avec la grosseur de cet organe. Par conséquent on comprend l'utilité du grand développement des muscles fessiers qui sont les principaux extenseurs de la cuisse et l'inutilité d'un développement semblable des muscles antagonistes des premiers, c'est-à-dire des muscles fléchisseurs de la cuisse dont les fonctions n'ont qu'une importance secondaire (fig. 186).

Fig. 186. — Équilibre de la station humaine (*).

La conformation de l'articulation de la cuisse avec la jambe est telle que ce dernier levier ne saurait dépasser en avant la verticale passant par l'axe de la cuisse et ne peut fléchir qu'en formant avec le fémur un angle dont le sommet est dirigé en avant. Pour maintenir le membre dans la position la plus favorable à la station, il faut donc que les muscles situés sur le devant de la cuisse et allant se fixer inférieurement au tibia soient en état de contraction, et pour que la force déployée par eux soit utilisée le mieux possible il faut que le tendon ne s'insère pas à ce dernier os d'une manière très oblique ; de là l'utilité du petit os du genou appelé rotule que nous avons vu exister dans l'épaisseur de ce tendon (fig. 185).

Enfin, par suite de la disposition de l'articulation de la jambe sur le pied, le premier de ces deux leviers tend à s'incliner en avant et par conséquent pour empêcher la flexion du membre, il faut l'intervention des muscles extenseurs situés à la partie postérieure de la jambe et susceptibles d'exercer sur la partie adjacente du pied, c'est-à-dire sur le talonu, ne forte traction ; les muscles du mollet agissent de la sorte et, lorsque le membre fonctionne activement dans la locomotion, ils ont besoin de déployer une force encore plus grande ; c'est aussi ce qui a lieu lorsque le pied ne pose à terre que par sa partie antérieure et que le talon est maintenu en l'air.

(*) Figure théorique montrant la position des muscles : *a*, qui maintiennent la tête en équilibre sur la colonne vertébrale; — *b*, les muscles qui empêchent la colonne vertébrale de se courber en avant; — *c*, les muscles extenseurs de la cuisse; — *d*, les muscles extenseurs de la jambe ; — *e*, les muscles qui, en se contractant, empêchent la jambe de se reployer en avant sur le pied.

Dans la marche, le poids du corps est soutenu alternativement par un des membres inférieurs, pendant que l'autre membre préalablement fléchi et venant à s'étendre le pousse en avant, puis se relève et va chercher sur le sol un nouveau point d'appui pour servir ensuite d'étai à son tour. La rapidité de ce genre de progression dépend donc de la grandeur des enjambées et de leur fréquence ; or, la première de ces valeurs est subordonnée à la longueur de ces leviers ; mais quand l'impulsion imprimée au centre de gravité par l'extension du membre en action est assez grande pour que le pied servant de support quitte le sol avant que l'autre pied soit retombé à terre, la distance franchie peut devenir beaucoup plus considérable et ce mode de locomotion constitue la course, genre de progression dont nous aurons à nous occuper de nouveau lorsque nous comparerons le mécanisme de la locomotion chez les divers animaux.

VOIX ; LARYNX ; MODE DE PRODUCTION DE DIVERS SONS VOCAUX.

§ 141. Les mouvements dus à la contraction des muscles et servant à l'exercice des fonctions de relation ne sont pas utilisés seulement à effectuer la locomotion, ils ont aussi pour résultat la production des sons au moyen desquels des communications mentales peuvent être établies entre les êtres

animés et c'est dans l'espèce humaine que cette faculté atteint son plus haut degré de perfection.

Chez l'Homme la voix résulte de vibrations imprimées à l'air pendant le passage de ce fluide élastique dans certaines parties des conduits respiratoires et le principal instrument de ces vibrations sonores est le **larynx**, organe dont nous avons indiqué précédemment l'existence entre l'arrière-bouche et la trachée artère (voyez ci-dessous, page 125); mais l'appareil vocal n'est pas constitué seulement par cet organe, il se compose de trois choses, savoir : 1° une soufflerie ; 2° un instrument musical comparable à l'anche d'une clarinette ou d'un orgue et constitué par le larnyx ; 3° un porte-voix apte à modifier de diverses manières les sons produits dans ce larynx et constitué par la portion vestibulaire de l'appareil respiratoire dont la bouche est la partie principale.

LARYNX.

§ 142. Le larynx est un tube court et large suspendu sous la base de la langue au bord inférieur de l'os hyoïde et sa cavité fait suite à celle du pharynx. La charpente solide est formée par un assemblage de quatre pièces cartilagineuses, dont deux impaires et très grandes, deux autres petites et placées symétriquement en arrière et au-dessus des précédentes. L'une des premières appelée *cartilage cricoïde* a la forme d'un anneau (fig. 187) et s'articule directement sur l'extrémité supérieure de la trachée. La seconde appelée *cartilage thyroïde* surmonte le cartilage cricoïde et constitue sur le devant du larynx une sorte de bouclier à deux pans obliques, dont la partie médiane et supérieure placée sur le devant du cou est désignée dans le langage vulgaire sous le nom de *pomme d'Adam*. Postérieurement, dans l'espace compris entre les deux bords latéraux du cartilage thyroïde, l'anneau cricoïdien s'élève beaucoup plus haut que sur le devant du larynx et porte sur son bord supé-

rieur la paire de petites pièces triangulaires appelées *cartilages aryténoïdes* (fig. 189).

La membrane muqueuse des voies respiratoires, qui fait suite à la tunique du pharynx et qui tapisse la cavité circonscrite par ces cartilages, forme dans l'intérieur de celle-ci une paire de gros replis parallèles en forme de lèvres, dirigés d'avant en arrière, fixés par leurs extrémités opposées d'une part à la pomme d'Adam, d'autre part aux cartilages

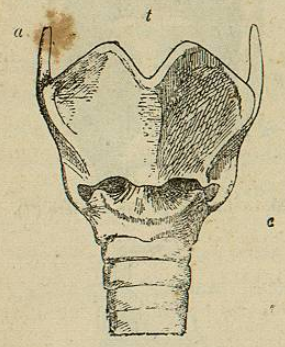

Fig. 187 (*).

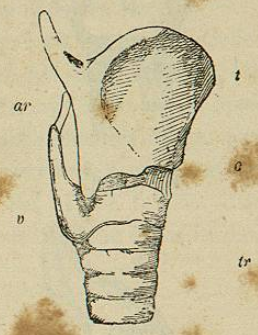

Fig. 188 (**).

aryténoïdes et laissant entre eux une ouverture comparable à une boutonnière que l'on appelle la *glotte*. Ces lèvres désignées sous le nom de *cordes vocales* sont surmontées d'une paire de replis accessoires (ou lèvres supérieures de la glotte) et entre les deux étages ainsi constitués se trouve de chaque côté une excavation appelée *ventricule laryngien*. Les cordes vocales logent dans leur épaisseur des muscles

(*) Larynx de l'homme vu de face : *t*, cartilage thyroïde ; — *a*, saillie formée en avant par le cartilage thyroïde, et connue sous le nom vulgaire de pomme d'Adam ; le cartilage thyroïde est uni à l'os hyoïde par une membrane ; — *c*, cartilage cricoïde ; — *tr*, trachée-artère.

(**) Larynx vu de profil : *t*, cartilage thyroïde ; — *c*, cartilage cricoïde ; — *ar*, cartilage aryténoïde ; — *tr*, trachée ; — *v*, paroi postérieure du larynx en rapport avec l'œsophage.

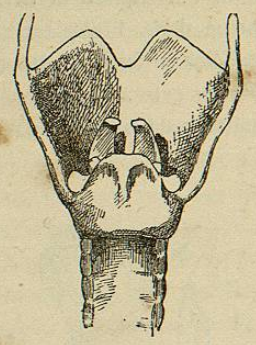

Fig. 189 (*).

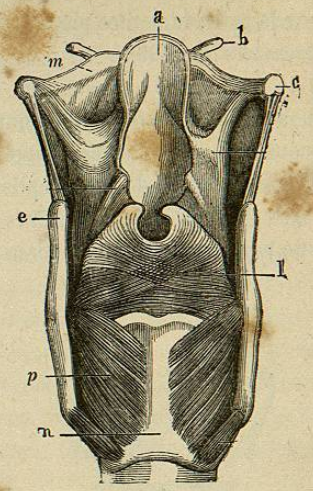

Fig. 190. — Larynx vu par derrière (**).

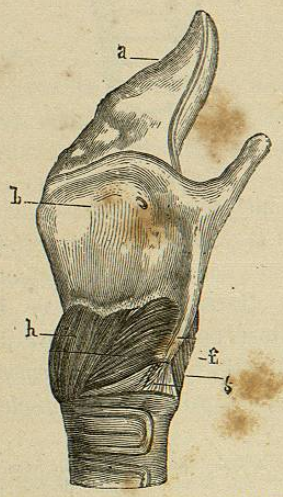

Fig. 191. — Larynx vu par côté (***)

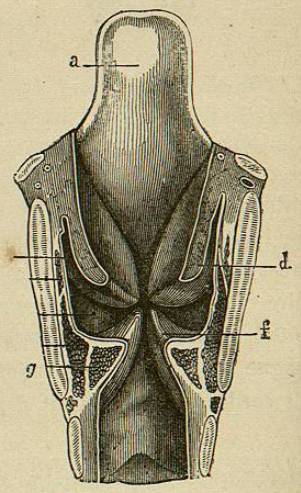

Fig. 192. — Coupe du larynx (****)

(*) Larynx vu en arrière : *t*, cartilage thyroïde; — *c*, cartilage cricoïde; — *ar*, cartilage aryténoïde.

qui en se contractant les raidissent et, par le jeu d'autres muscles qui s'attachent sur les cartilages, elles peuvent non-seulement être tendues plus ou moins fortement, mais aussi écartées entre elles ou rapprochées l'une de l'autre de façon à ce que l'ouverture glottique laissée entre leur portion libre soit plus ou moins raccourcie (fig. 190 à 192). L'entrée du larynx est surmontée d'une sorte de soupape, placée en avant sous la base de la langue et appelée l'*épiglotte* (fig. 43). Enfin la cavité du larynx se continue inférieurement avec la trachée, tube qui, dans l'appareil vocal, fait fonction de porte-vent.

Chez quelques Mammifères le larynx est pourvu de poches accessoires servant au renforcement des sons; cette disposition s'observe chez les Gorilles et les Orangs-Outangs. Un appareil de renforcement très puissant existe chez les Singes hurleurs, il consiste principalement en une caisse à parois minces formée par le développement du corps de l'os hyoïde, aussi les cris que poussent ces animaux sont-ils d'une intensité dont on a peine à se faire une idée.

PRODUCTION DE LA VOIX.

§ 143. La soufflerie qui met en jeu l'instrument musical formé par le larynx est composée de ce porte-vent et de la pompe respiratoire constituée par les poumons et les parois mobiles de la chambre thoracique. La colonne d'air chassée de la poitrine par les mouvements d'expiration presse contre les lèvres de la glotte et y détermine des mouvements vibratoires analogues à ceux que le frottement d'un archet détermine dans les cordes d'un violon ou à ceux que le courant d'air produit par le soufflet d'un orgue

(**) *a*, épiglotte ; — *m*, *b*, *c*, os hyoïde ; — *e*, cartilage thyroïde ; — *n*, cartilage cricoïde ; — *l*, muscle inter-aryténoïdien ; — *p*, muscle crico-aryténoïdien postérieur.

(***) *a*, épiglotte ; — *b*, cartilage thyroïde ; — *g*, *f*, muscle crico-aryténoïdien postérieur ; — *h*, muscle crico-thyroïdien.

(****) *a*, épiglotte ; — *d*, corde vocale supérieure coupée ; — *f*, corde vocale inférieure et son muscle *g* ; — *v*, ventricule du larynx.

détermine dans l'anche de cet instrument, et ce sont ces oscillations qui donnent naissance aux sons vocaux (fig. 193). Les parois élastiques du larynx, de la trachée, des bronches et des autres parties de la soufflerie respiratoire, renforcent ces sons comme la table d'harmonie d'un violon ou d'un piano renforce les sons

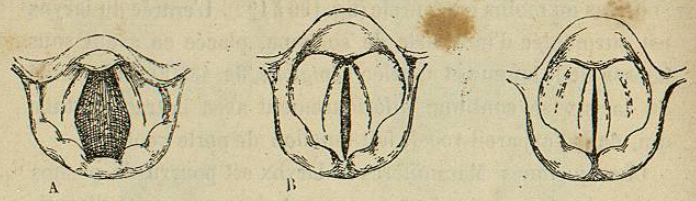

Fig. 193 (*).

produits par la vibration des cordes de ces instruments de musique, et l'air expiré, en frottant les parois de la portion vestibulaire de l'appareil vocal, peut produire aussi de petites vibrations sonores, ainsi que cela a lieu dans le chuchotement ou lorsque nous sommes atteints d'*aphonie*, affection que l'on appelle communément *extinction de voix* ; mais la voix ordi-

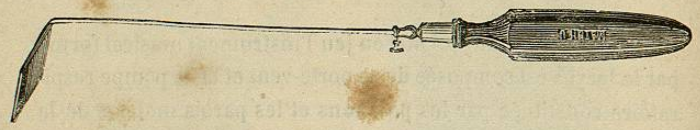

Fig. 194. — Laryngoscope.

naire ou voix phonante ne peut être produite que par les vibrations des lèvres de la glotte et le ton des sons engendrés ainsi dépend du nombre des oscillations accomplies dans un temps donné ; plus ces mouvements de va-et-vient sont lents, plus le son est grave, et plus les vibrations sont accélérées, plus le son est aigu. Or, la rapidité des vibrations est en rap-

(*) Forme de l'ouverture de la glotte dans les sons graves (B), dans les sons aigus (C), et dans l'inspiration profonde (A).

port avec la longueur et le degré de tension des cordes laryngiennes et ces conditions dépendent soit du degré d'ouverture de la glotte déterminé par les mouvements des cartilages aryténoïdes, soit de la contraction des fibres musculaires logées dans l'épaisseur de ces lèvres glottiques. C'est ainsi que

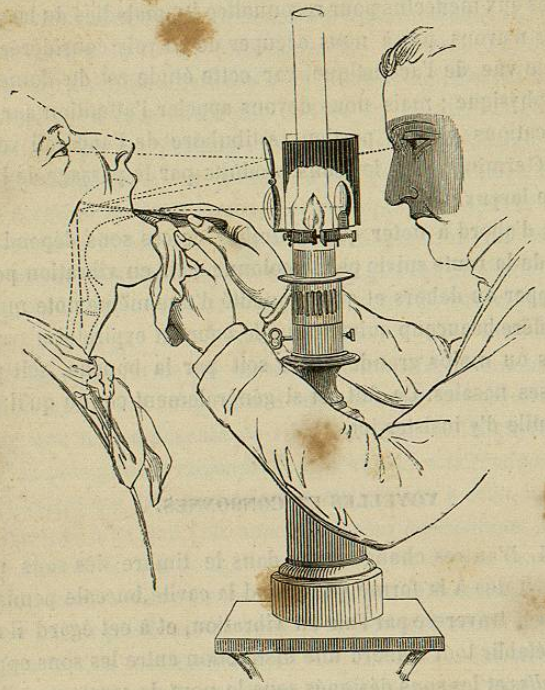

Fig. 195. — Examen au laryngoscope.

la voix de l'Homme est plus grave que la voix de la femme ou de l'enfant, parce que chez lui les cordes vocales sont plus longues et plus épaisses, et c'est en raccourcissant de plus en plus la portion libre de leurs bords et en les tendant de plus en plus que le chanteur produit des sons de plus en plus aigus. Or

peut constater ces changements en observant les mouvements de la glotte au moyen d'un petit miroir appelé *laryngoscope* (fig. 194) que l'on place obliquement au fond de l'arrière-bouche (fig. 195) et en exécutant en même temps une gamme ascendante ou descendante. Le laryngoscope rend aussi beaucoup de services aux médecins pour reconnaître les maladies du larynx.

Nous n'avons pas à nous occuper de la voix considérée au point de vue de l'acoustique, car cette étude est du domaine de la physique ; mais nous devons appeler l'attention sur les modifications que la portion vestibulaire de l'appareil vocal peut déterminer dans les sons produits par le passage de l'air dans le larynx.

Il est d'abord à noter que le timbre de ces sons dépend en partie de la route suivie par la colonne d'air en vibration pour s'échapper au dehors et que la qualité d'une même note musicale diffère beaucoup suivant que le courant expiratoire passe en plus ou moins grande partie soit par la bouche, soit par les fosses nasales. Ce fait est si généralement connu qu'il serait inutile d'y insister ici.

VOYELLES ET CONSONNES.

§ 144. D'autres changements dans le timbre des sons vocaux sont dus à la forme que prend la cavité buccale pendant qu'elle est traversée par l'air en vibration, et à cet égard il est utile d'établir tout d'abord une distinction entre les sons appelés *voyelles* et les sons désignés sous le nom de *consonnes*. Chacun des premiers peut être produit isolément et prolongé tant que la soufflerie vocale est apte à fonctionner ; pendant toute sa durée il peut changer d'intensité et de tonalité, mais son timbre reste constant et pendant son émission le porte-voix ne change pas de forme ; mais cette forme varie, suivant le caractère de ce son, et c'est de là que dépendent les particularités caractéristiques des divers sons représentés graphiquement

par les lettres *a*, *e*, *i*, *o*, *u*, que les grammairiens appellent des voyelles, ou par la diphthongue *ou*. Ainsi, lorsque pendant la vocalisation la bouche est largement ouverte et reste évasée en forme d'entonnoir, c'est la voyelle *a* qui se fait entendre ; lorsque l'orifice buccal se rétrécit fortement dans le sens vertical et s'allonge beaucoup transversalement, la même note devient la voyelle (ou phonante) *i*, et lorsque cet orifice se resserre circulairement et s'avance beaucoup, c'est la voyelle *u* prononcée à la manière des Italiens ou la diphthongue *ou* des Français qui est produite. Pour l'émission de chaque son de cette catégorie la cavité buccale prend une forme particulière et, à raison de cette forme, devient apte à renforcer certains sons de préférence à d'autres ; elle fonctionne alors à la manière des instruments d'acoustique que les physiciens appellent des *résonnateurs*. Or chaque son vocal, de même que chaque son produit par la vibration de la corde d'un instrument de musique, est formé par un assemblage de mouvements vibratoires ayant des longueurs d'onde diverses et produisant chacun une note différente ; la vibration dont la longueur d'onde est la plus grande engendre le son appelé *note fondamentale* et les autres qui font en quelque sorte cortège à celle-ci donnent naissance à ce que l'on appelle des *sons harmoniques* (fig. 196). Le timbre du son complexe ainsi produit dépend des rapports d'intensité existants entre ces divers sons élémentaires, et lorsque un ou plusieurs de ceux-ci se trouvent renforcés par l'influence d'un résonnateur apte à entrer facilement en vibration avec ces mêmes sons partiaux, il en résulte que le tout acquiert un timbre spécial.

C'est de la sorte qu'en plaçant au devant de l'orifice de sortie d'un instrument à vent des résonnateurs de formes diverses on peut donner à une même note musicale le caractère de telle ou telle voyelle et constituer une sorte de *machine parlante* apte à faire entendre alternativement toutes les voyelles.

D'autres sons produits par la voix humaine ont un caractère

différent, ils ne peuvent être formés isolément et sont nécessairement accompagnés d'une voyelle ; telles sont les consonnes représentées graphiquement par les lettres *b, c, d, f, g, h, j*.

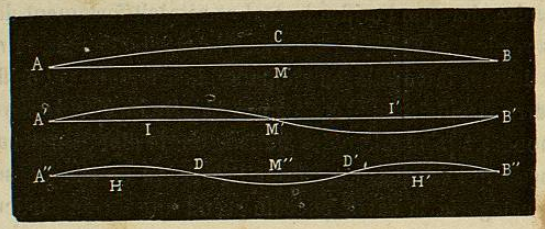

Fig. 196 (*).

etc. Les uns résultent du mode d'émission ou du mode d'arrêt de la voyelle, d'autres du bruit causé par le passage de l'air expiré dans des rétrécissements temporaires du vestibule vocal dus à certains mouvements du pharynx, de la langue ou des lèvres.

La *vocalisation* et l'*articulation* des sons vocaux sont par conséquent dues à des mécanismes différents, et c'est à cause de la grande perfection des organes de la voix dans l'espèce humaine que l'Homme a pu employer la parole pour exprimer ses sentiments et ses pensées. Quelques oiseaux tels que les Perroquets ont à un moindre degré la faculté de varier d'une manière analogue les sons produits par leur appareil vocal, mais ils n'ont pas l'intelligence nécessaire pour faire usage de ces sons comme signes de la pensée, et chez certains animaux où la voix sert comme moyen d'expression (chez le chien par exemple), la faculté de varier les sons vocaux est trop limitée

(*) La corde A B vibrant dans toute sa longueur produit la note fondamentale. La corde A'B' divisée en deux parties égales en M' qui vibrent séparément produit un son harmonique qui est l'octave aiguë du son fondamental. La corde A"B", subdivisée en trois parties égales en D et D' qui vibrent séparément, produit un autre son harmonique plus aigu, correspondant à un nombre de vibrations triple de celles du son fondamental.

pour que les communications établies de la sorte entre l'individu et son entourage puissent lui servir beaucoup.

SONS PRODUITS PAR LES ANIMAUX.

§ 145. Chez la plupart des Mammifères l'appareil phonateur est constitué à peu près comme chez l'Homme quant à ses parties essentielles, et c'est toujours dans le larynx que la voix de

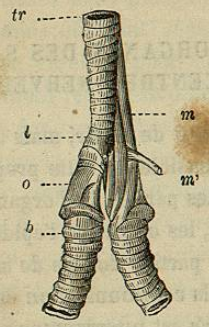

Fig. 197 (*).

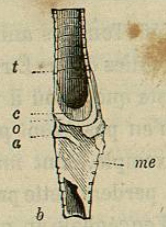

Fig. 198 (**).

ces animaux est produite. Mais chez les Oiseaux il en est autrement ; chez ces animaux le larynx proprement dit n'est pas apte à faire vibrer l'air qui sort des poumons et ce mouvement y est produit par le jeu d'un instrument musical situé à l'extrémité inférieure de la trachée, dans le point où ce tube

(*) Larynx inférieur de la Corneille : *tr*, trachée-artère ; — *l*, tambour formé par l'extrémité inférieure de la trachée ; — *o*, osselet moyen de la trachée ; — *b*, premier arceau des bronches, séparé du troisième osselet du larynx par un espace membraneux ; *m*, muscles propres du larynx : ces muscles ont été enlevés du côté opposé ; — *m'*, muscle abaisseur de la trachée.

(**) Coupe verticale du larynx : *t*, portion inférieure de la trachée fendue par la moitié ; — *c*, membrane semi-lunaire située au-dessus du point de réunion des deux glottes et fixée à une boite osseuse (*o*) ; — *a*, bourrelet que forme la lèvre interne de la glotte droite ; — *me*, face interne de la bronche droite formée par une membrane tympaniforme ; — *b*, portion de la cavité de la bronche droite mise à nu par la section d'une partie de cette membrane.

se bifurque pour constituer les bronches (fig. 197 et 198). On appelle *larynx inférieur* ou *sirynx* cet organe et on remarque qu'il est particulièrement compliqué dans sa structure chez les oiseaux chanteurs.

Les bruits produits par divers Insectes tels que les Sauterelles et les Cigales (1) résultent du jeu d'organes mécaniques très différents et dépendent en général du frottement de certaines parties dures du squelette extérieur sur les parties voisines.

DE LA SENSIBILITÉ ET DES ORGANES DES SENS; ROLE DES NERFS ET DES CENTRES NERVEUX.

§ 146. Tous les animaux ont la faculté de sentir, mais toutes les parties de ces Êtres ne sont pas sensibles et cette propriété n'existe que là où il y a des nerfs. Les parties de l'organisme qui n'en possèdent pas, les cheveux, les ongles et l'épiderme par exemple, sont insensibles et les parties douées de sensibilité perdent cette propriété lorsque la communication établie avec l'encéphale au moyen de ces nerfs est interrompue par la section ou la désorganisation de ces conducteurs.

Pour se rendre compte de ce que l'on peut appeler le **mécanisme des sensations**, il faut distinguer, dans le travail biologique dont toute sensation résulte, trois choses :

1° L'impression produite sur la partie sensible par un agent excitateur ;

2° La transmission de l'excitation développée de la sorte au centre nerveux apte à avoir conscience de l'action exercée ainsi sur l'organisme ;

3° La perception consciente de l'excitation déterminée par l'arrivée de ce stimulant au centre nerveux dont nous venons de parler, lequel chez l'Homme et les autres Mammifères est le cerveau.

(1) Voyez 1re partie, pages 308 et 312.

§ 147. Tous les nerfs du corps humain ne sont pas aptes à transmettre ainsi au cerveau les excitations sensitives et sont excito-moteurs seulement : par exemple, les nerfs de la 3e de la 4e et de la 6e paires, c'est-à-dire les nerfs oculo-moteurs et les nerfs pathétiques, sont affectés uniquement au service de la sensibilité, et dans les nerfs mixtes, qui sont à la fois excito-moteurs et sensitifs. Ces deux propriétés appartiennent chacune à une catégorie des fibres élémentaires particulières qui sont entremêlées dans presque toute la longueur de ces conducteurs, mais qui sont séparées entre elles dans le voisinage de l'axe cérébro-spinal et, ainsi que nous l'avons vu précédemment (1), ce sont les fibres sensitives qui constituent la totalité des racines postérieures des nerfs rachidiens. Il en résulte que la destruction de ces racines rend insensibles les parties correspondantes du corps sans déterminer dans ces parties la paralysie des organes du mouvement; tandis que la division des racines antérieures fait cesser les mouvements volontaires sans détruire la sensibilité.

Il est également à noter que les racines sensitives des nerfs mixtes présentent sur leur trajet un ganglion (fig. 161) et que ces fibres, de même que celles dont elles sont la continuation, sont très sensibles. Si on les pique, si on les excite au moyen d'un agent chimique ou si on y fait passer de l'électricité, il en résulte de la douleur.

§ 148. La moelle épinière remplit dans l'économie animale des fonctions analogues ; elle est sensible à l'action des mêmes stimulants et elle est un conducteur des impressions produites de la sorte ; mais, pas plus que les nerfs, elle n'a la faculté de percevoir les sensations que ces excitations sont destinées à produire, et pour que nous en ayons conscience il faut que celles-ci agissent sur notre cerveau. En effet, la division de la moelle épinière sur un point quelconque de sa longueur

(1) Voy. page 187.