. Soit, par exemple, à rechercher combien sur 100 cerveaux il y en a de 1500 à 1600 grammes. Le nombre de millimètres, c'est-à-dire de lignes verticales existant entre les points où la courbe coupe les lignes horizontales passant au niveau des chiffres 15 et 1600 de l'échelle des poids, étant de 10, on voit que sur 100 individus il y en a 10 dont le poids du cerveau varie de 15 à 1600 grammes.

Nous pouvons donc conclure de ce qui précède que, bien que méconnues par la plupart des anatomistes, les différences de capacité du crâne et de poids du cerveau existant non-seulement entre les races humaines, mais encore entre les individus d'une même race, sont extrêmement considérables. Recherchons maintenant les causes de ces différences.

IV. — Recherche des causes qui font varier le volume du crâne et le poids du cerveau.

Rareté des travaux sur cette question. — Insuffisance des méthodes employées. — § 1. *Influence du sexe sur le poids du cerveau.* Tableaux prouvant qu'à taille égale et à poids égal la femme a le cerveau beaucoup moins lourd que celui de l'homme. — Tableaux prouvant que l'homme et la femme tendent à se différencier de plus en plus par leur cerveau et que la différenciation est d'autant plus grande qu'il s'agit de races plus élevées. — Minime capacité des crânes féminins dans les races supérieures. — Les races où les crânes masculins occupent le haut de l'échelle du développement sont souvent celles où les crânes féminins en occupent les derniers échelons. — § 2. *Influence de la taille.* Opinions contradictoires professées sur son influence. — Étude de 100 cerveaux dont les poids étaient connus. — Nécessité d'une analyse approfondie de ces chiffres. — Limites de l'influence de la taille. — § 3. *Influence du poids du corps.* Absence complète de matériaux sur cette question. — Recherches permettant d'apprécier l'importance de son influence. — § 4. *Influence de l'âge.* Accroissement du poids du cerveau jusqu'à un certain âge et sa diminution ensuite. — § 5. *Influence de la race et du degré de la civilisation.* Tableau permettant d'apprécier cette influence. — Insuffisance des résultats donnés par les moyennes. — La supériorité d'une race sur une autre est constituée par le nombre de crânes volumineux que cette race contient. — Les races inférieures ne peuvent dépasser une certaine limite de capacité cérébrale. — Tableau prouvant qu'à mesure que la race se civilise les individus qui la composent tendent de plus en plus à se différencier par le volume de leur cerveau. — § 6. *Rapports existant entre le poids du cerveau et l'état de l'intelligence.* Comparaison du volume du crâne chez 1200 Parisiens modernes appartenant à des catégories sociales différentes. — En quoi consiste, au point de vue psychologique, la supériorité de l'intelligence. — Le cerveau se développe-t-il réellement sous l'influence de l'éducation?

Le nombre des auteurs qui se sont occupés de l'étude des causes qui peuvent faire varier le poids du cerveau et le volume du crâne est fort restreint, et il faut remonter à Parchappe, qui écrivait il y a quarante ans, pour avoir un travail d'ensemble sur cette question. N'ayant à sa disposition qu'un petit nombre de mensurations, l'observateur que je viens de nommer ne pouvait arriver à des résultats précis, aussi plus d'une fois nos conclusions seront-elles entièrement opposées aux siennes. Du reste, malgré les travaux de Parchappe et de divers auteurs sur les causes qui font varier le poids du cerveau, la plus grande incertitude règne encore parmi les anatomistes sur elles. Les uns, avec l'auteur que nous venons de citer, croient que la taille a une influence considérable; d'autres, comme Cruveilhier et autrefois Bichat,

soutiennent au contraire que son influence est entièrement [nulle. Ce que je viens de dire de l'influence d'un facteur quelconque pris au hasard pourrait être dit de tous les autres, l'influence du développement du cerveau sur l'état de l'intelligence, par exemple.

Comme il s'agit uniquement ici de faits d'observations, et que ces faits ne peuvent varier d'un observateur à l'autre, ce n'est évidemment qu'à l'imperfection des méthodes qui ont servi à les interpréter qu'il faut attribuer la divergence des résultats obtenus. Recherchons donc en quoi péchaient ces méthodes et s'il ne serait pas possible, avec des moyens d'analyse plus sûrs, de jeter quelque lumière sur l'influence des divers facteurs qui peuvent faire varier le volume du crâne et partant le poids du cerveau, le développement de l'un de ces deux éléments étant, dans la très-immense majorité des cas, en étroite relation avec le développement de l'autre.

§ 1. *Influence du sexe sur le poids du cerveau.*

Bien que rien ne soit plus facile, en opérant sur des séries suffisamment nombreuses, que de s'assurer si le cerveau de l'homme est plus ou moins lourd que celui de la femme, l'opinion des anatomistes est loin d'être unanime sur cette question. Leur incertitude s'explique facilement en remarquant qu'il existe dans chaque série, ainsi qu'on le voit par l'aspect de nos courbes, un petit nombre de crânes de femmes dont la capacité est plus volumineuse que le volume moyen des crânes masculins. Il en résulte qu'en se bornant à quelques mensurations on peut précisément tomber sur ces cerveaux exceptionnels, et de mensurations exactes tirer des conclusions très-fausse. Je ne saurais donc m'étonner de l'opinion de l'anatomiste Scæmering, qui croyait la tête de la femme plus grosse que celle de l'homme, ou de celle de Bichat, qui pensait que le sexe a peu d'influence sur le volume du crâne. Ces assertions erronées figurent encore dans plusieurs ouvrages récents importants. C'est ainsi que M. Milne-Edwards, dans ses *Leçons sur la physiologie et l'anatomie*¹, assure que, « considéré d'une façon absolue, l'encéphale de l'homme est plus gros que celui de la

¹ Tome XI. 1876, p. 252

femme, mais, proportionnellement à la masse du corps, la différence est en sens inverse. »

En pesant une trentaine de crânes féminins et autant de crânes masculins, Parchappe en a conclu que le poids des seconds était supérieur à celui des premiers, mais, comme il n'a pas opéré sur des sujets de même taille, on pouvait se demander — et lui-même se pose du reste cette objection sans pouvoir la résoudre — si cette infériorité absolue ne pourrait, comme l'a admis depuis M. Milne-Edwards, être compensée par une supériorité relative, c'est-à-dire si à taille égale les cerveaux féminins ne seraient pas aussi lourds, ou même plus lourds que ceux du sexe masculin.

Pour répondre à cette question, j'ai recherché parmi les centaines de cerveaux pesés par M. Broca les sujets masculins et féminins de même taille et comparé la moyenne du poids de leur cerveau. La comparaison, qui a porté sur dix-sept cerveaux de chaque sexe, a donné les résultats suivants :

TABLEAU II

Poids moyen du cerveau de l'homme et de la femme à taille égales

Poids moyen de 17 cerveaux d'homme ayant une taille comprise entre 154 et 163 cent.	1322
Poids moyen de 17 cerveaux de femme ayant également une taille comprise entre 154 et 163 cent.	1150
<i>Différence au profit des cerveaux masculins</i>	<u>172</u>

Cette comparaison prouve clairement que ce n'est pas la taille qui détermine la différence du poids qu'on observe entre les deux sexes : cette différence est donc inhérente au sexe lui-même.

On pourrait peut-être objecter à ce qui précède que les différences constatées au profit de l'homme tiennent à ce que, à taille égale, la femme a généralement un poids moindre que celui de l'homme ; mais à cette objection je puis facilement répondre en présentant de nouveaux chiffres démontrant qu'en laissant de côté la taille et en n'envisageant plus que le poids, la femme possède à poids égal du corps un cerveau beaucoup moins lourd que celui de l'homme. J'ai relevé dans une thèse du docteur Budin¹ la circonférence du cerveau de quarante-neuf nouveau-nés féminins et masculins de même poids et obtenu, après les avoir convenablement groupés, le tableau suivant :

¹ *De la tête du fœtus*, Paris, 1876.

TABLEAU III

Comparaison de l'accroissement de circonférence de la tête avec le poids du corps chez les nouveau-nés masculins et féminins.

Circonférence de la tête de tous les nouveau-nés :	Masculins	Féminins
Du poids de 2500 à 3000 gr.	58,0	56,7
— 3000 à 3500	58,8	58,2
— 3500 à 4000	40,1	58,7

La circonférence des crânes est, comme je le montrerai dans une autre partie de ce Mémoire, en étroite relation avec leurs volumes quand on opère sur des séries : or nous voyons, par le tableau qui précède, qu'en comparant les individus masculins et féminins du *même poids*, on obtient le même résultat que précédemment, c'est-à-dire que le volume du crâne de la femme est très notoirement inférieur à celui de l'homme.

Dans toutes les races humaines, le crâne de la femme est moins volumineux que celui de l'homme, mais le degré d'infériorité varie considérablement d'une race à l'autre. L'étude des graphiques que nous avons construits et des chiffres ayant servi à les obtenir nous a conduit à reconnaître ce fait très-curieux, que les différences qui existent entre les crânes masculins et féminins d'une même race s'accroissent constamment à mesure qu'on s'élève des races inférieures aux races supérieures, en sorte que, au point de vue de la masse du cerveau, *la femme tend à se différencier de plus en plus de l'homme*. L'examen du tableau suivant montre la progression de ces différences :

TABLEAU IV

Comparaison de la capacité moyenné des crânes masculins et féminins dans les races inférieures et supérieures.

Races.	Volume moyen des crânes masculins.	Volume moyen des crânes féminins.	Différence entre la capacité moyenne des crânes des deux sexes.
Parias de l'Inde.	1352	1241	111
Australiens.	1358	1231	127
Polynésiens.	1500	1381	119
Anciens Égyptiens.	1500	1365	135
Mérovingiens.	1537	1372	165
Parisiens modernes.	1559	1357	222

Je n'ai pas voulu trop allonger ce tableau en y faisant figurer tous les chiffres qui justifient le fait qu'à mesure que nous nous élevons dans l'échelle de la civilisation l'homme s'éloigne de plus en plus de la femme. Tous les crânes étudiés jusqu'ici, y compris

ceux que je n'ai pas cités, comme ceux de la Chine, de l'Afrique, de l'âge de la pierre polie, etc., démontrent cette différenciation progressive. Il existe des races, comme les nègres africains, par exemple, dont nous possédons des crânes en nombre tel, qu'il est tout à fait impossible d'attribuer au hasard la minime différence observée entre les cerveaux masculins et féminins des peuples inférieurs.

Bien que variant du simple au double, les différences que présente le tableau qui précède sont encore au-dessous de la réalité, car elles ne portent que sur des moyennes où se trouvent effacés, comme je l'ai dit, tous les cas extrêmes. Pour montrer combien en réalité ces différences sont profondes, il suffit de rappeler que les agglomérations humaines les plus inférieures (Parias et Australiens) ayant une capacité moyenne du crâne masculin d'environ 1552 centimètres cubes, et les agglomérations supérieures (Parisiens) possédant une capacité d'environ 1559 centimètres, ce qui représente seulement un écart de 227 centimètres cubes, la différence existant entre la capacité moyenne du crâne des races humaines les plus élevées et celle des races les moins élevées est à peine égale à celle existant entre la capacité moyenne des crânes des Parisiens et la capacité moyenne des crânes des Parisiennes⁴.

⁴ Jen'ai pas mentionné, comme on l'a vu dans le tableau comparatif des crânes masculins et féminins de diverses races, les crânes allemands dont nous possédons cependant un catalogue assez complet. J'ai montré plus haut que les chiffres donnés dans ce catalogue sont évidemment beaucoup trop faibles et qu'on ne pouvait en faire usage. Les personnes qui voudront répéter les calculs que j'ai effectués sur les crânes de la collection de M. Schaaffhausen trouveront que les différences entre la moyenne des crânes masculins et des crânes féminins est seulement de 153 cent. cubes, mais il est facile de prouver par un raisonnement très-simple que ce chiffre est évidemment trop faible. Nous avons déjà montré que, probablement par suite d'erreurs de mensuration, les capacités indiquées pour tous les crânes de cette collection étaient inférieures à la réalité. Admettons, hypothèse la plus favorable, que l'erreur de mensuration ait été, pour tous les crânes, d'une même fraction de leur volume. Il est évident que cette erreur, qui affecte également le volume de tous ces crânes, affecte très-inégalement leurs différences. Soit à comparer, par exemple, deux crânes ayant l'un 1500 et l'autre 1500 cent. cubes de capacité et présentant par conséquent 200 cent. cubes de différence. Admettons maintenant qu'on ait commis sur chacun d'eux une erreur de $\frac{1}{10}$ de leur volume, et effectuons la correction, leur capacité respective deviendra pour le premier $1500 + 150 = 1450$ et pour le second $1500 + 150 = 1650$. Leur différence de volume est maintenant 220 cent. cubes, au lieu de 200 on voit ainsi que, par le fait seul qu'on a augmenté de $\frac{1}{10}$ de leur volume les deux crânes, on a augmenté leur différence. Il est donc évident que la différence entre les crânes allemands masculins et féminins résultant des documents dont je viens de parler est trop petite. J'admettrais volontiers cependant, ce qui ne fait que confirmer du reste l'explication que je donne des causes de la différence existant entre le volume des crânes de l'homme et de la femme, que dans les pays, comme l'Amérique et l'Allemagne, où les femmes reçoivent une instruction évidemment très-supérieure à celle qui leur est

Cette différenciation progressive de l'homme et de la femme à mesure que nous nous élevons dans l'échelle des races et partant de la civilisation n'a rien qui, psychologiquement, puisse nous surprendre. Dans les races inférieures la supériorité de l'homme sur la femme est fort minime. Elle partage ses travaux, travaille même souvent plus que lui, et la nécessité la rend industrielle. Dans les races tout à fait civilisées, les nations latines notamment, la femme mène une vie très-différente de celle de l'homme. L'éducation qu'elle reçoit n'exerce en aucune façon son intelligence, et tendrait plutôt à la restreindre qu'à la développer. Elle reste donc stationnaire ou décroît alors que, l'homme s'instruisant de plus en plus à chaque génération, les progrès accumulés par l'hérédité finissent par l'éloigner graduellement de la femme dont intellectuellement il s'écartait d'abord fort peu.

Les observations qui précèdent devaient naturellement conduire à ce résultat, que les races où la capacité moyenne des crânes masculins est la plus grande ne devaient nullement être celles où les crânes féminins sont les plus développés. L'examen de la capacité moyenne des crânes des divers races humaines m'a immédiatement permis de vérifier la justesse de cette conception théorique. En classant soigneusement à part les crânes masculins et les crânes féminins, au lieu de les réunir comme le font encore tant d'auteurs, on arrive à ce résultat curieux que les races où les crânes masculins occupent le haut de l'échelle sont précisément souvent celles où les crânes féminins en occupent les derniers échelons. Le tableau suivant, dans lequel les races sont classées par volume crânien moyen, le montre facilement :

TABLEAU V

Capacité moyenne des crânes féminins dans diverses races.

	Capacité moyenne
Crânes féminins de la grotte de Baye (âge de la pierre polie).	1407*
Crânes de Mérovingiennes (environs de Paris, vers le VII ^e siècle).	1383
— de Polynésiennes.	1381
— de Parisiennes.	1337
— de Néo-Calédoniennes.	1330
— de Nègresses	1252

La même classification répétée sur des crânes de mêmes races,

donnée chez les nations latines, l'écart existant entre la capacité du crâne de l'homme et de la femme doit tendre à se réduire. Les chiffres que j'ai cités plus haut représentant la différence existant entre les crânes allemands masculins et féminins tendraient, même en leur faisant subir une correction notable, à confirmer cette hypothèse.

mais appartenant au sexe masculin, donne des résultats forts différents. Les Parisiens y occupent alors le premier rang par le volume de leur crâne. Nous assistons ainsi à ce fait curieux d'une race dont les sujets masculins occupent le rang le plus élevé par le

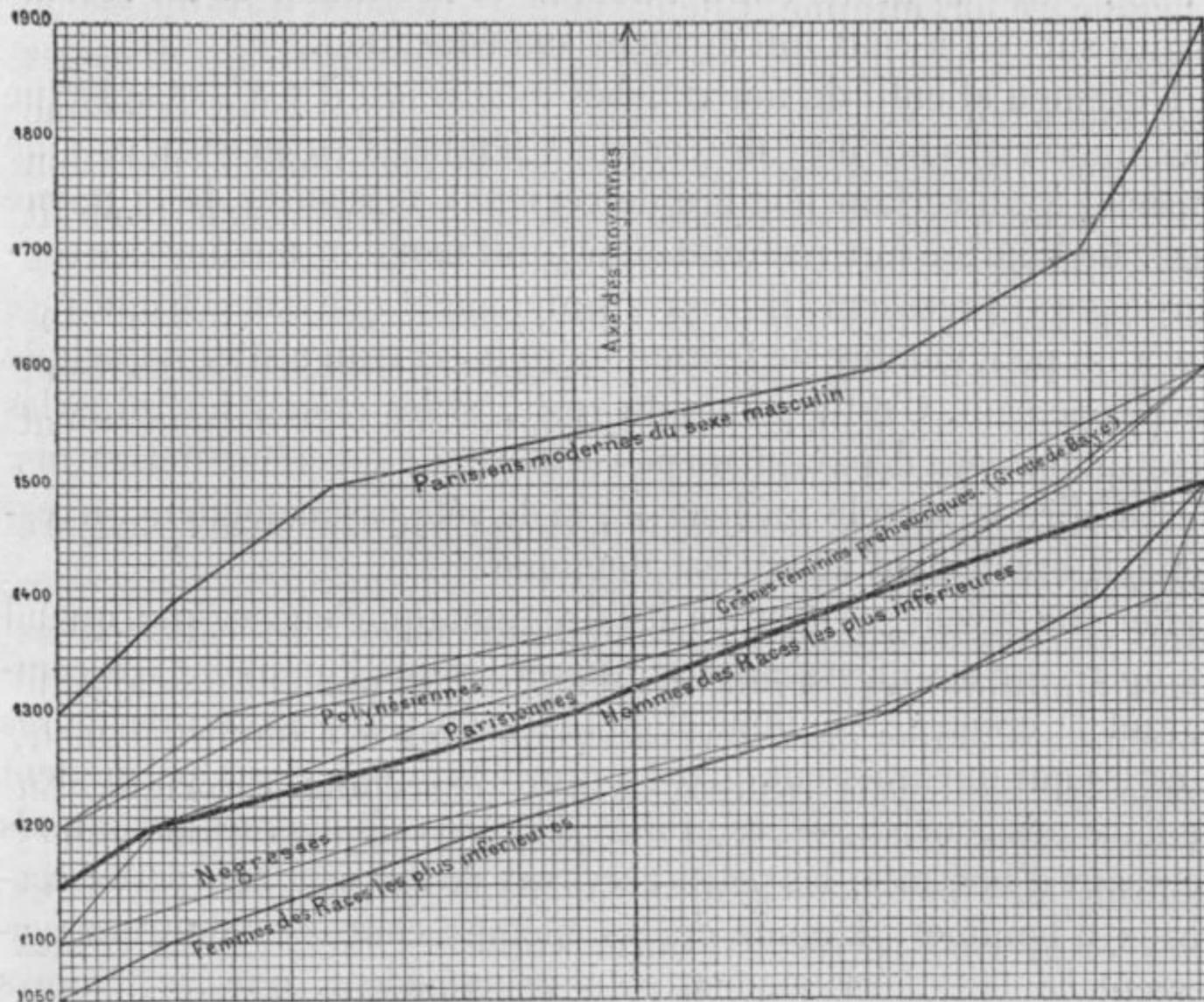


Planche III. — Volume du crâne des femmes de diverses races comparé au volume du crâne des hommes des races les plus élevées et à celui des races les plus inférieures.

L'échelle représente des centimètres cubes de 1050 à 1900^{cc}. 1 centim. = 100 centim. cubes. Ces courbes montrent : 1° les relations existant entre le volume du crâne de l'homme et celui de la femme ; 2° qu'alors que l'écart entre les hommes des races supérieures et celui des races inférieures est très-grand, l'écart entre les femmes des diverses races est très-petit ; 3° que le crâne féminin de l'homme civilisé se rapproche beaucoup plus de celui de l'homme des races inférieures¹ que de celui de l'homme des races supérieures ; 4° que les femmes des races supérieures n'occupent nullement dans l'échelle des races féminines le rang occupé par les individus du sexe masculin des mêmes races.

Les explications qui accompagnent les autres planches, notamment la planche V, donnent toutes les indications nécessaires pour la lecture de ces courbes.

volume de leur cerveau, mais dont les sujets féminins occupent au contraire un des rangs les plus inférieurs. Le crâne des Parisiennes, en effet, se range après celui des crânes féminins des races inférieures où, obligées de partager les travaux de l'homme, la femme est obligée d'exercer fréquemment ses aptitudes.

¹ La courbe du crâne des races inférieures a été construite en réunissant les crânes masculins de toutes les races les plus inférieures : Australiens, Hottentots, Boschimans, etc., que le musée d'Anthropologie contient.

Reproduisant quelques-uns des chiffres de ce travail, publiés en partie dans les comptes rendus de l'Académie des sciences, un savant distingué, M. G. Pouchet, professeur suppléant de Physiologie à la Sorbonne, en recommandait la méditation aux partisans d'une égalité de droits entre l'homme et la femme. Je les recommande surtout à ceux qui dirigent son éducation.

L'examen attentif de nos courbes montre qu'il y a dans chaque race un certain nombre de cerveaux féminins supérieurs comme capacité à un certain nombre de cerveaux masculins de la même race. Ce nombre fort restreint ne saurait modifier aucune des conclusions qui précèdent. Il prouve simplement que dans chaque race il y a un petit nombre de femmes dont le cerveau a atteint quelque développement. C'est à peine, du reste, si les crânes féminins les plus volumineux dépassent un peu la moyenne des crânes masculins, c'est-à-dire la simple médiocrité, si le côté psychologique correspondait exactement au côté anatomique.

Nous ne devons pas omettre de faire remarquer encore que, quand on opère sur des moyennes, les différences que l'on obtient en comparant le crâne de l'homme et de la femme sont encore inférieures à celles qui apparaissent quand on compare — ce que permettent de faire nos courbes — les grands cerveaux de femmes aux grands cerveaux d'hommes, les petits cerveaux de femmes aux petits cerveaux d'hommes. L'étude de ces mêmes courbes montrera également ce fait théoriquement, du reste évident, que les femmes diffèrent beaucoup moins entre elles que les hommes ne diffèrent entre eux, par la capacité de leur cerveau. Elle fera voir aussi que dans les races les plus intelligentes, comme les Parisiens, il y a une notable proportion de la population féminine dont les crânes se rapprochent plus par le volume de ceux des gorilles que des crânes du sexe masculin les plus développés.

Ce ne serait pas le lieu, dans un mémoire consacré uniquement à la démonstration de faits anatomiques, de rechercher si l'infériorité du crâne de la femme, principalement dans les races supérieures, est accompagnée d'une infériorité intellectuelle correspondante. Je me bornerai donc à répondre à cette question en quelques mots. Cette infériorité est trop évidente pour être contestée un instant, et on ne peut guère discuter que sur son degré. Tous les psychologues qui ont étudié l'intelligence des femmes ailleurs que chez les romanciers ou les poètes reconnaissent aujourd'hui qu'elles représentent les formes les plus inférieures de l'évolution

humaine et sont beaucoup plus près des enfants et des sauvages que de l'homme adulte civilisé. Elles ont des premiers la mobilité, et l'inconstance, l'absence de réflexion et de logique, l'incapacité à raisonner ou à se laisser influencer par un raisonnement l'imprévoyance et l'habitude de n'avoir que l'instinct du moment pour guide. On ne citerait pas dans les sciences qui exigent du raisonnement une seule œuvre remarquable produite par une femme, et cependant beaucoup ont reçu une éducation scientifique très-complète. En Amérique seulement, 600 pratiquent la médecine. Ce n'est que dans certains arts qui s'exercent d'une façon inconsciente, comme le chant, la musique, la poésie, etc., et où parfois du reste les peuples primitifs et les sauvages excellent, qu'on les voit à de bien rares intervalles se distinguer.

Ce qui constitue parfois à la femme un avantage sérieux sur l'homme, c'est la possession d'un instinct assez sûr, qui lui fait inconsciemment deviner des choses que ce dernier ne voit souvent que d'une façon confuse par le raisonnement. C'est là une aptitude précieuse, mais possédée également par la plupart des êtres inférieurs. Elle est de même ordre que l'instinct qui dit au singe si l'aliment qu'il tient à la main lui sera utile ou nuisible, à l'abeille quelle est, parmi les formes innombrables qu'elle pourrait donner à son alvéole, celle qui contiendra le plus d'espace avec le moins de dépense de matériaux possible.

On ne saurait nier, sans doute, qu'il existe des femmes fort distinguées, très-supérieures à la moyenne des hommes, mais ce sont là des cas aussi exceptionnels que la naissance d'une monstruosité quelconque, telle, par exemple, qu'un gorille à deux têtes, et par conséquent négligeables entièrement.

Ce qui a fait croire aux poètes et aux romanciers à la supériorité de la femme sur l'homme, c'est uniquement — en dehors, bien entendu, de ses qualités physiques incontestées — l'exagération de ses sentiments. Mais cette exagération même contribue plus encore que l'infériorité de son intelligence à la rapprocher des sauvages et des enfants, et même de mammifères plus inférieurs encore. L'amour maternel, par exemple, est bien autrement développé chez certains singes, tels que la guenon, par exemple, que chez la femme, puisque la première ne survit jamais à la mort de ses petits. Certains oiseaux contractent des unions indissolubles où ils font preuve des sentiments les plus fidèles et les plus tendres, et l'amour éprouvé par la femelle pour son compagnon est si pro-

fond, qu'elle meurt bientôt de douleur quand la mort vient le lui enlever.

Invoquer en faveur du développement intellectuel de la femme le rôle considérable qu'elle joue dans la marche des affaires humaine et le fait qu'elle nous mène souvent à son gré serait oublier que l'homme est bien plus conduit par le sentiment que par la raison, et que c'est précisément parce qu'elle agit exclusivement sur nos sentiments, qui sont du domaine de l'instinct inconscient, qu'elle a souvent autant d'empire sur nous. En dehors des motifs tirés de l'attrait sexuel, qui constitue en réalité leur unique force, l'homme se laisse souvent tyranniser par elles par un sentiment de même ordre que celui qui le fait obéir aux volontés de petits enfants ou de jeunes mammifères, comme les chiens ou les chats, quand ils sont caressants et gracieux.

Ceux qui ont proposé de donner aux femmes une éducation semblable à celle reçue par l'homme ont prouvé combien ils ignoraient la nature de leur esprit. Il serait à désirer sans doute qu'on leur donnât une éducation tout autre que celle qu'elles reçoivent aujourd'hui, et qui augmente par trop la distance qui les éloigne de nous; mais vouloir donner aux deux sexes, comme on commence à le faire en Amérique, la même éducation, et par suite leur proposer les mêmes buts, est une chimère dangereuse qui ne peut avoir pour résultat que de dépouiller la femme de son rôle, l'obliger à entrer en concurrence avec l'homme, et lui ôter tout ce qui constitue sa valeur, son utilité et son charme. Le jour où, méprisant les occupations inférieures que la nature lui a données, la femme quittera son foyer et viendra prendre part à nos luttes, ce jour-là commencera une révolution sociale où disparaîtra tout ce qui constitue aujourd'hui les liens sacrés de la famille et dont l'avenir dira qu'aucune n'a jamais été plus funeste.

§ 2. *Influence de la taille sur le poids du cerveau.*

La première idée qui s'offre à l'esprit quand on étudie les variations si considérables qui existent entre les cerveaux d'un groupe donné d'individus, c'est que ces variations tiennent simplement aux différences de taille existant entre eux. Si nous consultons les anatomistes sur ce point, nous n'y trouverons que des assertions contradictoires. Suivant Cruveilhier « il résulte d'un grand nombre

de faits que le volume et le poids du cerveau sont indépendants de la taille des individus¹ ». Quels sont ces faits, c'est ce que Cruveilhier ne nous dit pas. Quant à Sappey, il se borne à reproduire l'opinion de Parchappe, lequel déclare, d'après des mesures effectuées par lui sur 5 individus grands et sur 5 petits, que le cerveau des sujets de haute taille est de 6 pour 100 supérieur à celui des individus de petite taille. Le poids des 5 hommes grands était de 1,550 grammes, celui des 5 hommes petits de 1254 grammes, différence 76 grammes. Quand on a constaté expérimentalement combien est grand l'écart existant entre des individus de même taille, on comprend que des mesures effectuées sur un aussi petit nombre de sujets sont sans valeur. Il a même fallu à Parchappe un hasard tout à fait heureux pour que ses chiffres ne fussent pas plus éloignés de la vérité qu'ils ne le sont réellement.

Pour être fixé entièrement sur l'influence que peut exercer la taille sur le poids du cerveau, il fallait posséder un grand nombre de pesées de cerveaux de sujets dont on connût la taille. Ces documents n'existant pas dans la science, je ne sais pas comment il m'aurait été possible de résoudre cette question, si M. Broca n'avait eu la gracieuseté de me communiquer les matériaux inédits qu'il réunit depuis 10 ans dans les hôpitaux dont il est le chirurgien. Ces matériaux comprennent des pesées de cerveaux de plusieurs centaines d'individus dont on a pris la taille. Voici de quelle façon j'ai utilisé ces précieux matériaux. J'ai pris au hasard dans les cahiers d'observation les poids du cerveau d'une centaine d'individus² dont la taille était indiquée, puis je les ai ensuite classés par poids croissant en ayant soin de laisser la taille en présence du poids. Le tableau ci-dessous³ et les courbes qui l'accompagnent⁴ donnent le résultat de cette classification.

¹ Cruveilhier, *Anatomie*, 4^e édition, 1871, t. III, p. 440.

² Exactement, 105.

³ Bien que ma série fût composée de 105 cerveaux, j'en ai fait figurer 100 seulement sur ce tableau et sur la courbe pour avoir un nombre rond.

⁴ Les courbes dont j'ai expliqué le principe dans le premier chapitre étant destinées principalement à exprimer des groupements par séries ne pouvaient convenir dans le cas qui nous occupe. Les courbes de la taille et du poids du cerveau ont été construites suivant la méthode ordinaire, trop simple pour nécessiter une explication.

TABLEAU VI

Poids des cerveaux, rangés par progression croissante, de 100 individus avec leur taille.

Taille.	Poids du cerveau.	Taille.	Poids du cerveau.	Taille.	Poids du cerveau.	Taille.	Poids du cerveau.
cent.	gr.	cent.	gr.	cent.	gr.	cent.	gr.
164	940	171	1262	160	1563	174	1458
161	1015	156	1266	171	1564	172	1460
165	1125	175	1268	174	1565	172	1462
166	1158	172	1270	170	1568	178	1475
165	1159	176	1275	168	1575	180	1476
155	1151	182	1296	158	1585	170	1477
170	1167	170	1300	182	1584	167	1478
169	1185	164	1300	166	1585	159	1480
170	1187	158	1301	181	1597	175	1486
148	1191	164	1304	150	1599	175	1494
174	1191	166	1307	171	1402	161	1495
152	1192	172	1310	156	1405	171	1497
166	1196	175	1310	165	1410	179	1500
165	1197	169	1320	169	1410	169	1505
159	1199	170	1325	178	1442	175	1505
155	1202	171	1325	166	1414	162	1510
159	1207	156	1326	157	1414	175	1510
170	1224	168	1328	170	1417	171	1527
169	1250	157	1359	175	1420	175	1559
175	1250	168	1340	170	1424	175	1550
165	1231	170	1345	175	1428	175	1562
172	1257	162	1348	166	1435	164	1597
180	1257	172	1350	171	1455	164	1610
172	1260	158	1357	170	1455	175	1640
160	1260	166	1360	174	1442	166	1675

Avec les chiffres du tableau qui précède on a construit les courbes des tailles et des poids du cerveau de la planche IV. Les points où la courbe des poids coupe une ordonnée quelconque, se trouvant précisément au-dessus des points où la courbe de la taille coupe la même ordonnée, le poids d'un cerveau et la taille de l'individu auquel il appartenait se trouvent sur la même ligne verticale. Si le poids du cerveau croissait en même temps que la taille, les deux courbes seraient parallèles ou tout au moins s'élèveraient en même temps : or leur simple aspect prouve qu'il n'en est rien. Le tableau qui précède montrait déjà du reste que, si la taille a une influence, cette influence est bien cachée, puisque nous voyons des individus de très-grande taille avoir un cerveau beaucoup moins lourd que des individus de petite taille, et des individus de même taille avoir des cerveaux présentant plusieurs centaines de grammes de différence.

Fallait-il conclure de ce qui précède qu'il n'y a, comme l'assure Cruveilhier, aucun rapport entre la taille et le poids du cerveau ?

Évidemment je dus pencher d'abord vers cette hypothèse, mais, ne voulant pas m'arrêter à une conclusion semblable sans avoir analysé plus profondément le problème, je soumis les chiffres qui

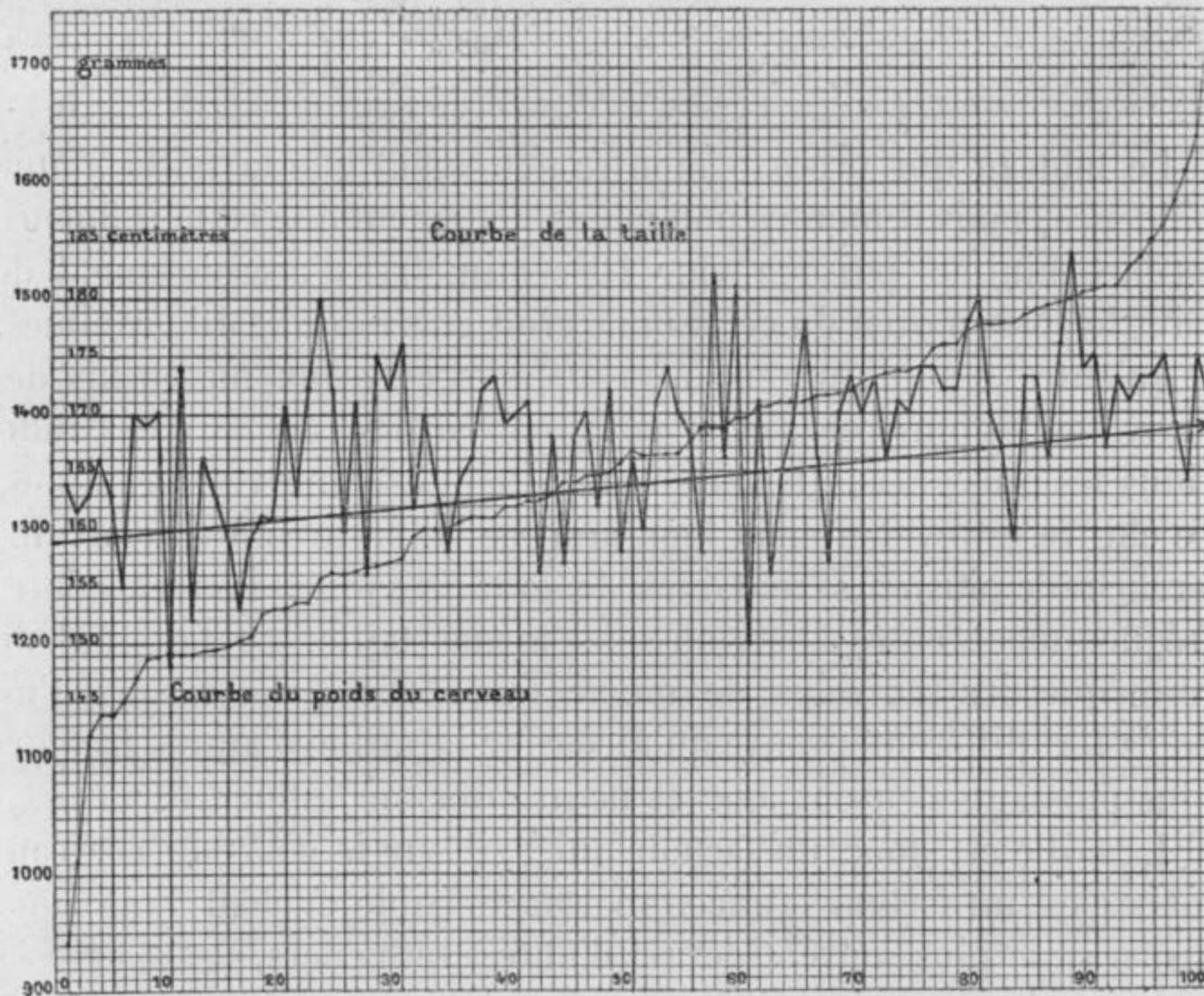


Planche IV. — Minime influence de la taille sur le poids du cerveau et limites de cette influence dans les groupements par série.

La 1^{re} échelle du côté gauche représente des grammes, de 900 à 1750 grammes. 1 millimètre = 10 grammes; 1 centimètre = 100 grammes.

La 2^e échelle du même côté représente des centimètres de taille de 145 à 185 centimètres. 1 millimètre = 1 centimètre. La courbe qui s'élève régulièrement de 940 à 1725 grammes est la courbe des poids des cerveaux rangés d'une façon croissante. La courbe très-irrégulière qui la coupe en un grand nombre de points est la courbe des tailles qu'avaient les individus possesseurs de ces cerveaux. Chaque ligne verticale contient, comme on le voit, deux points, l'un indiquant le poids du cerveau, l'autre la taille correspondante. C'est la réunion de tous ces points par des lignes qui constitue les deux courbes.

L'aspect de ces deux courbes ne semble révéler aucune relation entre le poids du cerveau et la taille, ce n'est que dans des groupements par série qu'on peut faire apparaître l'influence de cette dernière. La ligne horizontale qui coupe obliquement la planche de 1289 à 1387 grammes montre les limites de cette influence, en réalité fort petite.

précédent à un examen plus attentif et fus bientôt convaincu que malgré les apparences il existe une relation réelle entre la taille et le poids du cerveau.

Pour le prouver, reprenons maintenant nos cent cinq cerveaux, groupons ensemble tous les cerveaux d'individus de même taille, et prenons la moyenne du poids de chaque groupe : nous obtiendrons ainsi les chiffres suivants :

TABLEAU VII

Influence de la taille sur le poids du cerveau dans les groupements par séries.

Poids moyen des cerveaux	des sujets de	148 à 158 centim.	. . .	1289 gr.
—	—	158 à 168	—	1528
—	—	168 à 178	—	1575
—	—	178 à 182	—	1587

Le tableau qui précède montre nettement que la taille a une influence, mais il montre non moins nettement que cette influence est fort minime, puisque pour 10 centimètres d'accroissement de taille le poids moyen du cerveau ne croît guère que de 40 grammes, et qu'entre le poids moyen du groupe des cerveaux masculins des individus les plus petits et le poids moyen des cerveaux des individus les plus grands la différence atteint à peine 100 grammes. Ce chiffre est évidemment bien minime, si on le compare aux différences de plusieurs centaines de grammes que l'on rencontre fréquemment entre individus de même taille. Le fait seul du reste que des individus de même taille ont des cerveaux d'un poids fort différent prouve qu'à côté de la taille d'autres facteurs plus puissants peuvent agir et neutraliser son influence.

La taille est donc un facteur qui agit sur le poids du cerveau, mais c'est un facteur d'une importance faible et dont l'influence disparaît le plus souvent devant d'autres influences.

J'ajouterai que les 100 individus dont j'ai comparé la taille avec le poids du cerveau avaient des tailles représentant assez bien celles qu'on observe dans la population. La courbe de leur taille, que j'ai construite suivant ma méthode, s'écarte fort peu en effet de celle que j'ai également construite avec les chiffres de la taille de la population française d'après les documents officiels fournis par les statistiques du recrutement.

§ 3. *Influence du poids du corps sur le poids du cerveau.*

Les rares auteurs qui ont traité des causes qui peuvent faire varier le poids du cerveau ont tout à fait passé sous silence l'influence du poids du corps. Ils ont implicitement admis que, ce poids étant en rapport avec la taille, l'influence de l'un était prouvée quand on connaissait suffisamment l'action de l'autre.

Malheureusement il n'y a pas un rapport constant entre la taille et le poids du corps. Des individus de petite taille ont parfois un poids plus grand que des sujets de haute taille, et il suffit d'exami-

ner les courbes 5 et 4 de la planche I pour se convaincre que même chez des individus du même âge (nouveau-nés) il n'y a pas parallélisme entre l'accroissement du poids et l'accroissement de la taille. Loin de diminuer après la naissance, la divergence ne fait ensuite qu'augmenter. Il est évident en effet que 1 centimètre d'accroissement de taille ne produira pas la même augmentation de poids chez un individu petit que chez un individu grand, par la même raison géométrique qui fait qu'une différence de 1 centimètre d'accroissement du diamètre d'une sphère produira des augmentations de volume fort différentes, suivant le diamètre de cette sphère. En admettant même du reste que tous les individus comparés aient même taille et même poids, un accroissement de 1 centimètre de taille ne produirait chez eux un accroissement équivalent de poids que dans le cas où ils seraient tous du même âge. Les recherches de Quételet ont prouvé en effet que le poids de l'enfant croît comme le cube de sa hauteur, mais qu'aux approches de l'adolescence l'accroissement du poids est une valeur intermédiaire, encore indéterminée, entre la seconde et la troisième puissance de la hauteur.

La détermination exacte de l'influence du poids du corps sur le poids du cerveau restera donc un problème fort délicat tant que, pour le résoudre, nous n'aurons pas en main des mesures nous faisant connaître d'une part le poids d'un grand nombre d'individus, et de l'autre leur capacité crânienne ou le poids de leur cerveau.

En l'absence de ces matériaux qui font entièrement défaut dans la science, nous pouvons cependant prouver par des moyens détournés : d'abord que le poids du corps a sur le poids du cerveau une influence considérable, et ensuite que, quelle que soit l'importance de cette influence, ce n'est pas à elle qu'on peut attribuer les différences de poids du cerveau qu'on observe entre les individus d'une même race.

Pour justifier la première de ces assertions que le poids du corps a une influence notable sur le poids du cerveau, on peut invoquer des raisons théoriques et expérimentales que je vais successivement examiner.

Le cerveau, notamment la masse de fibres blanches qui constitue une grande partie de son volume, n'a pas, comme on le sait, pour uniques fonctions de présider aux phénomènes intellectuels. C'est un centre nerveux en relation plus ou moins directe avec tous les organes, et l'on conçoit que, suivant la masse des organes à

entretenir ou suivant l'activité de ces organes, son volume doit être plus ou moins considérable. C'est pour cette raison que certains mammifères d'un poids très-supérieur à celui de l'homme, comme l'éléphant et le dauphin, possèdent aussi un cerveau d'un poids plus considérable.

Indépendamment de ces considérations, nous pouvons présenter des preuves expérimentales en faveur de la théorie que nous soutenons. Le tableau que nous avons publié plus haut, formé avec le poids d'environ 50 nouveau-nés dont la circonférence du crâne était connue, prouve en effet que la circonférence moyenne de la tête, et par conséquent, comme nous l'avons dit, le poids du cerveau, croissaient avec le poids du corps d'une façon rapide.

Des preuves expérimentales d'un autre ordre viennent encore démontrer l'influence du poids du corps sur le poids du cerveau. Le lecteur qui voudra prendre la peine de calquer la courbe n° 2 de la planche VII qui représente les diverses circonférences de la tête de 1000 Parisiens modernes adultes, et de la superposer sur la courbe n° 4 de la planche I qui représente les poids du corps de 1000 nouveau-nés, verra que ces deux courbes coïncident d'une façon remarquable dans la plus grande partie de leur parcours, ce qui semble bien démontrer que les différences de volume du crâne, et par conséquent de poids du cerveau, sont bien en partie le résultat des différences de poids du corps.

Quelles sont les extrêmes limites de cette influence? C'est ce qui, comme je l'ai dit plus haut, ne peut être déterminé encore, faute d'éléments suffisants; mais nous en savons assez pour prouver rigoureusement que ce ne sont nullement les variations de poids du corps qui produisent les différences considérables de poids du cerveau qu'on observe entre les individus de sexes différents, entre individus de même sexe et de même race, et enfin entre individus de races différentes.

En ce qui concerne les individus de différents sexes, nous en avons donné plus haut la preuve bien évidente. Nous avons vu, en effet, que chez les individus féminins et masculins *de même poids, de même âge et de même taille*, il y avait une différence considérable au profit de l'homme dans le volume du crâne et par conséquent que le sexe avait une influence considérable.

En ce qui concerne les individus de même sexe et de même race ou de races différentes, la preuve que les variations de poids du

corps ne sont pas le principal facteur des différences du poids du cerveau est donnée d'une façon péremptoire par le simple aspect de nos diverses courbes ou des chiffres qui ont servi à les construire. Les races inférieures, comme les nègres, par exemple, n'ont assurément pas en effet le corps moins lourd que celui des races supérieures, et cependant nous voyons (planche V, par exemple) que leur crâne est constamment moins volumineux et d'autant moins volumineux que l'on descend dans l'échelle des races. Nous voyons, en outre (courbe 1 de la planche VII), que dans la même race les volumes du crâne sont très-différents suivant l'état intellectuel des individus de cette race : or, comme il est évident que les individus d'intelligence inférieure adonnés généralement à des travaux manuels qui fortifient le corps ne sont pas d'un poids moindre que les individus d'intelligence plus développée, il en résulte que ce ne sont pas les variations de poids du corps qui pourraient produire les différences crâniennes constatées.

Nous pouvons donc répéter comme conclusion que le poids du corps a vraisemblablement une influence notable sur le poids du cerveau, mais que ce n'est certainement pas à cette influence que nous devons attribuer les différences profondes que nous observons entre individus de sexes différents, entre individus de même sexe et de même race, et enfin entre individus de races différentes.

§ 4. *Influence de l'âge.*

En groupant des chiffres empruntés à Wagner, M. Broca a montré que l'âge avait une certaine influence sur le poids du cerveau. Ce dernier irait en augmentant de poids de 20 à 40 ans, resterait stationnaire ensuite jusqu'à 50 ans et diminuerait alors constamment. L'écart maximum entre la moyenne des cerveaux les plus lourds, c'est-à-dire ceux des individus de 40 ans, et les cerveaux les moins lourds, c'est-à-dire ceux des sujets de 60 ans et au delà, ne serait que de 84 grammes, c'est-à-dire inférieur encore à celle que j'ai reconnue être déterminée par la taille. Bien que l'âge ait une influence, cette influence est, comme on le voit, bien minime en présence des différences de 6 à 700 gr. observées entre les cerveaux des individus d'une même race.

Le cerveau ne pouvant s'agrandir qu'à condition que la boîte osseuse qui le contient puisse elle-même se développer et le cerveau semblant s'accroître jusqu'à 40 ans, il faut bien admettre que

le crâne continue à se développer jusqu'à cette période de la vie. On a autrefois objecté à cet accroissement que des Anglais allant dans l'Inde faisaient venir leurs chapeaux d'Angleterre et ne changeaient pas leur mesure pendant plusieurs années, mais à cela on peut répondre que les Anglais qui vont dans cette colonie n'y restent généralement pas bien longtemps, et que le nombre de ceux qui se fournissent directement en Angleterre, au lieu de s'adresser aux fournisseurs anglais résidant dans l'Inde, doit être trop minime pour qu'on puisse sur des données si vagues asseoir des conclusions sérieuses. Des renseignements que j'ai pris auprès de plusieurs chapeliers m'ont prouvé, au contraire, que des mesures qui convenaient pendant un certain temps à un individu pouvaient ne plus lui convenir ensuite. Je connais un chapelier qui a constaté sur lui-même que de 25 à 50 ans sa tête avait gagné 2 centimètres de circonférence.

§ 5. *Influence de la race et du degré de la civilisation.*

Si, comme nous nous proposons de le prouver, les inégalités du développement du cerveau qu'on observe entre les hommes tiennent surtout aux inégalités des sentiments et de l'intelligence, nous devons nous attendre à trouver des différences considérables non-seulement entre les diverses races, mais encore entre les individus d'une même race, à mesure qu'elle se civilise. L'observation prouve qu'il en est ainsi, et que ces différences apparaissent nettement, alors même qu'on se borne à comparer des moyennes qui effacent, comme nous le savons, les inégalités extrêmes. Mais c'est surtout quand on groupe en séries les volumes du crâne et qu'on recherche combien, dans chaque race, il y a de crânes appartenant à chacune de ces séries, qu'on voit se manifester les différences que nous signalons et qui apparaissent incomplètement quand on se borne à comparer des moyennes.

Les chiffres du tableau suivant et les courbes qu'ils ont servi à construire montrent bien clairement ces différences et prouvent que ce qui constitue la supériorité d'une race sur une autre, ce n'est pas seulement une supériorité plus ou moins grande dans la capacité moyenne de son crâne, mais bien le nombre plus ou moins grand de crânes volumineux que la race élevée contient. En examinant les races inférieures, on voit que leurs crânes les plus volumineux ne dépassent jamais un certain chiffre. En

réunissant les Australiens et les Parias, on n'y trouve pas un seul individu dont le crâne dépasse 1510 centimètres cubes. En réunissant tous les crânes connus des races inférieures (nègres, Boschimans, Australiens, Parias, etc.), je n'y ai pas rencontré un seul crâne dont la capacité fût comprise entre 17 et 1800 centimètres cubes, tandis qu'il y en a 11 pour 100 chez les Parisiens modernes qui sont compris dans ces limites. Alors que la différence de la capacité moyenne du crâne entre les races les plus élevées et les moins élevées ne dépasse guère 200 centimètres cubes, la différence entre les plus gros crânes des races supérieures et les plus gros crânes des races inférieures atteint 400 centimètres cubes.

TABLEAU VIII

*Volume du crâne dans les races humaines*¹.

Capacité crânienne. cent. cubes.	Parisiens modernes.	Parisiens du xii ^e siècle.	Anciens Égyptiens.	Nègres.	Australiens.
1200 à 1500.	0,0	0,0	0,0	7,4	45,0
1500 à 1400.	10,4	7,5	12,1	55,2	25,0
1400 à 1500.	14,5	57,5	42,5	55,4	20,0
1500 à 1600.	46,7	29,8	36,4	14,7	10,0
1600 à 1700.	16,9	20,9	9,0	9,5	0,0
1700 à 1800.	6,5	4,5	0,0	0,0	0,0
1800 à 1900.	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>

Ces différences de plusieurs centaines de centimètres cubes entre les plus grands crânes des races supérieures et les plus grands crânes des races inférieures sont d'une importance capitale, et j'y insiste. Elles constituent, en effet, un véritable abîme que rien ne saurait combler. Si on admet, comme je le démontrerai bientôt, que les gros cerveaux appartiennent généralement aux hommes distingués, on reconnaîtra facilement, je pense, qu'une race qui contiendrait seulement 5 pour 100 d'hommes distingués et une moyenne médiocre serait très-supérieure à une race ayant une moyenne plus élevée, mais ne possédant pas un seul homme distingué. En réfléchissant à l'importance des découvertes scientifiques et industrielles, que seuls les hommes supérieurs peuvent produire, personne ne contestera, je crois,

¹ Tous les crânes qui ont servi à construire ce tableau proviennent des collections du musée d'Anthropologie, sauf une partie des nègres qui appartiennent au Museum et une partie des Australiens qui provient d'une collection étrangère mesurée pendant l'Exposition par l'intelligent préparateur du laboratoire d'Anthropologie, M. le docteur Callamand.

cette assertion, et chacun admettra volontiers avec M. Broca que, « s'il y avait dans chaque siècle dix hommes comme Newton, notre civilisation grandirait en proportion de l'accroissement des sciences ». Une race qui se composerait, par exemple, d'individus ayant tous 1500 centimètres cubes de volume du crâne,

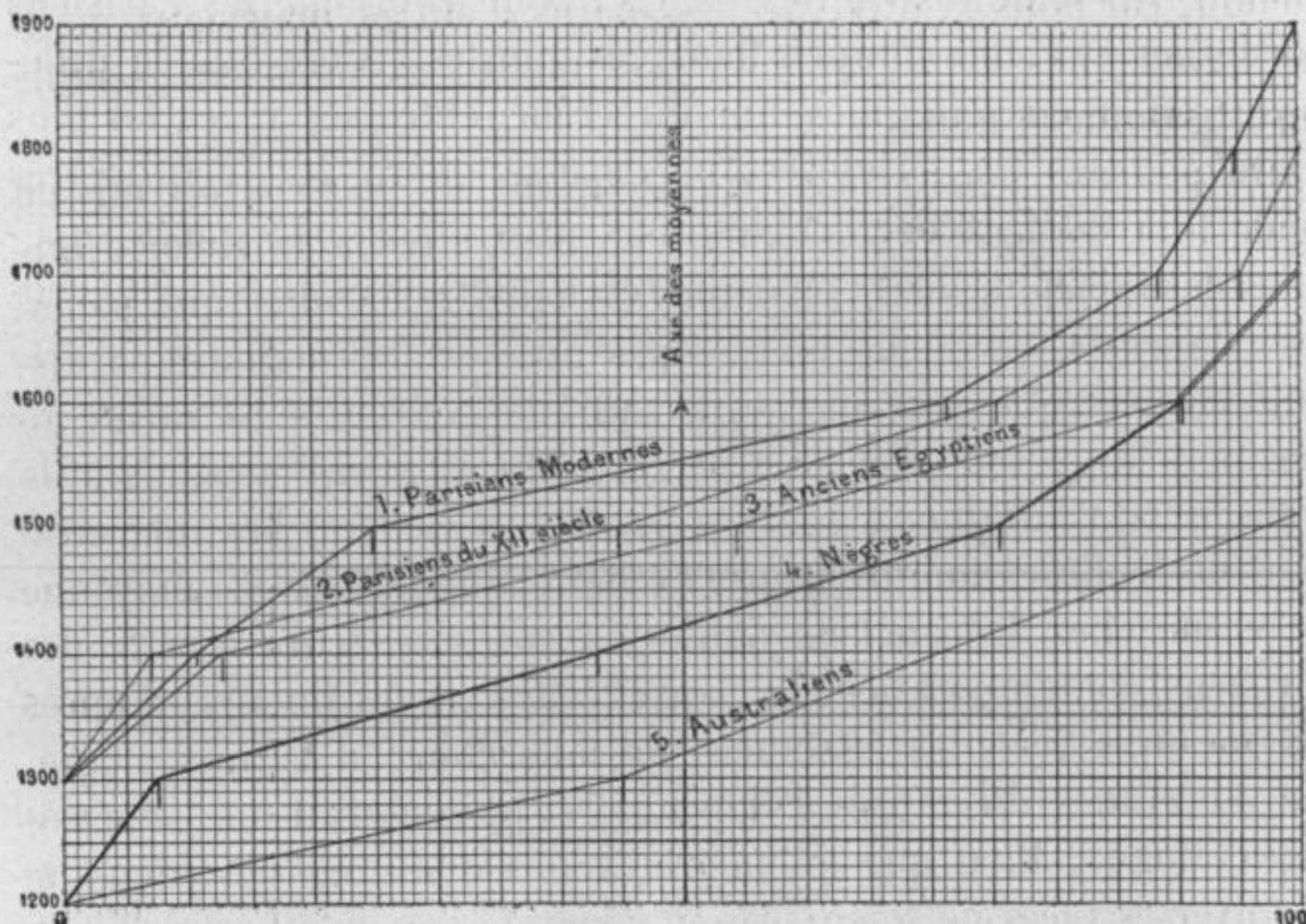


Planche V. — Courbes montrant le développement progressif du volume du crâne dans les races humaines et prouvant qu'il y a un grand nombre d'hommes plus rapprochés des singes par le volume de leur crâne qu'ils ne le sont d'autres hommes.

L'échelle placée du côté gauche est l'échelle des volumes de 1200 à 1900 centimètres cubes. 1 millimètre = 10 centimètres cubes; 1 centimètre = 100 centimètres cubes.

Il suffit de compter combien de millimètres sont compris horizontalement entre les points où la courbe coupe les lignes horizontales correspondant au niveau des chiffres écrits en marge pour savoir combien sur 100 sujets il y en a d'une capacité crânienne donnée. Soit, par exemple, à savoir combien sur 100 crânes parisiens modernes il y a de crânes de 1800 à 1900 centimètres cubes. On voit immédiatement qu'entre les points où la courbe coupe les deux horizontales correspondant aux chiffres 1800 et 1900 il y a 5^{mm},2. Ce nombre représente le chiffre cherché.

serait évidemment très-inférieure à une race dont 90 individus sur 100 auraient seulement 1400 centimètres cubes de volume, mais dont 10 pour 100 auraient une capacité de 1700 centimètres cubes. En se bornant, comme on le fait habituellement, à ne comparer entre elles que des moyennes, on déclarerait, au contraire, la première très-supérieure à la seconde. La moyenne de la première serait, en effet, de 1500 centimètres cubes, et celle de la seconde, de 1450 centimètres cubes seulement.

Il est visible que le tableau de l'état du développement du crâne

dans les races humaines que j'ai donné plus haut, et où ne figurent pas plusieurs races importantes, ne saurait avoir la prétention d'être complet. Il ne constitue qu'une sorte de canevas dont il serait difficile, dans l'état actuel de la science, de vouloir arrêter plus nettement les contours. Nous pouvions le faire plus étendu, car nous avons entre les mains d'autres matériaux, nous ne l'avons pas tenté parce que ces matériaux nous ont semblé insuffisamment nombreux.

On pourrait nous reprocher, cependant, de ne pas avoir mis en égale lumière les faits favorables ou contraires à la théorie que nous défendons, si nous omettions de faire remarquer que parmi les matériaux que nous n'avons pas utilisés il s'en trouve paraissant prouver que certaines races qui ne peuvent être mises au premiers degrés de l'échelle de la civilisation ont cependant le crâne plus volumineux que des races supérieures. Les mensurations de M. Broca montrent, par exemple, que la capacité moyenne du crâne chez les anciens Gaulois serait supérieure à celle des Parisiens contemporains. La capacité des crânes finnois, d'après des mesures récentes effectuées au laboratoire d'Anthropologie, sur 41 crânes du musée d'Helsingfors, présenterait une supériorité analogue. Bien que les mensurations que nous possédons de ces diverses races ne soient pas en général assez nombreuses pour que nous puissions tirer de leur étude des conclusions bien précises, j'admettrai très-volontiers, cependant, cette supériorité crânienne dont l'explication me paraît du reste facile. Les races que je viens de mentionner étaient ou sont moins civilisées sans doute que les Parisiens modernes, mais elles n'en ont pas moins joué un rôle considérable dans l'histoire, et s'il fallait établir un parallèle entre un de ces fiers guerriers gaulois, qui firent pendant si longtemps trembler Rome¹, et le Parisien moderne, représenté par un commis à son bureau, ou un ouvrier dans son usine, je ne sais pas trop en faveur de qui la balance pourrait pencher. Il faut considérer, du reste, et ceci est un point important, que le développe-

¹ Les Romains avaient conservé un si terrible souvenir des luttes qu'ils avaient eues à soutenir contre les Gaulois, que dans la loi qui accordait l'immunité de service militaire aux prêtres et aux vieillards il était stipulé que cette immunité cesserait lors d'une guerre contre ce peuple. « Au moment où finissait la guerre de Jugurtha (104 ans av. J.-C.), dit Salluste, Quintus Cæpio et Cneius Mallius furent battus par les Gaulois. Ce revers fit trembler toute l'Italie, car les Romains d'alors comme ceux d'aujourd'hui disaient que tout était facile à leur courage, mais que, quand ils avaient affaire aux Gaulois, ils combattaient non pas pour la gloire, mais pour leur salut. »

ment du cerveau n'est pas en rapport seulement avec l'état de l'intelligence. Il l'est aussi avec le développement des sentiments, et nous comprendrons facilement dès lors qu'une race chez laquelle l'énergie, la vaillance, l'esprit d'initiative et d'indépendance, sont hautement développés, puisse avoir le crâne plus

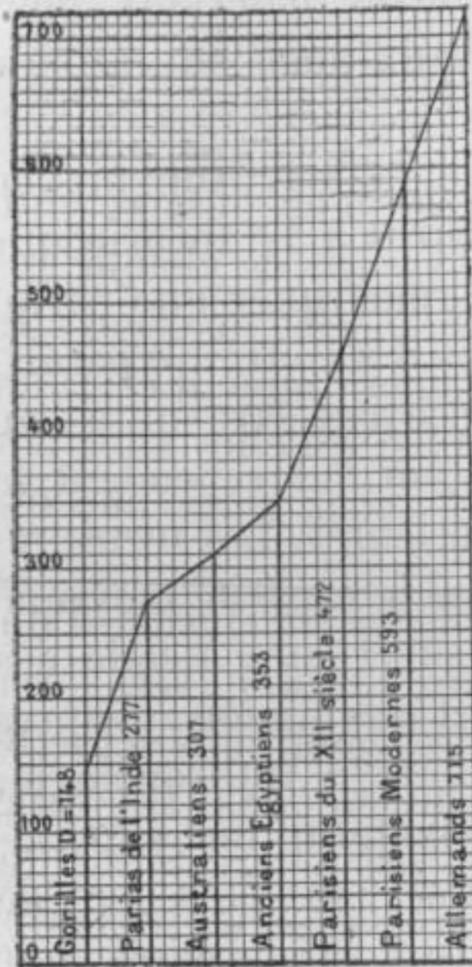


Planche VI. — Augmentation de l'écart qu'on observe entre les crânes les moins volumineux et les plus volumineux de chaque race, à mesure qu'on s'élève dans l'échelle des races et à mesure que la même race se civilise.

L'échelle inscrite en marge représente des centimètres cubes. 1 millimètre = 10 centimètres cubes ; 1 centimètre = 100 centimètres cubes.

Les chiffres inscrits parallèlement à chaque ligne verticale indiquent les plus grandes différences de capacité crânienne qu'on observe dans chaque race. Les hauteurs des lignes verticales sont proportionnelles à ces différences.

ment la proposition qui vient d'être énoncée.

vaste qu'une autre race plus intelligente peut-être, mais possédant ces sentiments à un degré beaucoup plus faible.

L'étude des courbes des planches V et VI ne nous signale pas seulement le sens véritable des différences réelles qui existent entre les hommes. Elles mettent en évidence ce fait d'une importance considérable et qui n'avait pas encore été, je crois, signalé : c'est que les différences existant entre les crânes des individus d'une même race sont d'autant plus grandes que la race est plus élevée dans l'échelle de la civilisation. Il suffirait pour montrer, à défaut d'autres preuves, que ce n'est ni à la taille, ni au poids, ni à l'âge, qu'il faut attribuer les différences de volume du crâne, ou, ce qui revient au même, de poids du cerveau existant entre les hommes.

Après avoir groupé les crânes des sujets masculins de diverses races, en ayant soin de n'établir de comparaison que sur des séries assez nombreuses pour que les termes en soient reliés d'une façon graduelle, j'ai pu construire le tableau suivant qui prouve nettement

TABLEAU IX

Différences entre les crânes les moins gros et les plus volumineux de chaque race.

Chez les gorilles ¹	199 cent. cubes.
Chez les Parias de l'Inde ²	277 —
Chez les Australiens ³	507 —
Chez les anciens Égyptiens	555 —
Chez les Parisiens du xiii ^e siècle.	472 —
Chez les Parisiens modernes.	595 —
Chez les Allemands modernes ⁴	715 —

On voit par ce tableau que les différences qu'on observe entre les crânes les plus gros et les crânes les plus petits de chaque race s'élèvent chez les races supérieures à plus du double de ce qu'elles sont chez les races inférieures. Elles vont constamment croissant à mesure que la race se civilise, et c'est ainsi qu'elles sont plus grandes chez les Parisiens de nos jours que chez leurs ancêtres d'il y a six cents ans.

Ce fait très-important nous conduit à cette conclusion d'une importance également très-grande, que, loin de tendre vers l'égalité, les hommes tendent au contraire, les conditions actuelles subsistant toujours, à se différencier de plus en plus. Les différences de 600 et 700 centimètres cubes de capacité crânienne que nous observons entre les individus des races supérieures, différences qui seraient plus considérables encore, si l'on comparait les hommes des diverses races réunies ensemble, sont véritablement immenses et apparaissent plus immenses encore quand on réfléchit que, le volume du crâne atteignant souvent 600 centimètres cubes chez le gorille, il s'ensuit qu'il y a un grand nombre d'hommes plus rapprochés des singes anthropoïdes par le volume de leur cerveau qu'ils ne le sont d'autres d'hommes. C'est là un résultat

¹ D'après les cubages du docteur Topinard.

² D'après des cubages récemment effectués au laboratoire d'Anthropologie sur une série de crânes parias de l'Exposition d'anthropologie. Les individus désignés sous ce nom représentent les couches sociales les plus intérieures de l'Inde.

³ D'après les cubages de la série de M. Broca, à laquelle j'ai joint les crânes australiens envoyés à l'Exposition et cubés par M. Callamand.

⁴ D'après la collection (*Die anthropologischen Sammlungen Deutschlands*) de M. Schaaffhausen, dont j'ai éliminé le plus gros crâne et le plus petit crâne qui ne se rattachaient pas au reste de la série par des transitions graduelles. Les critiques que j'ai appliquées aux numérations de cette série n'enlèvent pas leur valeur aux différences de capacité crânienne qu'elle présente, puisque les corrections qu'on pourrait leur faire subir ne pourraient que les augmenter, ainsi que je l'ai montré dans une précédente note. Si je n'avais pas, pour la raison que je viens de dire, éliminé le plus gros crâne et le plus petit crâne de la série, la différence se fût élevée à 895 cc.

Tous les autres crânes des collections qui ont servi à former ce tableau ont été cubés par M. Broca et font partie du musée d'Anthropologie.

que n'aurait jamais pu faire prévoir l'étude comparative des moyennes.

Si nous avons à traiter ici des questions de classification des espèces vivantes, il y aurait d'intéressantes déductions à tirer de ce qui précède. La plupart des anatomistes admettent aujourd'hui que les plus grandes différences qui séparent l'homme des singes anthropoïdes portent principalement sur la différence du volume de leurs cerveaux; mais, puisqu'il y a entre les cerveaux des divers hommes des différences de volume plus grandes que celles qui séparent du gorille les hommes les plus inférieurs, nous nous trouvons enfermés dans le dilemme suivant : ou bien les distinctions tirées du volume du cerveau ne sont pas suffisantes pour justifier la séparation qu'on établit entre l'homme et le singe, et alors il faut reconnaître leur étroite parenté; ou bien elles sont suffisantes, et alors, les différences qui séparent les hommes entre eux étant plus grandes que les différences qui les séparent du gorille, il faudrait admettre que certaines races humaines devraient perdre le nom d'hommes et ne plus être considérées que comme des espèces animales formant des échelons intermédiaires entre le singe anthropoïde et l'individu civilisé arrivé au plus haut point de son développement.

Laissant de côté ces aperçus dont le développement nous entraînerait trop loin et revenant aux faits précédemment énoncés, que les inégalités cérébrales existantes entre les hommes tendent constamment à s'accroître au lieu de diminuer, je ferai remarquer que ce fait anatomique n'a rien au point de vue psychologique qui puisse surprendre, et qu'il est facile de comprendre que, si l'égalité intellectuelle est possible entre individus inférieurs, elle devient de plus en plus impossible à mesure qu'on s'élève dans l'échelle des races. Prenons, je suppose, un paysan moderne, ne sachant ni lire ni écrire, n'étant jamais sorti de sa campagne, ne possédant que quelques centaines de mots dans son vocabulaire¹ et ayant eu des parents semblables à lui. En quoi, je le demande, peut-on dire qu'il est supérieur à ses ancêtres de l'âge de la pierre taillée, qui étaient assurément obligés de dé-

¹ Le paysan anglais, suivant Müller, n'a que 500 mots dans son vocabulaire. Pour comprendre tous les mots du livre le plus simple, comme la Bible, il faut en connaître cinq mille; pour lire Shakespeare, ou un poète comme Milton, il faut en connaître huit mille. Inutile d'ajouter que le savant est obligé d'en connaître une quantité bien autrement considérable.

ployer plus de ressources intellectuelles que lui pour vivre? Évidemment il n'y a aucune raison pour que son cerveau ait progressé depuis des siècles. Il est donc resté tout au plus stationnaire, et, comme l'homme instruit se perfectionne constamment et lègue à sa descendance les perfectionnements graduellement acquis, il en résulte que l'écart entre les premiers et les seconds va constamment croissant. A défaut même des preuves anatomiques précédemment signalées, nous aurions pu arriver à la conclusion déjà énoncée, que, *loin de tendre vers l'égalité, les individus de même race tendent chez les nations civilisées à se différencier de plus en plus.*

Le fait signalé plus haut que l'écart entre les crânes parisiens modernes est notablement plus grand qu'il ne l'était il y a six cents ans est un des exemples les plus probants que l'on puisse citer à l'appui de la différenciation progressive des individus d'une même race. Les mensurations d'où j'ai tiré cette conclusion ont été effectuées sur deux collections que possède le musée d'Anthropologie de Paris, et constituées, l'une par des crânes provenant d'un cimetière parisien antérieur au douzième siècle, l'autre par des crânes d'un cimetière moderne. La première contenait soixante-sept crânes masculins; la seconde, soixante-dix-sept du même sexe. Les courbes des planches V et VI et les chiffres donnés dans un tableau précédent montrent le volume du crâne gagné par les Parisiens depuis six cents ans. On y voit que les crânes parisiens modernes les plus nombreux sont compris entre 1500 et 1600 centimètres cubes de capacité, alors qu'au douzième siècle les plus nombreux étaient compris entre 1400 et 1500 centimètres cubes. On y voit aussi que dans les crânes parisiens modernes il y en a 5 pour 100 compris entre 1800 et 1900 centimètres cubes de volume, alors qu'au douzième siècle on n'en rencontre pas un seul qui atteigne ce chiffre.

§ 6. *Rapports entre le volume du cerveau et l'état de l'intelligence.*

Les opinions les plus contradictoires ont régné dans la science sur le rapport existant entre le poids du cerveau et l'état de l'intelligence. Aristote était persuadé que dans le règne animal l'homme est celui qui a la plus petite tête relativement au poids

du corps; il assurait aussi que, dans notre espèce, ce sont les individus à grosse tête qui sont les moins intelligents.

Malgré l'autorité de l'illustre philosophe, de telles idées étaient trop notoirement erronées pour avoir pu subsister longtemps, et depuis Galien la presque totalité des observateurs sont d'accord pour reconnaître les rapports existant entre le développement du crâne et l'état de l'intelligence. Il suffisait, du reste, de quelques observations pour reconnaître qu'à mesure qu'on descend dans l'échelle des êtres vivants les capacités du crâne deviennent de plus en plus petites. Les chiffres publiés par divers auteurs depuis Cuvier, et qui figurent dans tous les traités d'anatomie, ne laissent aucun doute sur ce point. De 1500 centimètres cubes environ chez l'Européen, la capacité moyenne crânienne descend à 550 centimètres cubes chez le gorille, à 500 chez le lion, à 150 chez le bœuf, etc.

En ce qui concerne les rapports existant entre le développement du cerveau et l'état de l'intelligence considérée, non plus dans les diverses espèces, mais uniquement dans la race humaine, les auteurs ont énoncé, depuis le commencement de ce siècle, des opinions fort différentes. Gall admettait comme un principe absolu que ce n'est que dans une tête de dimension considérable que peut loger un génie distingué, et qu'au-dessous d'un certain volume de crâne on ne rencontre que des idiots. Parchappe, au contraire, victime d'erreurs de calculs signalées par Broca et qui lui font tirer de ses chiffres des conclusions tout à fait contraires à celles qu'ils prouvent, admettait que, parmi les causes qui font varier le volume de la tête, « la plus faible est le développement de l'intelligence. » Gratiolet soutenait aussi une opinion analogue.

Le seul moyen d'être entièrement fixé sur la valeur de ces assertions contradictoires était d'avoir recours à des mensurations précises et nombreuses. Effectuées depuis un certain nombre d'années par les anthropologistes, elles ont éclairé d'une vive lueur cette question. Puisque, en effet, des mensurations fort nombreuses prouvent que les races humaines les plus intelligentes ont le crâne volumineux, et que les races les moins intelligentes ont au contraire une capacité crânienne très-faible, il est évident qu'il y a une relation certaine entre le volume du crâne et le développement de l'intelligence. Les tableaux du développement du volume du crâne dans les diverses races humaines que nous avons donnés plus haut prouvent l'exactitude de ce qui précède.

Pour rendre cette relation plus évidente encore, j'ai pensé que

la meilleure méthode consisterait à rechercher si les individus d'une même race présentant des différences intellectuelles évidentes ne présenteraient pas aussi des différences de capacité crânienne considérables. Parchappe et Broca avaient déjà effectué ces comparaisons sur des têtes de lettrés et d'ignorants, et reconnu que la circonférence crânienne des premiers l'emportait sur celle des seconds; mais, exécutées sur un nombre restreint d'individus, ces mensurations n'échappaient pas aux critiques que l'on peut adresser à toutes les recherches effectuées sur des séries trop peu nombreuses pour qu'on puisse être certain d'avoir éliminé l'influence des cas exceptionnels. Ces critiques seraient d'autant plus fondées que des individus possédant des circonférences de tête absolument égales peuvent — comme nous le verrons dans un prochain chapitre — présenter des différences de plus de 200 centimètres cubes dans le volume de leur crâne. Je montrerai, dans le même chapitre, comment et pourquoi ces différences s'effacent quand, au lieu d'opérer sur un petit nombre d'individus, on agit sur un très-grand nombre, et qu'il existe réellement alors une relation étroite entre la circonférence du crâne et son volume.

Pour former des séries de mensurations nombreuses, je pensai que le meilleur moyen serait de m'adresser à une catégorie d'industriels, les chapeliers, qui, par profession, sont obligés de mesurer la circonférence de la tête d'un grand nombre de personnes, et de pratiquer cette opération avec exactitude, puisque de cette exactitude seule dépend l'acceptation de leur marchandise. Après quelques recherches, je finis par en trouver un, intelligent et fort achalandé, tenant d'une façon très-exacte des registres à souche, sur lesquels étaient inscrits les noms de ses clients, leur profession et la mesure de leur tête. Cette mesure était exprimée en unités particulières, spéciales au commerce de la chapellerie, mais qui, par une opération très-simple que je discuterai, du reste, dans un prochain chapitre, pouvaient être exactement converties en centimètres de circonférence.

Ces registres ayant été mis à ma disposition, je me suis livré au long travail de dépouiller, calculer et classer méthodiquement, suivant les professions, les circonférences de la tête d'environ 1200 individus répartis dans les catégories suivantes : savants et lettrés, bourgeois parisiens, nobles d'anciennes familles, domestiques. Avec ces éléments, j'ai construit le tableau suivant, qui lui-même a servi à établir les courbes de la planche VII.

TABLEAU X

Comparaison du développement de la tête dans les diverses catégories sociales d'un même peuple.

Circonférence de la tête en centimètres.	Savants et lettrés.	Bourgeois parisiens.	Nobles d'anciennes familles.	Domestiques parisiens.
52 à 53 cent.	0,0	0,6	0,0	1,8
53 à 54	2,0	1,9	5,7	5,4
54 à 55	4,0	6,2	9,2	5,4
55 à 56	6,0	14,0	12,8	55,9
56 à 57	18,0	24,5	28,5	42,8
57 à 58	50,0	24,5	22,0	10,7
58 à 59	18,0	14,9	12,8	0,0
59 à 60	8,0	7,6	8,5	0,0
60 à 61	6,0	5,5	1,8	0,0
61 à 62	2,0	1,8	0,0	0,0
62 à 62,5	0,0	0,7	0,9	0,0
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>

On remarquera qu'au-dessous de la courbe des domestiques parisiens de la planche VII se trouve une courbe de la circonférence crânienne des paysans, dont les éléments ne se trouvent pas dans le tableau qui précède. N'ayant pas réussi à me procurer en province des documents semblables à ceux que j'ai obtenus pour Paris, j'ai pu cependant savoir entre quelles limites habituelles étaient comprises les têtes des paysans de la Beauce, province où j'ai effectué mes recherches. J'ai réuni ces deux limites par une ligne que j'ai laissée libre à ses extrémités pour les valeurs inconnues de quelques crânes très-grands et très-petits qui se trouvent habituellement dans chaque série.

Examinons maintenant ces courbes et voyons les conclusions que nous pouvons tirer de leur étude. Les différences qu'elles mettent en évidence sont tout à fait frappantes et bien plus claires que celles qui ressortent de l'examen des chiffres ayant servi à les construire. Nous y voyons, conformément à la théorie, que les individus qui exercent le plus leur cerveau : savants et lettrés, sont ceux qui possèdent également le plus de têtes volumineuses, alors que les personnes qui l'exercent le moins : domestiques et paysans, présentent, au contraire, le plus grand nombre de petites têtes.

Contrairement à ce que l'on pourrait supposer tout d'abord, la courbe des têtes de sujets appartenant par leurs noms à la plus ancienne noblesse est un peu inférieure à celle de la bourgeoisie parisienne, mais en y réfléchissant on comprend cette différence. Les têtes de bourgeois ont été prises dans le quartier le plus riche de Paris et par conséquent appartiennent généralement aux classes

les plus éclairées de la bourgeoisie, à celles qui se sont le plus élevées par leur travail et qui représentent en réalité aujourd'hui, après

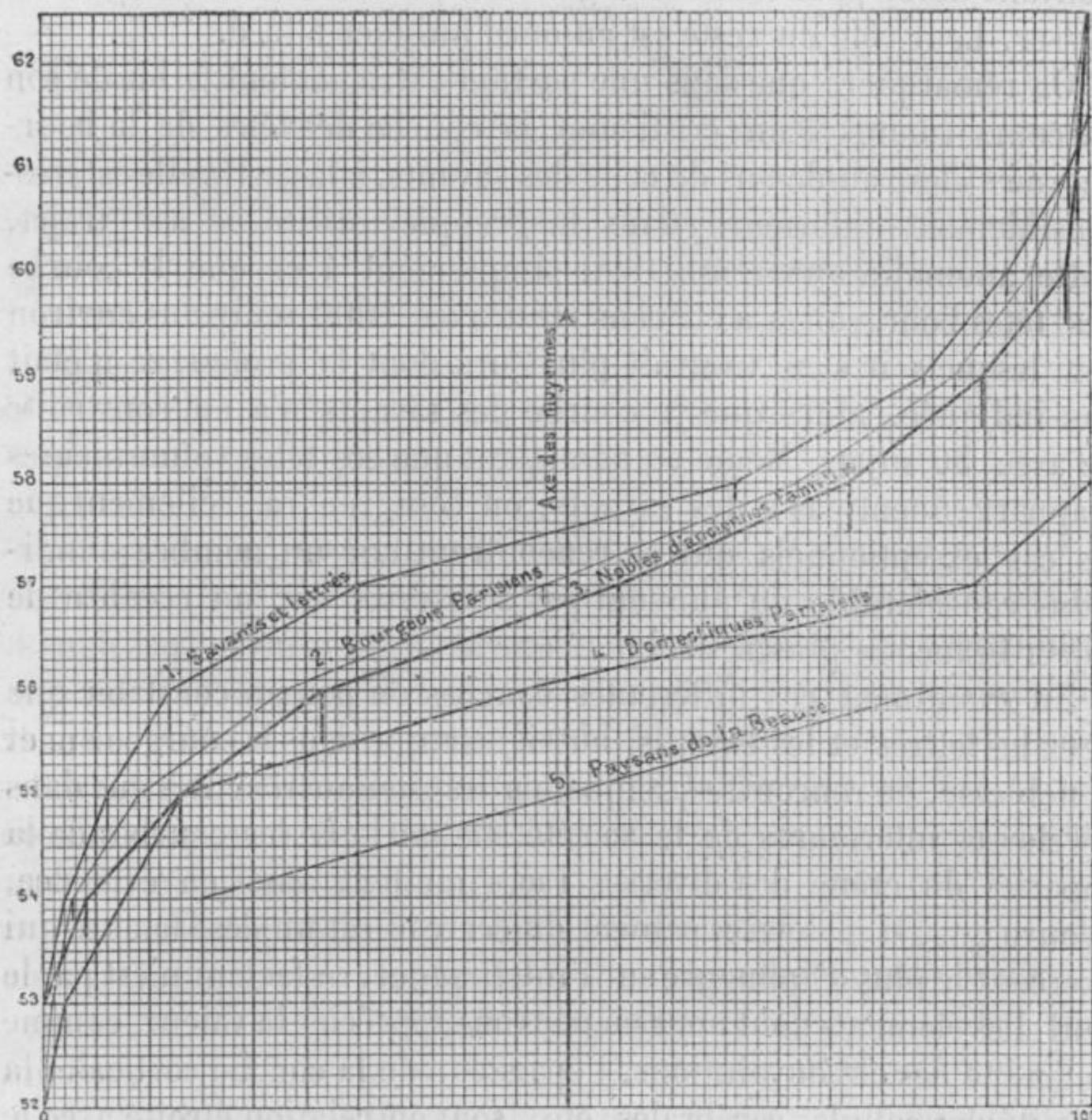


Planche VII. — Circonférences des têtes de diverses catégories d'individus, destinées à mettre en évidence les relations existant entre le développement du cerveau et l'état de l'intelligence.

L'échelle en marge représente des centimètres de circonférence de 52 centimètres à 62,5. 1 millimètre de l'échelle = 1 millimètre de circonférence; 1 centimètre = 1 centimètre.

L'écartement des ordonnées étant proportionnel dans nos courbes aux variations, exprimées en centièmes, du phénomène observé, il suffit, pour savoir combien il y a sur 100 têtes d'une catégorie donnée de circonférences données, de rechercher combien de millimètres, c'est-à-dire de lignes verticales, sont horizontalement compris entre les points où la courbe coupe les lignes horizontales correspondant aux chiffres de l'échelle. Soit, par exemple, à rechercher combien il y a chez les savants et chez les domestiques de circonférences de tête comprises entre 57 et 58 centimètres. On voit immédiatement que la courbe de la circonférence de la tête chez les savants coupe les lignes horizontales correspondant aux chiffres de l'échelle 57 et 58 en deux points entre lesquels sont compris 36 millimètres pour les premiers, 11 seulement pour les seconds. Sur 100 savants, il y en a donc 36 dont la circonférence de la tête est comprise entre 57 et 58 centimètres, alors qu'il n'y en a que 11 chez les domestiques.

les savants et les lettrés, l'élite de la population française. Les débris de notre ancienne noblesse, tout en possédant les qualités

de valeur, de sentiments chevaleresques, etc., transmises par une longue suite d'ancêtres, dédaignent les professions et les travaux pouvant développer leur intelligence et par suite se sont laissé dépasser. Leur rôle du reste est aujourd'hui bien effacé.

On remarquera que dans une portion extrêmement faible de son parcours (moins d'un centième) la courbe des têtes de la bourgeoisie s'élève au-dessus de celle des savants, à laquelle elle est très-sensiblement inférieure dans la presque totalité de son trajet. Cette anomalie apparente tient simplement à ce que la courbe des têtes bourgeoises a été construite avec 1000 individus environ sur lesquels il s'en trouvait plusieurs dont la profession n'était pas indiquée, alors que la courbe des savants n'a été construite qu'avec 50 sujets. Même en admettant que ces têtes volumineuses n'appartiennent pas à des savants, on comprendra facilement que les cas exceptionnels qui se rencontrent sur un nombre d'individus considérable ne puissent pas s'observer sur un nombre de sujets beaucoup plus restreint.

En examinant ces différentes courbes on pourra constater que chez les lettrés et les savants, aussi bien que dans la bourgeoisie et la noblesse, on rencontre quelquefois des têtes aussi petites que dans les classes inférieures de la société. Ce fait, que les courbes de la capacité du crâne des diverses races mettent aussi en évidence, prouve que, si le développement du cerveau est un des facteurs qui exercent le plus d'influence sur l'intelligence, ce facteur n'est pas le seul. Des éléments dont nous ne pouvons apprécier la valeur, comme l'étendue des circonvolutions, l'épaisseur de la couche corticale, la qualité des cellules cérébrales, etc., sont en relation étroite avec le développement de l'intelligence et peuvent compenser ce qui manque du côté du volume. Ainsi s'expliquerait ce fait, que j'ai constaté plusieurs fois, d'intelligences réellement élevées contenues dans des têtes, non sans doute très-petites, mais à peine au-dessus de la moyenne. Je pourrais citer plusieurs savants distingués dont la circonférence de la tête ne dépasse pas 56 centimètres. Une des plus petites têtes que j'aie rencontrées (53 cent. de circonférence) appartient à un député qui, sans être un homme précisément distingué, remplit suffisamment cependant ses fonctions. Des faits comme ce dernier sont du reste tout à fait exceptionnels et dans l'immense majorité des cas le développement du cerveau coïncide, comme le prouvent nos courbes et nos tableaux, avec le développement de l'intelligence. Ce qui du reste ne souffre pas

d'exception, c'est qu'au-dessous d'un certain chiffre, 1000 grammes de cerveau suivant Broca, 46 centimètres de circonférence de la tête suivant Gall, on ne rencontre que des imbéciles ou des idiots. Mes observations m'ont prouvé que sur 1200 individus normaux on n'en rencontrait pas un dont la circonférence de la tête fût inférieure à 52 centimètres. Une tête inférieure à 52 centimètres de circonférence serait donc tout à fait exceptionnelle, et il y aurait de fortes probabilités pour que son propriétaire se trouvât quelque part sur l'échelle comprise entre l'idiotie complète et l'intelligence réduite à sa forme la plus inférieure.

Dans cette étude des relations existant entre le développement du cerveau et l'état de l'intelligence, j'aurais pu invoquer ce fait important que le cerveau des hommes illustres qu'on a pu peser après leur mort avait un poids élevé. Ces mensurations sont malheureusement trop peu nombreuses pour qu'on puisse tirer d'elles des conclusions suffisamment fondées. Je me bornerai cependant à rappeler que le cerveau de Cuvier pesait 1851 grammes, ceux de Byron et Cromwell plus de 2000 grammes.

L'étude qui précède nécessiterait pour être complète que j'abordaie maintenant la question de savoir en quoi consiste réellement la supériorité de l'intelligence, mais ce problème est si complexe que c'est à peine si je puis l'effleurer ici. Pour être convenablement traité, il nécessiterait des développements qui m'entraîneraient tout à fait hors du cadre de ce mémoire. Je l'ai du reste longuement traité ailleurs¹. Je désire seulement faire remarquer qu'il est souvent fort difficile pour un esprit peu pénétrant de reconnaître en quoi consiste la vraie supériorité de l'intelligence et de dire, par exemple, quel est entre deux individus celui qui est supérieur à l'autre. Ce ne seront évidemment ni l'instruction plus ou moins grande, ni le plus ou moins de succès obtenus dans la vie, qui pourront nous servir de guide. En ce qui concerne le succès, il est bien évident, en effet, qu'une intelligence brillante, mais que n'accompagnent pas certaines qualités de caractère comme la persévérance, la hardiesse, etc., par exemple, réussira bien moins qu'une intelligence beaucoup moins haute, mais ayant à son service une ténacité considérable et sachant concentrer toutes ses facultés sur un seul point. Les plus illustres spécialistes ne possèdent souvent qu'une intelligence très-petite, mais accom-

¹ Voir *l'Homme et les sociétés, leurs origines et leur histoire*; t. I. — *Développement physique et intellectuel de l'homme*, in-8. J. Rothschild, éditeur, Paris, 1879.

pagnée d'une persévérance très-grande. En ce qui concerne l'instruction, il est non moins évident encore que ce n'est pas la plus ou moins grande somme de connaissances que l'individu a pu acquérir qui nous servira de guide pour apprécier l'état de son intelligence, ce serait mettre la mémoire au-dessus des facultés créatrice. Des inventeurs de génie n'ont eu souvent à leur service qu'une somme de connaissances très-inférieure à celle que possédaient des individus fort obscurs et qui méritaient de rester obscurs.

S'il fallait absolument donner en quelques mots une formule pour mesurer l'intelligence, je dirais qu'elle peut s'apprécier par le degré de l'aptitude à associer — je ne dis pas à accumuler — la plus grande somme d'idées et à percevoir le plus nettement et le plus rapidement possible leurs analogies et leurs différences. Une intelligence inférieure ne pourra guère associer plus de deux idées à la fois, et ne verra que leurs différences ou leurs analogies apparentes. L'Esquimau sait que la glace fond dans la bouche, il voit un morceau de verre, substance qui ressemble à la glace, et en conclut immédiatement que le verre doit fondre dans la bouche. Des associations d'idées analogues sont la base de toutes les croyances des êtres inférieurs. Ce sont elles qui font croire à certains peuples qu'en mangeant la chair du tigre on acquiert la bravoure de cet animal, et qu'on s'expose au contraire à devenir pusillanime comme le daim quand on se nourrit de la chair de ce dernier.

A mesure qu'on s'élève dans l'échelle de l'intelligence, on voit se développer l'aptitude à associer un nombre de plus en plus grand d'idées, et à saisir derrière les apparences leurs ressemblances réelles et leurs différences. La baleine ressemble beaucoup plus à un poisson qu'à un cheval ou à une chauve-souris, et cependant le savant sait qu'entre les deux premiers la ressemblance n'est qu'apparente, et, grâce à son aptitude à associer par la pensée un grand nombre de caractères, il voit que la baleine est beaucoup plus voisine du cheval et de la chauve-souris que du poisson.

Quand l'aptitude à associer des idées et saisir leurs rapports est très-développée, elle conduit aux plus grandes découvertes. C'est parce qu'ils possédaient à un haut degré cette aptitude que Ocken reconnut l'analogie du crâne et des vertèbres; Goethe, celle de la fleur et de la feuille; Davy, celle de la potasse et des oxydes métalliques. Quand Newton identifia la chute d'un corps pesant sur

la terre avec l'attraction qui s'exerce sur les corps célestes, et que Franklin considéra l'étincelle et la foudre comme des manifestations du même phénomène, ils mettaient en jeu cette faculté. C'est elle qui montre au général, sur le champ de bataille, aussi bien qu'au savant dans son laboratoire, quelles sont parmi les associations possibles des éléments qu'ils ont entre les mains les combinaisons les meilleures et qui donnent à l'un la victoire, à l'autre la découverte d'un fait nouveau. Cette aptitude est à peu près entièrement absente chez la femme, et c'est en grande partie de son absence que résultent leur manque de logique, leur incapacité à raisonner et leur habitude de n'avoir que l'impulsion du moment pour guide.

Les relations bien évidentes que nous avons constatées entre le développement de la tête et l'état de l'intelligence permettent-elles d'affirmer que le cerveau se développe chez l'adulte qui exerce son intelligence? C'est une loi physiologique bien connue que tout organe exercé augmente de volume, et s'atrophie au contraire quand il cesse de fonctionner. Il est donc infiniment probable que le cerveau ne fait pas exception. Bien que très-probable, le fait cependant n'est pas expérimentalement démontré. Je ne crois pas, en effet, que l'on puisse invoquer en faveur de ce développement progressif que les individus livrés à des carrières libérales ont le crâne plus volumineux que ceux appartenant à des catégories sociales inférieures. Ces différences ont pu s'accroître par le travail, mais, à moins de contester l'influence de l'hérédité, il n'est pas douteux qu'elles ont été au moins en très-grande partie apportées en naissant. Les chiffres que nous avons donnés montrent combien, au moment de la naissance, les variations de la circonférence de la tête sont déjà considérables. Ce n'est qu'en comparant, à dix ans de distance, les têtes d'une série de savants et d'illettrés, qu'on pourrait prouver, expérimentalement, l'influence du travail intellectuel sur le développement du cerveau. Or, cette comparaison n'a pas été faite encore.

V. — Inégalités de volume des régions correspondantes du crâne.

Le crâne est un organe très-asymétrique. — Cette asymétrie ne correspond pas à celle des autres parties du corps. — Elle ne semble pas plus fréquente d'un côté que de l'autre. — Le défaut de symétrie du crâne n'est pas de même sens pour chacune de ses parties.

Quelques considérations théoriques m'ayant fait supposer que

les deux moitiés du crâne devaient être inégalement développées et que cette inégalité de développement devait varier avec l'état intellectuel, je me suis livré, la science manquant entièrement de documents sur ce point, à une longue série de recherches expérimentales pour la vérification de mon hypothèse. Ayant déjà indiqué, dans un précédent chapitre, le moyen auquel j'ai eu recours pour comparer les deux moitiés du crâne, je donnerai seulement ici le résultat de ces recherches. Elles ont été effectuées sur 500 crânes environ de diverses séries de la collection du musée d'Anthropologie¹.

Il y a déjà longtemps que les anatomistes s'étaient demandé si les deux hémisphères cérébraux étaient bien égaux, mais sans faire la moindre recherche pour répondre à cette question. L'opinion la plus répandue était celle de Bichat, qui considérait qu'un défaut de symétrie de cet organe devait s'accompagner d'un défaut de rectitude du jugement. L'autopsie de cet illustre anatomiste, dont le crâne était des plus asymétriques, montra combien cette opinion était peu fondée.

Chez l'homme, la plupart des organes sont généralement plus développés du côté droit que du côté gauche; mais, en considérant que la portion gauche du cerveau préside aux fonctions de la partie droite du corps, on pouvait supposer *à priori* que c'est l'hémisphère gauche du cerveau qui doit être le plus développé. Un professeur de Bordeaux, M. le docteur H. Fleury, a soutenu une opinion semblable, en se basant sur ce que la circulation semble plus active dans l'hémisphère gauche que dans l'hémisphère droit, par suite de la dissymétrie des divisions de la crosse aortique.

Malgré leur apparence rationnelle, ces théories n'ont pas été confirmées par l'observation. Sur les 287 crânes que j'ai mesurés, en prenant pour points de repère le plan vertical passant par la protubérance occipitale externe et le prolongement supérieur de la suture médiane des os du nez, j'ai trouvé les résultats suivants :

¹ Nous avons déjà publié une note contenant la substance de ce chapitre dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* (11 mars 1878) et dans les *Bulletins de la Société d'Anthropologie* (1878).

TABLEAU XI

<i>Inégalité du développement des régions correspondantes du crâne.</i>	
Crânes où il y a prédominance du côté droit sur le côté gauche.	125
Crânes où il y a prédominance du côté gauche sur le côté droit.	111
Crânes dont les divers os sont inégaux, mais dont les inégalités se compensent, en sorte que la moitié droite est à peu près égale à la moitié gauche.	51
	287
Nombre total des crânes mesurés. . .	287

Il y a, comme on le voit, avantage au profit du côté droit, mais il est minime; et, en réalité, le crâne est plus développé, tantôt à droite, tantôt à gauche, sans que la race paraisse exercer d'influence et sans qu'il soit possible d'assigner des raisons sérieuses à cette inégalité de développement.

J'avais d'abord cru que l'inégalité de développement des parties homologues du crâne devait être plus fréquente à gauche qu'à droite chez les sujets intelligents, et les observations faites sur plus de deux cents têtes vivantes, avec le conformateur des chapeliers, m'avaient amené à croire un instant à l'exactitude de cette hypothèse. J'ai reconnu depuis que, en raison de la difficulté de bien placer le grand axe de cet instrument, on ne peut pas se fier à ses indications. Je conserve cependant en album, à la disposition des personnes que cela pourrait intéresser, 200 dessins pris sur le vivant, avec un conformateur. Il est possible, mais je ne suis pas en mesure de me prononcer sur ce point, car il faudrait opérer sur des crânes ayant appartenu à des sujets connus, qu'il y ait quelque relation entre l'inégalité de développement du crâne et certaines particularités de l'intelligence.

Sur quelles régions du crâne porte l'inégalité de développement que j'ai signalée? *A priori*, il semblerait qu'elle doit être de même sens pour tous les os d'un même côté; mais l'observation vient encore contredire cette hypothèse. Quand c'est, par exemple, le frontal qui prédomine à droite, on voit le plus souvent le pariétal prédominer à gauche, et *vice versa*. Lorsqu'il arrive que le pariétal et le frontal prédominent d'un même côté, on peut être à peu près certain que l'occipital prédominera de l'autre.

Quand les deux moitiés du crâne semblent égales, comme dans les cas mentionnés dans le tableau qui précède, c'est que

l'inégalité de certains os d'un côté a été compensée par des inégalités du côté opposé : la prédominance du pariétal à droite, par exemple, sera compensée par la prédominance de la moitié gauche de l'occipital, et les deux moitiés du crâne sembleront symétriques; mais, dans aucun des trois cents crânes environ que j'ai mesurés, je n'ai trouvé toutes les parties correspondantes du côté droit et du côté gauche également développées.

La planche VIII exprime d'une façon schématique les inégalités qu'on observe le plus fréquemment. Les combinaisons qui peuvent se présenter sont beaucoup plus considérables que celles que j'ai

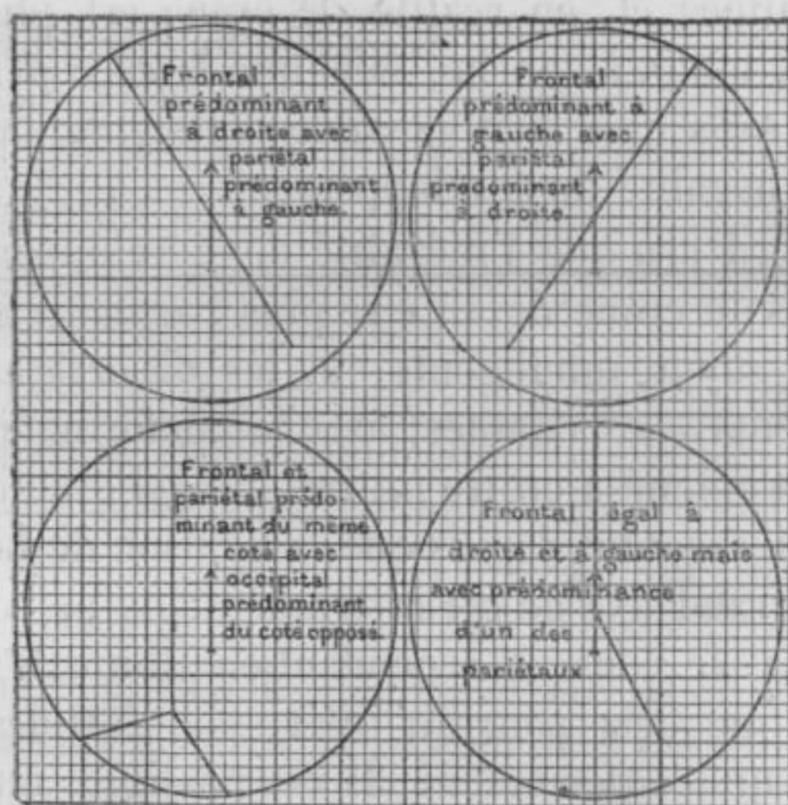


Planche VIII. — Diagrammes montrant les inégalités de développement des divers os du crâne qu'on observe le plus fréquemment.

représentées. Les éléments qui peuvent s'associer étant au nombre de 6 pour les deux moitiés du crâne, il a fallu un assez long travail pour arriver avec les 6 mensurations effectuées sur chaque crâne à déterminer comment se combinent les inégalités qu'on observe le plus fréquemment.

Les observations qui précèdent démontrent que le crâne, et vraisemblablement le cerveau, dont il reproduit la forme, présentent un défaut de symétrie *constant*, qui n'est pas de même sens pour chacune de leurs parties. Je me borne à établir ce fait anatomique en attendant que j'aie pu réunir assez de matériaux pour en déterminer la raison physiologique.

VI. — Relations mathématiques entre les diamètres, circonférences et volumes de la tête et du crâne.

Importance pour les recherches sur le vivant de la connaissance des relations existant entre diverses parties du crâne. — Relations existant entre les diamètres antéro-postérieur et transverse de la tête et sa circonférence. — Formule mathématique reliant ces deux grandeurs. — Table des erreurs commises en faisant usage de cette formule. — Relations entre la circonférence du crâne et son volume. — Raison mathématique de l'impossibilité de cette détermination pour des cas isolés et de la possibilité de sa détermination pour des séries. — Table donnant le volume du crâne quand on connaît sa circonférence. — Relations existant entre la circonférence de la tête, la circonférence et le volume du crâne et le poids du cerveau. — Méthode employée pour déterminer ces relations. — Relations entre les diamètres du crâne et son volume. — Discussion de ces relations. — Raison de l'impossibilité de trouver une formule permettant d'exprimer le volume du crâne en fonction de ses diamètres.

La détermination du volume du crâne en fonction de ses éléments mesurables sur le vivant constitue un problème dont la solution est très-importante au point de vue anthropologique. Il est évident en effet que, tant qu'il ne sera possible de déterminer le volume de la tête que sur des crânes au lieu de le prendre sur le vivant, le nombre des mesures qu'on pourra réunir sera toujours fort restreint. Les crânes que possèdent les musées provenant presque toujours d'individus inconnus, leurs mensurations ont évidemment un intérêt bien moindre que si elles provenaient de sujets vivants dont l'intelligence et les diverses aptitudes seraient bien connues. Il est évident encore que ce n'est que quand le volume du crâne pourra être facilement déterminé chez le vivant que les voyageurs seront à même de rapporter des renseignements utiles sur les capacités crâniennes des races visitées par eux.

Nous allons montrer qu'en opérant, non sur des cas isolés, mais sur des séries, il est possible de déterminer avec une exactitude suffisante le volume du crâne au moyen de mensurations très-faciles à exécuter sur le vivant. En deux heures un voyageur d'une habileté médiocre pourra par les moyens que nous allons faire connaître calculer le volume du crâne d'une centaine d'individus d'une tribu. Réparties par groupes, différents chacun par 100 centimètres cubes de capacité de ceux qui les précèdent ou les suivent, des mensurations ainsi effectuées sur une grande échelle fourniront assurément plus de renseignements utiles que le cubage d'un petit nombre de crânes qu'on se serait procurés avec peine.

Examinons successivement maintenant les relations existant entre les divers diamètres, circonférences de la tête et du crâne, et le volume de ce dernier.

§ 1. *Relations entre les diamètres antéro-postérieur et transverse de la tête et sa circonférence.*

On pourrait croire au premier abord qu'il y a un intérêt minime à connaître les relations existant entre les diamètres de la tête et sa circonférence, puisqu'il est toujours possible de mesurer directement cette dernière, mais, même en admettant — ce qui pourrait être fortement contesté — que la mesure de la circonférence de la tête soit sujette à moins d'erreurs que celle de ses diamètres quand on possède un instrument convenable, j'avais en ce qui concerne mes recherches un intérêt de premier ordre à connaître les relations existant entre les deux diamètres horizontaux de la tête et sa circonférence, puisque c'est de la connaissance des premiers que je devais déduire successivement la circonférence, puis le volume du crâne de 1,200 sujets vivants environ.

J'ai dit dans le précédent chapitre que les circonférences de 1,200 sujets parisiens dont j'ai donné les chiffres étaient déduites des mensurations effectuées par un chapelier. Chacun connaît la façon dont opèrent ces industriels pour prendre la mesure très-exacte de la circonférence de la tête qu'ils doivent coiffer. Elle consiste à mesurer avec une sorte de règle rentrante les diamètres antéro-postérieur et transverse maxima du chapeau que porte l'acheteur. Une méthode empirique fort simple donne immédiatement en unités particulières nommées *points* la circonférence cherchée et permet de trouver le chapeau convenable. L'instrument nommé *conformateur* dont on fait ensuite quelquefois usage ne sert qu'à adapter aux irrégularités de la tête à coiffer le chapeau dont la circonférence a été donnée uniquement par l'instrument qui précède, et dont les indications sont, comme le prouve l'expérience, suffisamment exactes.

Je n'ai pu me procurer de renseignements sur l'origine du premier des instruments dont je viens de parler. Il doit être fort ancien, comme le prouve la graduation en pouces qui figure sur une de ses faces.

En recherchant sur quelles bases, évidemment empiriques, son inventeur s'était appuyé pour déduire les circonférences des diamètres antéro-postérieur et transverse, j'ai reconnu que les mesures que donne l'instrument étaient liées par une relation qu'on peut exprimer par l'équation suivante :

$$x = \frac{A + a}{2} \times 3,19$$

x représente la circonférence cherchée de la tête; A le diamètre antéro-postérieur, a le diamètre transverse.

En vérifiant expérimentalement les limites d'erreurs commises avec cet instrument, et qui dépassent fort rarement 1 pour 100 de la circonférence cherchée, j'ai reconnu qu'on obtenait une précision plus grande en remplaçant dans la formule précédente le chiffre 3,19 par 3,22. La formule devient alors :

$$x = \frac{A + a}{2} \times 3,22$$

Le tableau suivant formé avec 25 crânes parisiens de la série du cimetière de l'Ouest pris au hasard, mais de façon qu'il y figure des sujets à indices céphaliques très-différents, c'est-à-dire des sujets très-dolichocéphales et très-brachycéphales, donne la comparaison entre les résultats obtenus sur des crânes par des mesures directes ou par le calcul au moyen de la formule qui précède.

TABLEAU XII

Calcul de la circonférence de la tête en fonction de ses diamètres antéro-postérieur et transverse.

Somme des deux diamètres antéro-postérieur et transverse.	Rapport des deux diamètres (indice céphalique).	Circonférence observée.	Circonférence calculée.	Différ. en millim. entre la circonférence observée et la circonférence calculée.
mm.		mm.	mm.	mm.
294	71	480	473	+ 7
290	77	470	467	+ 3
307	78	487	494	- 7
300	79	481	485	- 2
310	79	495	499	- 6
319	82	515	514	+ 1
315	84	508	507	+ 1
308	85	495	496	- 1
321	86	515	517	- 4
309	88	494	498	- 4
327	74	528	526	+ 2
319	85	507	514	- 7
322	75	525	518	+ 5
316	85	506	509	- 3
320	88	508	515	- 7
322	71	518	518	0
326	74	530	525	+ 5
321	74	520	517	+ 3
323	76	514	520	- 6
331	80	529	535	- 4
326	77	527	525	+ 2
327	74	529	526	+ 3
327	81	524	526	- 1
344	88	555	554	+ 1
332	86	527	555	- 8
Circonférence moyenne . .		511	512	+ 1

On voit par ce tableau que sur 15 crânes l'erreur moyenne est de moins de 4 millimètres, sur 11 elle ne dépasse pas en plus 3 millimètres. En résumé, les erreurs en plus compensent à ce point les erreurs en moins, que sur l'ensemble les deux résultats peuvent être considérés comme identiques. La moyenne calculée ne diffère en effet de la moyenne mesurée que de 1 millimètre.

Si au lieu de prendre la moyenne de toutes les circonférences calculées on avait appliqué la formule à la moyenne des diamètres, la coïncidence eût été plus complète encore, puisque, le chiffre observé étant de 512 mill., le chiffre déduit eût été de 511.98. En opérant ainsi on eût remplacé 25 multiplications par une seule.

J'ai vérifié la formule sur les moyennes des diamètres crâniens d'un grand nombre de races et constaté son exactitude, bien que cette exactitude soit moindre, notamment pour les crânes féminins, que dans le cas qui précède, ce qui se comprend facilement, en se rappelant que toutes les têtes humaines ne sont pas faites sur le même type et que la formule a été établie pour une race donnée. Je ne reproduis pas le tableau de ces mensurations, le lecteur étant à même de le reconstituer facilement.

La formule qui précède n'est pas aussi empirique qu'elle peut le paraître, ce qui, du reste, au point de vue du résultat, serait indifférent. Elle revient évidemment à dire ceci : que, la circonférence de la tête étant une ellipse dont les deux axes ne peuvent varier l'un à l'égard de l'autre que dans certaines limites, le contour de cette ellipse est égal à la moyenne de ses deux axes multipliés par un chiffre un peu plus grand que le rapport du diamètre à la circonférence (5.22 au lieu de 5.14) et dont l'observation apprend à déterminer la valeur.

Si, au lieu de pouvoir être considérée comme une ellipse dont les deux axes diffèrent peu, la section horizontale de la tête avait la forme d'une ellipse allongée, la formule précédente ne serait évidemment pas applicable et devrait être remplacée par la formule du contour de l'ellipse, mais cette formule qui appartient au calcul intégral est extrêmement compliquée.

§ 2. Relations entre la circonférence et le volume du crâne.

En examinant les tableaux où se trouvent les volumes des crânes à côté de leurs circonférences, il semble tout d'abord qu'il n'existe

absolument aucun rapport entre ces deux valeurs. J'ai trouvé, par exemple, dans la série des crânes parisiens du musée d'Anthropologie, des sujets ayant même circonférence crânienne et présentant des différences de volumes de près de 250 centimètres cubes. De semblables écarts se comprennent facilement en réfléchissant que, en dehors de la circonférence, plusieurs facteurs tels, par exemple, que la hauteur verticale du crâne, l'étroitesse ou la largeur de sa partie supérieure, etc., peuvent modifier le volume limité par la circonférence. Des solides ayant exactement même circonférence à leur base et même hauteur, tels qu'une demi-sphère, un cylindre, un tronc de cône, un cône, etc., ont, comme on le sait, des volumes fort différents.

La théorie et l'observation semblent donc bien d'accord pour prouver qu'il n'y a aucune relation à établir entre la circonférence de la tête et son volume. Mais cette assertion en apparence si fondée, et qui l'est en effet pour des cas individuels, ne l'est plus quand on opère sur des séries. Lorsqu'on groupe un certain nombre d'individus d'une capacité crânienne donnée, et qu'on les compare à des individus d'une capacité cérébrale supérieure, on voit toujours que la moyenne de la circonférence des premiers est inférieure à la moyenne de la circonférence des seconds. En continuant la même opération sur des séries d'individus, de capacité crânienne moyenne croissante, on reconnaît que la moyenne des circonférences des crânes de chaque groupe croît régulièrement avec leur volume.

Rien ne doit sembler plus contradictoire sans doute au premier abord que les deux propositions qui précèdent, et il semble difficile de concevoir comment le seul fait de réunir des individus en groupes puisse mettre en évidence des relations qui n'existent pas quand on examine des sujets isolés.

Même quand nous n'aurions aucune explication de cette anomalie, il faudrait bien s'incliner devant le résultat de l'observation, mais il est facile de démontrer par le raisonnement que rien n'est plus explicable que cette contradiction apparente. Le nombre des formes que peuvent présenter les têtes des individus d'une race donnée n'est pas évidemment infini. Étant forcément fini et naturellement beaucoup moins grand que le chiffre des individus de cette race, il en résulte que les mêmes combinaisons se répètent fréquemment et que, quand on a observé un nombre donné d'individus, on retombe forcément plusieurs fois sur des

têtes de formes à peu près semblables. Supposons pour fixer les idées que dans une même race les têtes affectent quatre formes différentes, celles d'une calotte sphérique, d'un tronc de cône, d'un cône et d'un cylindre, et que ces quatre solides aient le même volume. La géométrie démontre qu'ils pourront avoir à leur base des circonférences très-différentes et qu'un accroissement de 1 centimètre de ces circonférences produira des augmentations de volume fort inégales. En examinant séparément les individus dont la tête affecte les quatre formes que je viens d'indiquer, on sera fondé à dire qu'il n'existe aucune relation entre la circonférence de la tête et son volume. Au lieu d'en examiner quatre, faisons maintenant porter notre examen sur un groupe de cent où les formes précédentes soient également représentées et augmentons de 1 centimètre la circonférence de la base de tous ces crânes. Cet accroissement d'un centimètre de la circonférence de la base produira évidemment un accroissement de volume identique pour tous les crânes de forme semblables et de capacités semblables, mais fort différent pour les crânes de formes différentes. Les individus de même circonférence crânienne, mais de formes de têtes différentes, auront donc toujours, quand on les considérera isolément, des capacités crâniennes très-inégales. Si nous réunissons maintenant toutes ces mesures et que nous prenions la moyenne des volumes et des circonférences, nous voyons facilement que l'accroissement de ces deux valeurs devra marcher parallèlement, c'est-à-dire que l'accroissement du chiffre du volume moyen du crâne sera forcément accompagné de l'accroissement du chiffre de sa circonférence moyenne.

Nous avons supposé pour la facilité de la démonstration précédente que les formes diverses que pouvait revêtir le crâne étaient très-limitées, ce qui n'est pas; mais il est évident que le nombre des formes qui peuvent se présenter ne saurait modifier la valeur de notre démonstration.

On comprend aisément maintenant pourquoi, en opérant sur des groupes assez nombreux pour que toutes les formes crâniennes s'y trouvent également représentées, l'augmentation du volume moyen du crâne est accompagnée d'un accroissement de sa circonférence. La tête représentant un solide de forme irrégulière, la valeur de la relation existant entre ces deux grandeurs ne pourra être naturellement déterminée que par l'expérience.

Pour déterminer approximativement les rapports existant entre

la circonférence du crâne et son volume, j'ai groupé par ordre de capacité croissante 87 crânes masculins du cimetière de l'Ouest, et pris la moyenne de la circonférence et du volume de chaque groupe; j'ai ainsi obtenu le tableau suivant :

T ABLEAU XIII

Relations entre la circonférence du crâne et son volume¹.

Capacité crânienne.	Circonférence moyenne.	Augmentation de la circonférence pour 100 cc. d'accroissement de volume.
— de 12 à 1300	489	?
— 13 à 1400	503	1,4
— 14 à 1500	512	0,9
— 15 à 1600	521	0,9
— 16 à 1700	531	1,0
— 17 à 1800	544	1,3
— 18 à 1900	?	?

On voit par ce qui précède que, quand on opère sur des séries, une augmentation d'environ 1 centimètre de la circonférence produit une augmentation de volume voisine de 100 cent. cubes.

La tête se rapprochant par sa forme d'un solide de révolution doit participer naturellement des propriétés de ces solides, et sur des têtes d'inégal diamètre un centimètre d'accroissement de circonférence ne peut produire évidemment une même augmentation de volume. La formule $R = \sqrt[3]{\frac{V \times 3}{4\pi}}$ montre que pour une sphère de volume de 1458 centimètres cubes une augmentation de 1 centimètre de circonférence ne produirait qu'un accroissement de 86 centimètres cubes. Sur une sphère de 1752 centimètres cubes l'accroissement serait de 115 centimètres cubes. Ces chiffres extrêmes ne s'éloignent pas sensiblement, comme on le voit, de 100 centimètres cubes.

Il importe de faire remarquer que les calculs qui précèdent ne s'appliquent qu'à la race pour laquelle ils ont été établis, et sont sans valeur pour une autre race. Chacune d'elles nécessite un tableau semblable au précédent, construit sur les mêmes principes. On conçoit, en effet, que la hauteur du crâne, et d'autres facteurs qu'il serait trop long d'énumérer, n'étant pas semblables

¹ Aucun des crânes masculins de la série qui a servi à former ce tableau n'ayant moins de 1300 cent. cubes, j'ai dû former la moyenne des volumes intérieurs à ce chiffre avec des crânes féminins provenant du même cimetière. Tous les autres chiffres sont uniquement établis avec des crânes masculins.

dans les diverses races, pourraient faire varier considérablement le volume limité par la circonférence. C'est ce qui explique comment certaines races peuvent avoir une circonférence crânienne moyenne supérieure à celle d'autres races, et cependant posséder une capacité crânienne moyenne inférieure. C'est ainsi, par exemple, que les Esquimaux, avec une circonférence moyenne et une hauteur moyenne supérieures à celles des Parisiens, ont cependant un crâne bien moins volumineux que ces derniers. La somme des diamètres antéro-postérieur et transverse est également au profit des Esquimaux. Il est probable que c'est en grande partie dans la façon dont ces diamètres sont répartis que réside l'origine de cette capacité cérébrale moindre; les Esquimaux sont, comme on le sait, très-dolichocéphales, et les Parisiens, au contraire, presque brachycéphales, c'est-à-dire que les deux diamètres horizontaux de la tête sont beaucoup moins inégaux chez les seconds que chez les premiers. Or, étant donné deux solides de révolution possédant des axes dont la somme est égale, mais dont les longueurs relatives sont inégales, on démontre en géométrie que c'est le solide dont les axes sont les moins inégaux entre eux, c'est-à-dire le solide qui se rapproche le plus de la sphère, dont la capacité est la plus grande.

§ 5. *Relations entre la circonférence de la tête, la circonférence et le volume du crâne et le poids du cerveau.*

La solution du difficile problème dont l'énoncé précède a été très-simplement trouvée par notre méthode graphique. Après avoir obtenu par des groupements en séries, avec les chiffres donnés précédemment, les courbes de la circonférence de la tête, de la circonférence du crâne, du volume de cet organe, puis du poids du cerveau, on a cherché en les superposant les relations existant entre elles. Faute d'un nombre de crânes suffisant, ces relations n'ont pu être déterminées pour les régions extrêmes des courbes. Les chiffres suivants expriment les résultats obtenus :

TABLEAU XIV

Relations entre la circonférence de la tête, celle du crâne, le volume du crâne et le poids du cerveau.

Circonférence moyenne de la tête.	Circonférence moyenne probable du crâne.	Volume moyen probable du crâne.	Poids moyen probable du cerveau.
550 ^{mm}	503	1350	1150
560 ^{mm}	512	1450	1250
570 ^{mm}	521	1550	1350
580 ^{mm}	531	1650	1450
590 ^{mm}	?	?	?

Ces chiffres ne sont applicables, bien entendu, pour les raisons précédemment expliquées, qu'à des séries, et nullement à des individus isolés, c'est-à-dire que, si dix individus ont une circon-

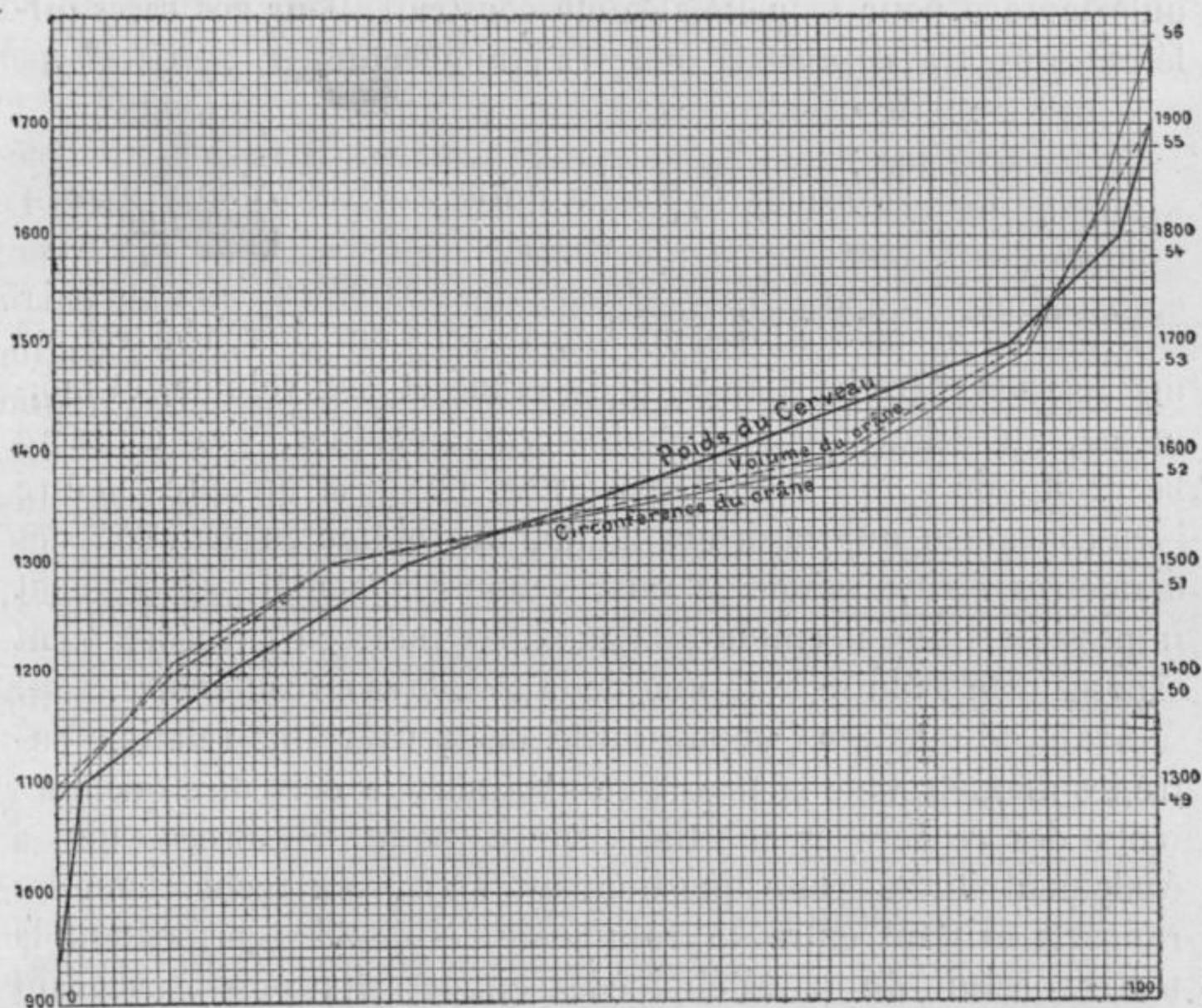


Planche IX. — Variations du poids du cerveau, du volume et de la circonférence du crâne, dans la population parisienne, et relations de ces valeurs.

Au-dessus de chaque courbe se trouve indiqué ce qu'elle représente. L'échelle du côté gauche est l'échelle des poids de 900 à 1700 grammes. Les deux échelles du côté droit représentent l'une l'échelle des volumes de 1500 à 1900 centimètres, l'autre, composée seulement de deux chiffres est l'échelle des circonférences en centimètres de 49 à 56 centimètres.

férence de la tête de 58 centimètres, le poids moyen de tous leurs cerveaux sera de 1450 grammes, sans qu'on puisse dire quel sera le poids de chacun d'eux.

Pour prolonger le tableau qui précède, et en même temps pour donner plus de précision aux chiffres qu'il contient, il faudrait pouvoir disposer d'un plus grand nombre de mesures que celles que nous possédons actuellement. La méthode étant tracée, il sera facile de l'appliquer.

Étendre, et au besoin rectifier les chiffres précédents, serait fort utile aux anthropologistes, puisque ces chiffres permettent, avec la connaissance d'éléments très-faciles à mesurer, de déterminer tous ceux échappant sur le vivant à nos mensurations.

Pour des raisons semblables à celles que j'ai données à propos des relations existant entre la circonférence du crâne et son volume, les indications du tableau qui précède ne sont applicables qu'à la race pour laquelle il a été construit. Pour des races différentes un travail semblable devra être effectué.

§ 4. *Relations entre les diamètres du crâne et son volume.*

Divers anthropologistes et mathématiciens ont cherché à trouver une relation entre les diamètres du crâne et son volume, et moi-même, au début de mes études craniologiques, j'ai consacré beaucoup de temps à cette recherche. Ce n'est qu'après m'être bien convaincu que la détermination du volume en fonction des diamètres était, comme je vais le montrer bientôt, absolument impossible, que j'ai employé la méthode indirecte précédemment exposée pour déduire le volume de la tête de sa circonférence.

Avant de montrer l'impossibilité de trouver une relation entre les diamètres de la tête et son volume, je dois dire quelques mots des recherches effectuées sur ce point. M. Broca, qui a également étudié cette question, est arrivé, en recherchant les rapports existant entre le volume de l'ellipsoïde représentant la tête et celui du parallépipède circonscrit, puis corrigeant empiriquement ces rapports d'après les données de l'expérience, à cette conclusion que le volume du crâne est égal à la demi-somme du produit de ses trois diamètres divisé par 1,12. L'erreur moyenne ne dépasserait pas 4 pour 100 de la capacité réelle dans la majorité des cas, mais pourrait s'élever à 7 pour 100, soit environ 100 centimètres cubes dans certains autres. Comme le fait remarquer l'auteur de cette formule, ce n'est là qu'une approximation, et on ne peut avoir recours à cette opération que quand le cubage est impossible, d'autant plus que les opérations de calcul qu'exige la méthode de l'indice cubique ne sont pas moins longues que le cubage lui-même.

Ayant expérimentalement constaté que dans les limites où ses axes varient l'ellipsoïde crânien peut être considéré comme inférieur d'environ $\frac{12}{100}$ à une calotte hémisphérique ayant pour diamètre une moyenne entre les axes antéro-postérieur et transverse de l'ellipsoïde, et pour hauteur la hauteur verticale du crâne,

j'ai été conduit à exprimer le volume de cet organe en fonction de ses diamètres horizontaux A et a , et de sa hauteur h , par la formule suivante¹ :

$$V = 2 \left[\frac{(A + a)^2}{4} \times h \right] - n.$$

La lettre n représente dans cette formule un nombre qui est une fraction du reste de l'équation, et dont la valeur a été déterminée en comparant les volumes mesurés sur le crâne avec les volumes déduits du calcul. J'ai effectué cette comparaison sur un grand nombre de crânes parisiens et reconnu que la valeur de n oscillait autour de 12 centièmes. L'erreur habituellement commise est généralement moindre qu'avec la formule de Broca, mais le résultat obtenu n'est également qu'approximatif.

Lorsque je pensais qu'il était possible de déterminer le volume de la tête en fonction de ses trois diamètres, j'avais songé à trouver une formule telle qu'on pût l'employer à la construction d'une table qui permît, connaissant les trois diamètres de la tête, d'en déduire, sans opération compliquée, le volume. Des considérations théoriques m'avaient conduit à la formule suivante :

$$V = 4 \left(\frac{M - 1}{2} \right)^3 + n.$$

M étant la moyenne des trois axes de la tête, la quantité 1 représente à peu près ce qu'il faut en déduire par suite de l'épaisseur des os du crâne; n représente une valeur égale à $\frac{1}{20}$ du résultat obtenu. Appliquée aux crânes parisiens contemporains, dont les diamètres moyens sont 183, 145 et 132 millimètres, la formule donne 1545 centimètres cubes au lieu de 1558. Elle est loin malheureusement d'avoir toujours une exactitude semblable.

¹ Il est facile de voir comment cette formule dérive de celle d'une demi-sphère. En appelant h la hauteur du crâne, la formule de cette dernière $V = \frac{2\pi R^2 H}{3}$ peut approximativement s'écrire $V = 2R^2 H$, avec une erreur en moins de $\frac{1}{20}$ environ du résultat; le rayon moyen donné par les diamètres antéro-postérieur et transverse étant évidemment $\frac{A+a}{4}$, la formule serait donc $V = 2 \frac{(A+a)^2}{4} \times H$, avec l'erreur signalée de $\frac{1}{20}$; mais l'expérience prouve que le chiffre ainsi obtenu est trop fort, et qu'il faut lui faire une réduction n supérieure à $\frac{1}{20}$: ce dernier facteur peut donc disparaître, et la formule devient finalement $V = 2 \left[\frac{(A+a)^2}{4} \times H \right] - n$.

On conçoit facilement comment, avec cette formule, si elle avait été exacte, il eût été possible de construire d'avance des tables donnant le volume par la simple connaissance des diamètres. Le calcul démontre en effet que dans les crânes humains la valeur du facteur $\frac{M-1}{2}$, c'est-à-dire le rayon moyen intérieur du crâne, est comprise entre 68^{mm} et 84^{mm} . Avec $\frac{M-1}{2} = 68^{\text{mm}}$ et $\frac{M-1}{2} = 84^{\text{mm}}$ on obtient des volumes correspondant aux différences maxima qu'on observe habituellement entre les crânes les plus gros et les crânes les plus petits des races élevées. En résolvant l'équation pour tous les chiffres intermédiaires entre ceux qui précèdent, on aurait eu les éléments d'une table donnant les volumes correspondant à toutes les têtes humaines possibles. Il eût suffi, pour s'en servir, de rechercher dans la table le volume figurant à côté de la demi-somme de la moyenne des trois diamètres du crâne.

Je ne donne les formules qui précèdent que pour éviter de semblables recherches aux personnes que le sujet pourrait tenter. J'ai entièrement renoncé à leur emploi et à toute recherche du même ordre, lorsque l'étude plus approfondie d'un grand nombre de mensurations prises sur des crânes m'eut prouvé que des individus dont les diamètres crâniens sont égaux ont souvent des capacités crâniennes fort différentes. Il est évident dès lors qu'aucune formule ne peut permettre de relier entre elles ces valeurs. Dans la série des crânes parisiens du cimetière de l'Ouest que j'ai le plus particulièrement étudiée, il y a plusieurs crânes présentant une capacité très supérieure à celle d'autres crânes, bien que leurs diamètres soient moindres. Si, comme je l'ai fait, on range tous ces crânes par ordre de capacités croissantes leurs divers diamètres et la somme de ces diamètres ne suivent nullement une marche régulièrement croissante.

La raison géométrique de ce défaut de parallélisme entre l'accroissement du volume du crâne et celui de ses diamètres est fort simple. Quand la forme d'un solide est inconnue, il est évident que la connaissance de sa base et de sa hauteur ne peut donner aucune idée de son volume. Un cône et un cylindre, bien qu'ayant même base et même hauteur, présenteront cependant une différence de capacité considérable, puisque le volume de l'un sera seulement le tiers de celui de l'autre. On comprend facilement dès lors que deux têtes ayant exactement mêmes diamètres, c'est-à-dire

même base et même hauteur, pourront avoir des volumes fort différents, suivant qu'elles se rapprocheront de la forme d'un des solides précédemment cités, c'est-à-dire suivant que ces têtes seront larges ou étroites à leur sommet.

La détermination du volume de la tête en fonction de ses trois diamètres est donc, quand on opère sur des cas isolés, tout à fait impossible lorsqu'on ne fait intervenir dans la formule que les valeurs de ces trois variables. Il est probable qu'en y introduisant d'autres éléments destinés à déterminer la forme de la tête, tels que la longueur des courbes antéro-postérieure et transverse, l'indice céphalique, etc., on pourrait arriver à une certaine approximation, mais alors la formule serait d'une complication très grande et il faudrait du reste effectuer de longues recherches pour la trouver.

La démonstration qui précède ne s'applique qu'aux cas isolés. En opérant sur des séries on pourra déduire le volume des diamètres comme je l'ai déduit de la circonférence. J'ai exposé déjà la raison de cette anomalie apparente. Une série de calculs qu'il serait inutile de reproduire ici m'ont cependant prouvé que même en opérant sur des séries assez nombreuses l'accroissement des diamètres est moins régulièrement parallèle à l'accroissement du volume qu'à l'accroissement de la circonférence.

Je terminerai ici la première partie de ce Mémoire, consacrée uniquement à l'étude des lois de la variation du volume du cerveau. Dans une seconde partie j'aborderai la difficile étude des variations de forme de cet organe et de leurs relations avec l'état des sentiments et de l'intelligence.

CONCLUSIONS

1° Les variations du volume du cerveau et du crâne dans l'espèce humaine sont beaucoup plus élevées qu'elles ne le paraissent quand on se borne à comparer des moyennes. La capacité du crâne peut varier presque du simple au double. Dans les races supérieures, il existe entre les divers individus des différences de capacité crânienne de plus de 600 centimètres cubes. Ces différences dépassent 800 centimètres cubes quand on réunit des sujets de races différentes. Plusieurs facteurs déterminent ces variations ou leur correspondent.

2° La taille a une influence sur le volume du crâne, mais

cette influence est très minime. En réunissant en groupes tous les individus de même taille, et prenant le poids moyen des cerveaux de chaque groupe, on reconnaît qu'entre le poids moyen des cerveaux du groupe des individus les plus grands et le poids moyen des cerveaux du groupe des individus les plus petits la différence atteint à peine 100 grammes, alors qu'elle atteint souvent 300 grammes chez des individus de même taille.

3° Le poids du corps a une influence probablement plus grande que celle de la taille sur le poids du cerveau, mais les documents que nous possédons ne sont pas assez nombreux pour nous permettre de traduire exactement en chiffres la valeur de cette influence. Ils suffisent cependant à prouver rigoureusement que ce n'est pas à elle que sont dues les différences de volume du crâne que l'on observe dans notre espèce entre individus de sexes différents, entre individus de même sexe et de même race et enfin entre individus de races différentes.

4° Le sexe a une influence considérable sur le poids du cerveau. La femme a un cerveau beaucoup moins lourd que celui de l'homme, et cette infériorité subsiste à *âge égal*, à *poids égal* et à *taille égale*. L'étude des cerveaux féminins de diverses races montre que même dans les agglomérations les plus intelligentes, comme les Parisiens contemporains, il y a une notable proportion de la population féminine dont les crânes se rapprochent plus par le volume de ceux des gorilles que des crânes du sexe masculin les mieux développés.

5° La différence existant entre le poids du cerveau, et partant le volume du crâne, de l'homme et de la femme, vont en s'accroissant constamment à mesure qu'on s'élève dans l'échelle de la civilisation, *en sorte qu'au point de vue de la masse du cerveau, et par suite de l'intelligence, la femme tend à se différencier de plus en plus de l'homme*. La différence qui existe, par exemple, entre la moyenne des crânes des Parisiens contemporains et celle des Parisiennes, est double de celle observée entre les crânes masculins et féminins de races inférieures ou de certaines races civilisées disparues, comme les habitants de l'ancienne Égypte.

6° Les crânes féminins des races supérieures, où le rôle de la femme est nul, sont remarquablement plus petits que les crânes féminins du plus grand nombre des races inférieures. Alors que la moyenne des crânes parisiens masculins les range parmi les plus gros crânes connus, la capacité moyenne des crânes parisiens fé-

minins les place parmi les plus petits crânes féminins observés, au-dessous des crânes des Polynésiennes et à peine au-dessus des crânes des femmes de la Nouvelle-Calédonie.

7° Le développement de l'intelligence a un rapport étroit avec la forme, la structure et le volume du cerveau. Le volume est un des plus importants de ces facteurs. En opérant sur des séries de crânes suffisamment nombreuses, on constate toujours que les plus volumineux appartiennent, dans l'espèce humaine, aux races les mieux douées sous le rapport intellectuel, et dans chaque race aux sujets les plus intelligents.

8° La capacité moyenne des crânes des races supérieures dépasse notablement celle des crânes des races inférieures, *mais ce qui constitue réellement la supériorité d'une race sur l'autre, c'est que la race supérieure contient beaucoup plus de crânes volumineux que la race inférieure.* Sur 100 crânes parisiens modernes, il y a 11 sujets environ dont le volume du crâne est compris entre 1700 et 1900 centimètres cubes, alors que sur le même nombre de crânes nègres on n'en trouve aucun possédant de telles capacités. Sur 100 parisiens modernes, il ya 5 sujets environ dont le volume crânien est compris entre 1800 et 1900 centimètres cubes. Sur 100 crânes parisiens du XII^e siècle on n'en trouve aucun d'une capacité aussi considérable. Dans les agglomérations humaines inférieures, tels que les Australiens et les Parias de l'Inde, la limite maxima des crânes les plus volumineux dépasse à peine 1500 centimètres cubes. Alors que la différence entre la capacité moyenne des crânes chez les races les plus élevées et les moins élevées ne dépasse guère 200 centimètres cubes, l'écart entre les plus gros crânes des races supérieures et les plus gros crânes des races inférieures atteint 400 centimètres cubes.

9° Les différences de volume du crâne existant entre les individus, d'une même race varient considérablement d'une race à l'autre. Elles sont d'autant plus grandes que la race est plus élevée dans l'échelle de la civilisation. De 500 centimètres cubes à peine chez les races inférieures, elles s'élèvent à 6 et 700 centimètres cubes chez les races supérieures et augmentent constamment dans la même race à mesure qu'elle se civilise. L'écart entre les grands crânes et les petits crânes est, par exemple, notamment plus grand chez les Parisiens modernes que chez leurs ancêtres d'il y a 600 ans. *Loïn de tendre vers l'égalité, les hommes d'une même race et ceux de races différentes tendent donc à se différencier de plus en plus.*

10° Les différences de volume du crâne qu'on observe chez les diverses catégories d'individus d'une même race ne semblent pas pouvoir être attribuées à d'autres causes qu'à l'état de l'intelligence, puisque, quand les catégories que l'on compare entre elles sont suffisamment nombreuses, elles contiennent évidemment chacune à peu près autant d'individus de même âge, de même taille et de même poids. Les mesures effectuées sur 1200 têtes de Parisiens vivants et un certain nombre de paysans montrent qu'au point de vue du volume de leurs têtes ils se classent dans l'ordre suivant : 1° savants et lettrés, 2° bourgeois parisiens, 3° nobles d'anciennes familles, 4° domestiques, 5° paysans.

11° Il y a une inégalité de développement constante entre les deux moitiés du crâne, qui est tantôt plus développé à droite, tantôt plus développé à gauche, sans que la race ou l'état de l'intelligence semblent avoir une influence manifeste sur le sens de cette inégalité de développement. L'inégalité de développement n'est pas de même sens pour chacune des parties du crâne.

12° Le volume de la tête ne peut être déduit, pour des cas individuels, de la connaissance de sa circonférence ou de ses diamètres, puisque l'expérience démontre qu'avec des diamètres égaux ou des circonférences égales on observe des capacités crâniennes fort inégales. Quand on opère sur des séries, on peut, au contraire, déduire facilement le volume du crâne de la connaissance de sa circonférence. Sur un crâne de capacité moyenne, un accroissement de 1 centimètre de circonférence correspond à une augmentation de volume oscillant autour de 100 cent. cubes.

13° L'étude comparative, effectuée sur des séries et au moyen de constructions graphiques, des chiffres de la circonférence du crâne et de la tête, du volume du crâne et du poids du cerveau, met en évidence les relations existant entre ces diverses grandeurs, et rend possible la construction de tableaux qui permettent, connaissant l'une d'elles, de déterminer immédiatement les autres.
