

ou *faisceau de Turck* (fig. 23, P D). Ainsi l'étude des dégénérescences précise ce que l'anatomie indiquait : les conducteurs de la volonté, c'est-à-dire les pyramides bulbaires se continuent dans les cordons antérieurs et latéraux de la moelle, mais une partie, la plus considérable, va dans le cordon latéral du côté opposé, une autre partie, moins considérable, va dans le cordon antérieur du même côté. Ces données sont confirmées du reste par l'anatomie pathologique (affections systématiques de ces faisceaux pyramidaux) et par l'étude du développement, les fibres de ces faisceaux restant longtemps distinctes des fibres voisines par ce fait qu'elles n'acquièrent que tardivement leur gaine de myéline.

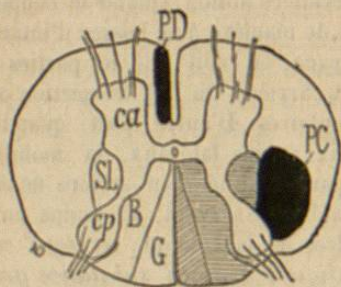


FIG. 23. — Situation, dans la moelle épinière, des faisceaux pyramidaux venant de l'hémisphère cérébral gauche*.

Cependant les expériences de vivisection et les observations cliniques ont démontré qu'une lésion de l'hémisphère gauche produit une hémiplegie, c'est-à-dire une paralysie à droite ; les conducteurs des mouvements volontaires subissent donc une décussation complète avant de se rendre aux cornes antérieures. Il en est bien ainsi, comme le montre l'anatomie microscopique et l'étude des dégénérescences, c'est-à-dire que le faisceau pyramidal direct ou de Turck, malgré son trajet direct (non croisé) va se terminer dans les cornes antérieures du côté opposé ; à cet effet ses fibres, en approchant de leur terminaison inférieure, se jettent dans la commissure antérieure et passent ainsi dans l'autre moitié

* PD, faisceau pyramidal direct ; — PC, faisceau pyramidal croisé ; — on a de plus représenté sur cette figure le cordon de Goll (G, à droite il est ombré de traits obliques), le cordon de Burdach (B, ombré à droite de traits horizontaux), et le cordon sensitif latéral (SL, ombré à droite de traits horizontaux).

de la moelle, pour y atteindre les cornes antérieures de substance grise. Donc la décussation des fibres pyramidales se fait en plusieurs temps ; d'abord, d'un seul coup, et pour le plus grand nombre des fibres, au niveau de la continuité du bulbe et de la moelle (collet du bulbe, en 3, fig. 24), puis successivement, dans toute la longueur de la moelle, au niveau de la commissure antérieure (en PD, fig. 24). Les fibres pyramidales ou conducteurs de la volonté se rendent donc en définitive dans la moitié de la moelle opposée à l'hémisphère cérébral d'où elles partent, et la lésion d'un hémisphère doit produire l'hémiplégie, c'est-à-dire la suppression du mouvement volontaire dans la moitié opposée du corps. En d'autres termes, à l'état normal, c'est l'hémisphère cérébral gauche qui commande les mouvements de la moitié droite des corps, et l'hémisphère droit ceux de la moitié gauche. La figure 24 donne un schéma de l'ensemble de ces dispositions ; on y voit que le faisceau pyramidal, venu de l'hémisphère situé à gauche, va en entier se terminer, aussi bien la partie croisée que la partie dite directe, dans la corne antérieure située à droite, grâce à la décussation terminale du faisceau de Turck (voyez la coupe figurée en 6).

Connaissant, dans les cordons antéro-latéraux, la situation des faisceaux pyramidaux, il reste à déterminer ce que représentent les autres parties de ces cordons. Nous savons déjà que la partie profonde du cordon latéral représente un faisceau sensitif, centripète, portant les sensations vers l'encéphale, et étudié ci-dessus (p. 61) sous le nom de *faisceau sensitif latéral* (S L, fig. 23).

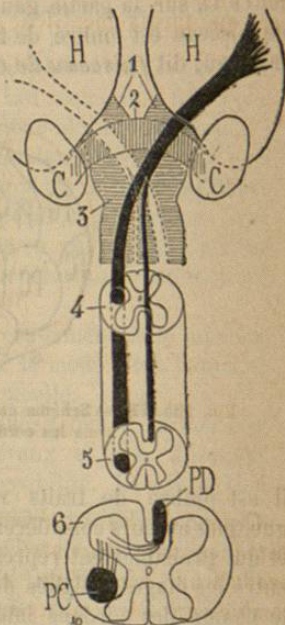


FIG. 24. Schéma du trajet complet des faisceaux pyramidaux*.

* H, H, Les hémisphères cérébraux (le cerveau est vu par la face antéro-inférieure ; donc l'hémisphère gauche est sur le côté droit de la figure ; de même pour la moelle) ; — C, C, les hémisphères du cervelet ; — 1, pédoncules cérébraux ; — 2, protubérance annulaire ; — 3, collet du bulbe, où se fait la décussation incomplète des pyramides (leur faisceau le plus externe ne se décusse pas) ; — de 4 à 5, un tronçon de moelle où on suit le trajet des faisceaux pyramidaux venant de l'hémisphère gauche ; ils sont en noir ; les faisceaux pyramidaux venus de l'hémisphère droit et figurés en blancs ne sont pas indiqués ici dans ce tronçon ; — en 6, coupe de moelle (surface de section de l'extrémité inférieure du tronçon précédent) pour montrer la décussation, dans la moelle, des faisceaux de Turck.

L'étude des dégénérescences ascendantes ou descendantes consécutives aux sections de ces cordons, l'étude de leur développement (époques de l'apparition de la myéline autour de leurs fibres), enfin l'étude de leurs maladies systématiques ont permis d'y distinguer divers faisceaux, que nous nous contenterons d'énumérer ici, d'après la figure 25, renvoyant pour plus de détails aux *Traité d'anatomie*.

Dans le cordon latéral proprement dite est un faisceau dit *cérébelleux direct* qui sert de commissure entre la moelle et le cervelet (F C, sur la partie gauche de la figure 25), sur la partie droite ce faisceau est ombré de traits verticaux). En avant est un autre faisceau, dit *faisceau de Gowers* (F G, fig. 25, à gauche; à droite

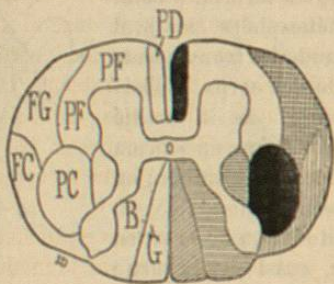


FIG. 25. — Schéma de l'ensemble des faisceaux qui composent les cordons blancs de la moelle*.

il est ombré de traits verticaux et horizontaux croisés), que quelques auteurs considèrent comme un conducteur de la sensibilité et qui probablement représente seulement de longues commissures entre les étages éloignés de la moelle. Enfin tout ce qui reste dans le champ des cordons latéraux et antérieurs, c'est-à-dire tout ce qui ne prend pas part aux faisceaux que nous venons d'indiquer et ceux précédemment décrits (faisceau sensitif latéral, faisceaux pyramidaux direct et croisé), forme ce qu'on nomme la *partie fondamentale* (P F, PF, fig. 25) des cordons antéro-latéraux et est considéré comme représentant des commissures courtes entre les étages voisins de la substance grise de la moelle.

Substance grise de la moelle. — Nous étudierons plus loin

* A droite ces faisceaux sont ombrés de traits diversement dirigés pour rendre les faisceaux bien distincts; à gauche, dans le champ de chaque faisceau, est la lettre indicatrice: — PD, faisceau pyramidal direct; — PC, faisceau pyramidal croisé; — SL, faisceau sensitif latéral (voir fig. 23); — FG, faisceau cérébelleux direct; — FG, faisceau de Gowers; — PF, PF, partie fondamentale du cordon antéro-latéral; — B, faisceau de Burdach; — G, cordon de Goll.

l'axe gris de la moelle au point de vue de ses fonctions comme centre nerveux; mais cet axe gris, soit par divers minces faisceaux blancs qu'il renferme (principalement dans la corne postérieure), soit par sa substance grise elle-même, c'est-à-dire par l'ensemble de ses cellules avec leurs prolongements, subdivisés et étendus au loin, joue encore le rôle de conducteur. A cet égard tous les physiologistes sont d'accord pour reconnaître que la substance grise de la moelle n'est pas excitable expérimentalement. C'est là, du reste, un fait qui s'observe dans tous les autres amas de substance grise de l'axe nerveux cérébro-spinal, et qui ne perdra son caractère général que lorsqu'il aura été bien prouvé que la substance grise corticale des hémisphères est directement excitable par les moyens expérimentaux. Les recherches faites par l'application d'excitations diverses sont donc absolument impuissantes à nous instruire sur les fonctions conductrices de l'axe gris médullaire. Mais déjà, par le fait des rapports intimes des fibres des racines postérieures et des fibres des cordons postérieurs avec la substance grise des cornes postérieures on est amené à penser que par l'axe gris pourraient bien s'effectuer certaines conductions sensibles.

Les expériences de section de la moelle confirment cette manière de voir et jettent un jour tout nouveau sur le mode selon lequel se fait la conduction de la sensibilité dans la moelle.

L'expérience montre, en effet, tout d'abord que la section des faisceaux postérieurs, des faisceaux latéraux et des faisceaux antérieurs laisse persister en partie la sensibilité. La vivisection la plus concluante serait celle qui consisterait à couper transversalement la substance grise, en laissant intactes les parties blanches qui l'enveloppent; mais si l'on a présente aux yeux la forme qu'affecte l'axe gris médullaire (fig. 18, p. 39), on comprendra facilement qu'une semblable opération peut être regardée comme impossible, et qu'il n'y a que peu de confiance à accorder aux expériences, dans lesquelles on suppose l'avoir à peu près correctement réalisée. Mais on peut du moins, ainsi que l'indique Vulpian, « faire une excision profonde des parties postérieures de la moelle dans une largeur de 1, 2, 3 centimètres, et lorsque la sensibilité est conservée dans les membres postérieurs, on reconnaît, après la mort, qu'on a laissé en place, en rapport avec les faisceaux antérieurs, une partie plus ou moins étendue de la substance grise. » Ces expériences, variées de mille manières, ne laissent aujourd'hui aucun doute sur ce fait, que *la conduction des impressions sensibles se fait, dans la moelle, en partie par la substance grise.*

Mais, chose remarquable, les sections portées expérimentalement sur la substance grise prouvent que cette substance grise ne conduit point les impressions sensibles par des voies anatomiquement préétablies, mais pour ainsi dire d'une manière *indifférente*. Ces faits singuliers, et qui sont en contradiction avec les théories les plus classiques et notamment avec la théorie des conducteurs sensitifs spéciaux, ont été mis dans toute leur évidence par Vulpian. Ce physiologiste a montré, en effet, que la moelle épinière peut transmettre à l'encéphale les impressions reçues à la périphérie, même lorsqu'elle a subi des mutilations expérimentales considérables. S'il s'agit seulement de sections transversales, ces sections peuvent diviser la moelle épinière dans une grande partie de son épaisseur, et dans un sens quelconque, sans interrompre la transmission des impressions sensibles, à la condition qu'une petite partie de la substance grise (une sorte de pont) ait été respectée par l'incision. Quel que soit le sens de l'incision transversale incomplète de la moelle, l'animal conserve incontestablement la possibilité de reconnaître le point du corps irrité, c'est-à-dire qu'il conserve encore des notions plus ou moins exactes sur la position respective des diverses régions de son corps qui sont en relation, par leurs nerfs, avec la partie de la moelle épinière située en arrière du siège de la lésion.

Il est impossible d'accepter, en présence de ces faits si remarquables, l'hypothèse qui voudrait que chaque parcelle d'une tranche transversale, passant par un point quelconque de la substance grise médullaire, contiennent des éléments conducteurs en rapport avec toutes les fibres sensibles des nerfs naissant en arrière de ce point. On est donc conduit ainsi à se demander si les impressions, arrivant dans la substance grise médullaire, n'y provoqueraient pas une opération physiologique spéciale, se produisant dans la région même qui reçoit l'impression, variant suivant le lieu d'où part l'excitation, suivant l'étendue de la région impressionnée, suivant le genre d'excitation qui donne lieu à l'impression périphérique. De cette opération physiologique résulterait une sorte d'impression centrale, médullaire, qui pourrait être ensuite transmise à l'encéphale par une voie quelconque, par un petit nombre d'éléments conducteurs comme par un plus grand nombre, et qui conserverait plus ou moins exactement, dans les éléments conducteurs, tous les caractères de forme, d'intensité, et jusqu'à une sorte d'empreinte originelle, permettant au sensorium de reconnaître le siège du point de départ périphérique de l'excitation qui a provoqué la formation de cette impression médullaire (Vulpian).

Ces vues nouvelles ne sont pas en désaccord avec les faits cliniques. Nous citerons, pour montrer comment chez l'homme la continuité physiologique de la moelle peut être rétablie par le fait d'une continuité anatomique très restreinte, un cas qui nous paraît venir à l'appui des résultats expérimentaux. Charcot (*Leçons sur la compression lente de la moelle épinière*) a pu examiner l'état de la moelle chez un sujet dont la paraplégie, suite du mal de Pott, avait disparu depuis deux ans. Au niveau du point de compression, la moelle n'avait que le volume d'un tuyau de plume d'oie, et la coupe correspondait au tiers de la surface de

section d'une moelle normale; on pouvait y voir, au sein de tractus fibreux durs et épais, une grande quantité de tubes nerveux munis de myéline et de cylindres-axes; la substance grise n'y était plus représentée que par une seule corne, où on ne trouvait qu'un petit nombre de cellules intactes.

2° *La moelle centre nerveux; centres réflexes en général.* —

Jusqu'à présent nous n'avons considéré la moelle que comme conducteur, mais elle joue aussi un rôle de *centre* (colonnes grises) très important. Les *cellules* de sa substance grise établissent d'une façon plus ou moins directe la connexion fonctionnelle entre les *fibres centripètes* qui y arrivent et les *fibres centrifuges* qui en partent: ce sont elles qui président à ce qu'on appelle *actes* ou *phénomènes nerveux réflexes*.

Ainsi la substance grise de la moelle suffit pour *transformer la sensibilité en mouvement*, et le plus souvent elle le fait toute seule, sans qu'il y ait intervention de la fonction cérébrale. Si l'on coupe la moelle au-dessous du cerveau, il n'en résulte pas pour cela que les parties périphériques cessent d'être en communication avec un centre nerveux réflexe; seules les excitations volontaires, qui émanent du cerveau, ne peuvent plus arriver dans la moelle, et il y a paralysie des mouvements volontaires dans toute la partie du corps située au-dessous du niveau où la moelle a été sectionnée. Mais on peut dans ce cas provoquer le mouvement des extrémités, par exemple, en grattant la plante des pieds. Ce même fait s'observe encore dans les paralysies d'origine cérébrale, où le choc, le froid, la titillation et autres excitants des nerfs centripètes peuvent produire des mouvements et des sécrétions.

Pour étudier nettement les phénomènes réflexes au point de vue expérimental, il faut se placer dans des conditions qui suppriment, de la part de l'animal en expérience, tous les mouvements spontanés ou voulus, et ne laissent de manifestes que ceux qui sont le résultat direct des excitations que l'on porte sur ses surfaces sensibles. A cet effet, il faut supprimer les fonctions de l'encéphale en interrompant toute communication entre lui et la moelle épinière, siège des réflexes les plus élémentaires, les plus simples et les plus faciles à analyser. On décapite donc l'animal, s'il s'agit d'un animal à sang froid, d'une grenouille; s'il s'agit d'un animal à sang chaud, on coupe l'axe nerveux entre l'occipital et la première vertèbre cervicale, et, comme cette mutilation abolit les mouvements respiratoires, on pratique la respiration artificielle pour maintenir l'hématose, la circulation, les conditions de la vie, en un mot.

Mouvements réflexes. — La moelle peut donc produire certains

mouvements très compliqués sans le secours du cerveau; tels sont les *mouvements de défense*, que l'on observe chez les animaux décapités que l'on soumet à des irritations (grenouilles, tritons). En expérimentant sur des mammifères adultes, Chauveau a constaté que les actes musculaires réflexes, sur l'animal dont la moelle épinière est entièrement séparée de l'encéphale, sont aussi énergiques, et souvent aussi bien coordonnés (les chevaux donnent des coups de pied) que les mouvements volontaires. Ces mouvements réflexes sont caractérisés surtout par leur *instantanéité*, et par la facilité avec laquelle ils se produisent. Un animal, à l'état physiologique, pourra supporter une excitation intense sans faire le moindre mouvement; après la section de la moelle, le plus léger attouchement sur la partie du corps innervée par le segment postérieur de la moelle suffira pour provoquer des secousses énergiques dans les membres correspondants. Le plus souvent aussi les mouvements de progression (marche, saut, natation) se font sans qu'il y ait intervention de l'intelligence; la volonté peut être parfaitement absente dans la marche, et nous marchons d'ordinaire pour ainsi dire sans le savoir. Ce phénomène est le fait exclusif de la moelle épinière. Le cerveau n'intervient qu'à certains moments, quand, par exemple, il s'agit de régler la marche, de la modérer ou de la hâter. Ce qu'il y a de plus remarquable dans ce fait, comme dans plusieurs autres semblables (par exemple, pour l'homme qui écrit, pour le pianiste qui exécute un morceau en pensant à autre chose), c'est que des mouvements dont la coordination n'a pu être acquise que par de longs efforts d'attention et de volonté, arrivent, par l'habitude et l'exercice, à prendre le caractère de mouvements purement réflexes; c'est alors ce que, dans le langage ordinaire, on appelle un *mouvement machinal*.

Du moment qu'il est reconnu que tous les actes organiques sont de nature à être considérés comme le résultat d'une impression périphérique, tous ces actes ont une essence réflexe: aussi tous les organes nous présenteront-ils à étudier dans leur fonctionnement une série de réflexes où nous verrons la moelle agir non comme un auxiliaire du cerveau, mais comme un centre qui, dans certains cas, peut se suffire parfaitement à lui-même. Quelques exemples de réflexes nous feront mieux comprendre le mode de fonctionnement des centres nerveux (en particulier de la moelle et de sa portion bulbaire).

L'*éternuement* est un phénomène provoqué, soit par une excitation portant sur la muqueuse nasale, soit par l'arrivée brusque des rayons lumineux sur les membranes de l'œil; cette irritation périphérique se transmet par le nerf trijumeau vers le ganglion de

Gasser, d'où elle passe jusqu'aux centres gris de la moelle allongée et de la protubérance; de là, par une série de réflexes nombreux et compliqués, elle se transforme, par l'intermédiaire de la moelle, en une excitation centrifuge qui s'irradie par les nerfs rachidiens jusque dans les muscles expirateurs.

Le *mouvement respiratoire* dépend de la moelle; c'est elle qui préside à son rythme régulier. Pour que ce phénomène réflexe puisse se produire, il faut que les surfaces sensibles de la trachée et des vésicules pulmonaires soient impressionnées par l'air extérieur introduit, ou par l'air vicié et chargé d'acide carbonique à la suite des échanges pulmonaires.

C'est aussi à la classe des phénomènes nerveux réflexes qu'appartiennent les *sécrétions*. On peut admettre, comme règle générale, que, toutes les fois qu'il y a sécrétion, il y a eu préalablement une impression qui s'est transmise aux centres nerveux et de là à la glande. La sécrétion salivaire se fait grâce aux nerfs centripètes du goût, qui amènent les impressions gustatives vers la moelle allongée, d'où elles se réfléchissent par la voie centrifuge jusque sur les glandes elles-mêmes et sur leurs vaisseaux. Ces nerfs centrifuges paraissent agir directement sur les cellules de l'organe sécréteur, indépendamment de l'élément vasculaire, car si l'on supprime la circulation d'une glande, tout en excitant ses fonctions, elle emprunte alors aux tissus environnants les matériaux qui ne lui sont plus fournis par le sang, et elle continue à sécréter.

L'*acte réflexe* est toujours le fait fondamental dans le fonctionnement de tout centre nerveux: on comprend donc que l'on se soit attaché à étudier les réflexes, à les classer, à déterminer les influences qui peuvent en exagérer ou en diminuer la production, et cela principalement sur la partie spinale de l'axe cérébro-rachidien, où l'arc réflexe est plus facile à isoler expérimentalement de tous les phénomènes qui viennent le compliquer. Nous ne pouvons que passer rapidement en revue les résultats obtenus par cette étude, commencée seulement à la fin du siècle dernier.

Quoique Astruc⁴, dès 1743, eût employé l'expression de *réflexes*, en comparant la transformation d'une impression en mouvement à un rayon lumineux qui se réfléchit sur une surface, ce n'est qu'avec les recherches de Robert Wyt, de Prochaska, de Legallois sur la moelle et sur ce qu'on appelait le *sensorium commune*, que Prochaska lui-même put nettement indiquer et le siège principal

⁴ Astruc, célèbre médecin français (1684-1763), qui fut professeur successivement à Montpellier, à Toulouse et à Paris.

(moelle) et l'essence même des phénomènes qui prirent dès lors le nom de *réflexes* (*impressionum sensoriarum in motorias reflexio*; 1784); enfin les études histologiques de la cellule nerveuse et de ses rapports avec les fibres nerveuses ont permis de se rendre un compte encore plus exact du mode par lequel se fait cette réflexion, quoique sur ce dernier point la plupart des données soient encore fort hypothétiques. Dès lors, Marshall-Hall (V. fig. 16, p. 32), Mueller, Lallemand¹, Flourens, Longet, Cl. Bernard, etc., enrichirent la science des faits si nombreux qui permettent aujourd'hui de classer les réflexes, de préciser les lois de leur production ainsi que les influences qui les modifient (surtout pour les réflexes médullaires).

Classification des actes nerveux réflexes. — On divise généralement les réflexes d'après les voies que suivent et l'action centripète et l'action centrifuge; à chacune de ces actions se présentent deux voies: ou les nerfs du système cérébro-rachidien, que nous avons seuls étudiés jusqu'ici, ou les branches du grand sympathique, par lequel nous terminerons l'étude du système nerveux.

Les réflexes les plus nombreux suivent comme voie centripète et comme voie centrifuge les filets nerveux rachidiens; tels sont la plupart de ceux que nous avons cités jusqu'ici: déglutition, éternuement, toux, clignement des paupières, marche, etc.

Une seconde classe, presque aussi nombreuse, se compose de réflexes dont la voie centripète est un nerf sensitif du système céphalo-rachidien, et la voie centrifuge un nerf moteur du grand sympathique, le plus souvent un vaso-moteur; tels sont les réflexes qui donnent lieu à des sécrétions (salive, etc.), aux phénomènes de rougeur ou de pâleur de la peau, à l'érection, à certaines modifications dans les battements du cœur, et, en pathologie, à un grand nombre de phénomènes que l'on disait *métastatiques*, comme un grand nombre d'ophtalmies, d'orchites, de coryzas qui tiennent à une hyperémie réflexe; et, d'autre part, comme tenant à une anémie réflexe, certains cas d'amaurose, de paralysies, de paraplégies, etc.

Une troisième classe renferme les réflexes dont l'action centripète a pour siège les nerfs du sympathique (sensibilité obtuse, dite *organique*, des viscères) et pour voie centrifuge les nerfs moteurs céphalo-rachidiens (*de la vie de relation*); la plupart de ces phénomènes sont du ressort de la pathologie: telles sont les convulsions que peut amener l'irritation viscérale produite par la présence de vers intestinaux, les éclampsies réflexes, l'hystérie, etc.;

¹ Lallemand, célèbre professeur à l'École de Montpellier (1790-1853).

comme phénomène normal de ce genre on pourrait citer le réflexe respiratoire, car l'impression que la surface pulmonaire envoie au bulbe est transmise par le pneumogastrique, qui, sous bien des rapports, se rapproche des nerfs du grand sympathique, ou tout au moins constitue une transition physiologique entre les rameaux du grand sympathique et ceux du système céphalo-rachidien.

Enfin, on peut comprendre dans une quatrième et dernière classe les réflexes dont les voies de conduction, centripète comme centrifuge, se trouvent dans les filets du grand sympathique: nous aurons à examiner plus tard si pour ceux-ci l'action centrale se passe dans les masses de substance grise du système céphalo-rachidien, ou dans celles des ganglions de la chaîne sympathique: tels sont les réflexes obscurs et encore difficiles à bien analyser qui président à la sécrétion des divers liquides intestinaux; ceux qui peuvent nous expliquer en partie les sympathies qui unissent les divers phénomènes des fonctions génitales, surtout chez la femme; la dilatation des pupilles par la présence de vers intestinaux dans le canal digestif; en général tous les actes d'innervation des organes de la nutrition, et, d'autre part, de nombreux réflexes pathologiques analogues à ceux que nous avons précédemment cités (la souffrance de l'estomac amenant la pâleur et le refroidissement de la peau, etc.).

Lois des actes nerveux réflexes. — Lorsqu'une irritation sensitive amène un phénomène réflexe, la production de celui-ci (en général *mouvement*) est soumise, dans son intensité et dans sa distribution anatomique, à certaines règles bien précises, que Pflüger a d'abord établies par l'expérimentation sur des grenouilles (lois de Pflüger), et que Chauveau a confirmées par ses recherches sur de grands mammifères. Ainsi une irritation faible, portée sur la peau d'un membre inférieur (par exemple, du côté droit), détermine un mouvement réflexe dans les muscles de ce même membre, c'est-à-dire dans les muscles dont les nerfs moteurs sortent de la moelle du même côté et au même niveau que les fibres sensitives excitées (*loi de l'unilatéralité*); si l'excitation devient plus intense, la réaction motrice se manifeste aussi du côté opposé, dans le membre correspondant, c'est-à-dire par les nerfs moteurs symétriques (*loi de la symétrie*); et ce membre correspondant (gauche, dans l'exemple choisi) présente toujours des mouvements moins intenses que celui (droit) qui a reçu l'excitation (*loi de l'intensité*). Enfin si l'excitation augmente encore, la réaction motrice s'étendra à des fibres centrifuges d'un niveau différent, mais toujours en s'avancant vers la partie supérieure (ou antérieure de la moelle), c'est-à-dire que l'irradiation s'étend de

bas en haut, de la moelle épinière vers la moelle encéphalique (bulbe, protubérance, etc.) (*loi de l'irradiation*). En dernier lieu, si l'excitation, et, par suite, la réaction motrice sont assez énergiques pour se propager de bas en haut jusqu'au bulbe et à la protubérance, la réaction devient générale, se propage en tous sens, même de haut en bas, de sorte que tous les muscles du corps y prennent part, le bulbe formant comme un foyer général d'où s'irradient tous les mouvements réflexes (*loi de la généralisation*).

Les mouvements réflexes, obéissant aux cinq lois que nous venons de citer, présentent encore ceci de remarquable, qu'ils se produisent avec une régularité, une coordination, qui semblent indiquer que ces réactions réflexes sont adaptées à un but. Il semble qu'il y a dans les dispositions histologiques de la moelle un *mécanisme préétabli*, dont les manifestations avaient si fortement impressionné les premiers vivisecteurs, qu'ils n'ont pas hésité (Robert Wytt, Prochaska¹, Legallois, Pflüger) à doter la moelle de quelques-unes de ces propriétés psychiques, si vagues et si mal définies, que l'on désigne sous les noms de *sensorium commune*, *volonté*, *perception*, *âme*, etc. Ainsi une grenouille à laquelle on a enlevé le cerveau (pour éliminer toute influence étrangère à la moelle) réagit quand on pince une de ses pattes, comme pour se défendre : si on cautérise la peau d'un de ses membres avec une goutte d'acide, elle l'essuie immédiatement avec cette patte, si, par exemple, l'acide a été déposé sur la racine de la cuisse ou sur le bassin : bien plus, si on ampute le membre qui se fléchit ainsi vers la cuisse, on voit l'animal, réduit à son centre médullaire, après de vains efforts du moignon pour atteindre la partie lésée (*loi de l'unilatéralité*), si l'irritation persiste et surtout si elle augmente, se servir du membre du côté opposé (*loi de symétrie*) pour aller frotter et essuyer la place irritée. L'irritation continuant, il peut se produire des mouvements dans tous les membres de l'animal, un saut en avant, la fuite, en un mot. Des mouvements de ce genre, quoique moins complets, se manifestent chez l'homme pendant le sommeil, quand les organes cérébraux sont complètement inactifs, et que l'action de chatouiller la plante du pied, quoique non perçue, n'en amène pas moins le retrait brusque du membre correspondant, ou des deux membres, etc. On voit qu'un grand nombre des réflexes coordonnés ont le caractère de mouvements de défense.

Variations d'intensité des mouvements réflexes. — Quels que soient les phénomènes qui se passent dans les centres de sub-

¹ Prochaska, anatomiste et physiologiste autrichien (1749-1820), professeur à Vienne pendant de longues années.

stance grise (cellules nerveuses) lors de la production d'un réflexe, on désigne sous le nom de *pouvoir réflexe* la propriété qu'a l'axe gris de la moelle (ou les centres semblables) de transformer des impressions centripètes en réactions centrifuges; cette expression offre une certaine commodité de langage, car il est des agents qui paraissent porter leur action sur le *pouvoir réflexe* pour l'exagérer ou le diminuer, sans agir aucunement sur la partie centripète ou centrifuge de l'acte (conduction), mais uniquement sur l'acte central. Nous ne pouvons rapporter ici les nombreuses recherches par lesquelles on est parvenu à préciser ainsi l'action centrale de ces agents et distinguer ceux-ci des agents analogues qui portent plus spécialement leur action sur les voies périphériques; il nous suffira de rappeler les belles expériences de Cl. Bernard sur le curare et les nerfs moteurs (V. *Physiologie des muscles, irritabilité musculaire*). Quant aux agents qui modifient le pouvoir réflexe, nous citerons :

La température ambiante : les *mouvements* réflexes sont chez la grenouille plus énergiques et plus faciles à provoquer en été qu'en hiver (Brown-Séguard, Cayrade), mais aussi le pouvoir réflexe s'épuise plus vite pendant la saison chaude. Les sections de la moelle ou sa séparation de l'encéphale : dans ces cas, les réflexes sont exagérés, ce qui est peut-être dû à une irritation des centres par le fait même de la section, mais tient surtout au fait même de l'interruption de toute communication entre ces centres et d'autres centres dits *modérateurs* (Setschenow); en effet, les centres supérieurs (surtout le cerveau) exercent une action modératrice sur le *pouvoir réflexe* ou *excito-moteur* de la moelle; sur un animal intact, on produit la diminution de l'activité réflexe de la moelle par l'excitation des centres supérieurs, dont on exagère ainsi l'action modératrice (voir, ci-dessus, p. 35, la théorie générale des nerfs modérateurs). Un certain nombre de poisons portent directement leur action sur les centres pour en exagérer le pouvoir réflexe : tels sont la strychnine, la picrotoxine, la nicotine et certains produits plus ou moins pathologiques de l'organisme, comme dans les infections septiques, l'urémie, l'ictère grave.

Par contre, le pouvoir réflexe est diminué par l'anémie, par de nombreuses excitations antérieures qui l'ont épuisé, et par certaines substances toxiques ou médicamenteuses, comme l'acide cyanhydrique, le bromure de potassium et certains principes de l'opium¹.

¹ Les recherches de Cl. Bernard sur les anesthésiques ont montré que tous les principes de l'opium ne sont pas des calmants; les uns sont excitateurs du système nerveux (excito-réflexes); ce sont : la thébaïne, la papavérine et la

3° *Des centres réflexes spéciaux de la moelle.* — Lorsque, sous l'influence d'excitations faibles ou spécialement localisées, les mouvements réflexes ne s'irradient pas de manière à produire des contractions générales, lorsqu'ils restent circonscrits dans un domaine particulier de la sphère motrice, ce domaine est toujours dans un rapport constant avec la partie de la sphère sensitive sur laquelle a été portée l'excitation, c'est-à-dire que, selon que telle partie de la peau aura été excitée, ce sera toujours tel ou tel muscle, tel ou tel groupe de muscles, qui entrera en action. C'est ce que Ch. Richet a appelé la *loi de la localisation* des réflexes. En d'autres termes, il y a un groupement, un rapport anatomique préétabli entre certains amas de cellules nerveuses de l'axe gris, d'une part, et certaines fibres centripètes et centrifuges, d'autre part; et tant que le phénomène réflexe reste circonscrit, il est toujours, par l'excitation de mêmes fibres sensitives, localisé dans les mêmes fibres motrices. Aussi l'expérimentation permet-elle de distinguer dans la moelle des centres circonscrits, c'est-à-dire des *localisations fonctionnelles médullaires* formant comme le premier échelon de la série des localisations plus élevées qu'on a établies dans les organes de la base de l'encéphale, et que la physiologie expérimentale et la physiologie pathologique poursuivent aujourd'hui jusque dans la couche grise corticale des circonvolutions. Les différents centres fonctionnels dont l'existence dans la moelle est aujourd'hui bien établie sont :

Centre cardiaque (Cl. Bernard). — Ce centre correspond à la partie inférieure de la région cervicale et à la partie moyenne de la région dorsale; son excitation accélère les battements du cœur; la transmission de cette excitation se fait par les nerfs cardiaques sympathiques qui émergent de la moelle avec les racines du ganglion cervical inférieur; c'est le nerf accélérateur du cœur.

Centre cilio-spinal. — Par la précieuse méthode d'étude que lui a fournie la recherche des dégénérescences des nerfs sectionnés, Waller a pu montrer que les filets donnés à l'iris par le sympathique cervical

narcotique; les autres sont, en effet, modérateurs de l'excitabilité des centres nerveux, ce sont : la codéine, la narcéine et la morphine.

A côtés des modérateurs du pouvoir réflexe du centre médullaire, il faut citer quelques agents qui portent plus spécialement leur action sur des centres nerveux plus élevés; ce sont les *anesthésiques*, qui diminuent ou abolissent la fonction des *centres de perception*; tels sont : le chloroforme, l'éther, le chloral, le bromoforme, le bromal. (V. Cl. Bernard, *Leçons sur les anesthésiques et sur l'asphyxie*. Paris, 1875.) Ces agents (surtout le chloroforme et le chloral) abolissent d'abord l'action des centres supérieurs ou intellectuels (sommeil); mais, à plus haute dose, ils agissent aussi sur les centres médullaires, sur les réflexes.

naissent de la région cervicale inférieure de la moelle. Chauveau a montré qu'à ce niveau existe un centre dit *cilio-spinal*, qui s'étend de la sixième vertèbre cervicale à la deuxième dorsale, et préside à la dilatation de l'iris; l'excitation des racines sensitives qui aboutissent à cette région de la moelle produit la dilatation de l'iris.

Centre ano-spinal (Masius). — Ce centre siège, chez le lapin, au niveau du disque intervertébral unissant les sixième et septième vertèbres lombaires. Il préside à la tonicité musculaire et à la contraction réflexe du sphincter anal. La section de la moelle faite au-dessus de ce centre augmente les contractions toniques et réflexes du sphincter, et nous avons vu, en effet (p. 75), que toute section de la moelle augmente le pouvoir excito-moteur des régions sous-jacentes à la section. Gluge a publié des expériences qui l'ont amené à admettre l'existence de deux centres ano-spinaux, l'un présidant à la tonicité, l'autre aux mouvements réflexes du sphincter.

Centre vésico-spinal (Giannuzzi). — Ce centre est situé au-dessus du précédent, au niveau de la troisième et de la cinquième vertèbre lombaire; il préside aux contractions des muscles de la vessie. Chez un chien dont la moelle est coupée au-dessous de la région dorsale, si on touche le gland ou le prépuce, ou si on chatouille le pourtour de l'anus, la vessie se vide par suite d'un phénomène réflexe dont le centre est dans la région sus-indiquée (Goltz).

Centre génito-spinal (Budge). — Ce centre, situé au niveau de la quatrième vertèbre lombaire chez le chien, n'aurait que quelques lignes de longueur. Il siège probablement chez l'homme vers le milieu de la moelle dorsale. Il préside à la contraction des canaux déférents et des vésicules séminales chez le mâle, à celle de l'utérus chez la femelle. En effet, lorsque la moelle est coupée immédiatement au-dessus de ce centre, on peut encore, par des excitations appropriées, produire tous les phénomènes dont est normalement le siège l'appareil génital. On détermine chez le chien l'érection et des mouvements rythmiques du bassin en chatouillant le pénis (Goltz); une chienne, dont la moelle avait été coupée à la hauteur de la première lombaire, a présenté les phénomènes du rut, a été fécondée, enfin a mis bas, comme une chienne dont la moelle est intacte.

Enfin, la moelle, par l'ensemble de divers centres préside à la coordination des mouvements de la locomotion; nous avons déjà insisté sur cette coordination médullaire de réflexes généraux adaptés à un but. Nous ajouterons seulement ici que, après l'ablation du cerveau sur une grenouille, non seulement l'équilibre et les mouvements d'ensemble sont possibles, mais qu'ils s'exécutent avec une sorte de fatalité, comme si le libre fonctionnement du cerveau protégeait l'indépendance des groupes musculaires. Quand l'un des membres se meut, les autres se meuvent aussitôt. Quand l'un d'eux est mis au repos, les autres cessent également de se mouvoir (Onimus). Mais nous verrons bientôt que d'autres organes, notamment le cervelet, jouent, surtout chez les animaux supérieurs, un rôle important dans la coordination des mouvements.

En résumé, l'étude de la moelle, considérée comme centre, nous montre que, de même que chez les articulés, chaque centre d'action du système nerveux est distinct, et que leur ensemble forme deux cordons parallèles présen-

tant des renflements successifs, de même le système nerveux cérébro-spinal est composé d'un certain nombre de centres nerveux échelonnés ayant chacun une certaine spécialité, recevant chacun ses impressions d'un département déterminé du corps, et provoquant par ses réactions le mouvement dans un département correspondant. Chacun de ces centres est intimement relié aux centres voisins, supérieurs et inférieurs; mais il n'en est pas moins vrai que l'être humain est, à ce point de vue, une collection d'individus élémentaires. Si la zoologie et l'embryologie montrent qu'au point de vue de leur organisation les animaux supérieurs sont de véritables colonies d'organismes élémentaires, la physiologie des centres nerveux montre semblablement que l'être sentant et agissant est, en définitive, une collection de moi distincts; l'unité apparente est tout entière dans l'harmonie d'un ensemble hiérarchique dont les éléments, rapprochés par une coordination et une subordination étroites, portent néanmoins, chacun en soi, tous les attributs essentiels, tous les caractères primitifs de l'animal individuel¹.

B. Bulbe, protubérance annulaire. — Nous avons dit que, pour le physiologiste, la moelle dépassait en haut les limites du rachis et s'étendait dans la boîte crânienne jusque vers la selle turcique. Cette manière de voir est confirmée et par l'anatomie et par la physiologie, c'est-à-dire par l'étude des actes réflexes qui ont leurs centres dans ces régions. L'étude de ces centres réflexes doit être précédée de quelques considérations sur la composition anatomique de ces parties et sur les fonctions des cordons blancs correspondants.

1° Substance blanche. — Etant connue la disposition des parties blanches et des parties grises de la moelle au niveau des régions cervicales moyennes (fig. 18, p. 39), quand on examine une coupe de la partie supérieure de la moelle cervicale, près du collet du bulbe, on observe, à quelques différences près, dans le contour des parties, les mêmes dispositions dans la substance grise et les cordons blancs; mais on remarque que les côtés de la substance grise, dans sa limite concave entre les cornes antérieure et postérieure, sont moins nettement circonscrits; en ce point, la substance grise semble s'étendre en dehors sous forme de réseau et aller empiéter sur le territoire des cordons blancs latéraux (V. fig. 26). Cet aspect, auquel on a donné le nom de *formation réticulée de Deiters*, est dû en réalité à ce qu'à ce niveau les cordons latéraux (*faisceau pyramidal croisé*, voy. p. 65) se massent en petits faisceaux distincts, qui pénètrent dans la substance grise et vont bientôt la traverser entièrement de dehors en dedans et d'arrière en avant, pour s'entre-croiser, ceux de droite avec ceux de gauche, ainsi qu'on l'observe à un niveau un peu plus élevé (fig. 27).

¹ V. Edmond Perrier, *Les Colonies animales et la formation des organismes*, Paris, 1881.

Ce niveau est celui du collet du bulbe : l'entrecroisement bien connu qu'on observe sur ce point est exclusivement formé par les portions des cordons latéraux étudiées précédemment sous le nom de *faisceau pyramidal croisé* (p. 63) et sans doute par le *faisceau sensitif latéral* (p. 61); les cordons postérieurs n'y prennent aucune part. Cet entre-croisement se produit de la manière suivante : les deux cordons latéraux s'inclinent l'un vers l'autre, pour se porter en dedans (x, fig. 27), en avant et en haut, et se décussent par couches successives qui s'étagent de bas en haut : les couches les plus internes se rapprochent, en effet, du canal central, puis échancrent les cornes antérieures au niveau de leur continuité avec la substance grise qui entoure le canal central; d'autres couches

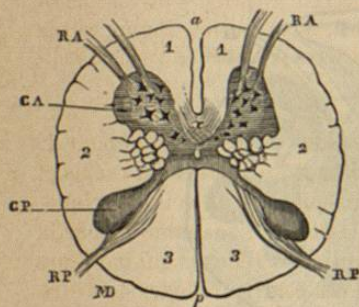


FIG. 26. — Schéma d'une coupe de la moelle cervicale au niveau des racines de la première paire rachidienne*.

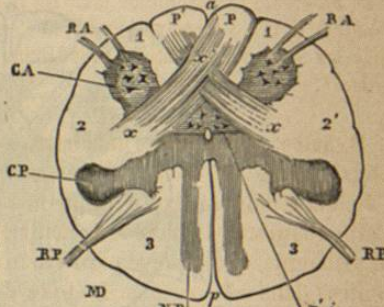


FIG. 27. — Coupe de la partie inférieure du bulbe rachidien au niveau de l'entrecroisement des pyramides (partie motrice)**.

blanches obliques s'ajoutent aux précédentes, agrandissent l'échancreur et enfin la complètent de telle sorte que les deux cornes antérieures se trouvent, en fin de compte, complètement décapitées. Après leur entrecroisement, les deux cordons montent parallèlement sur les côtés du sillon médian antérieur, celui de droite occupant le côté gauche du sillon et réciproquement. C'est ainsi que se trouvent constituées les pyramides antérieures du bulbe ou, pour mieux dire, la *portion motrice des pyramides* (P et P', fig. 27), portion qui en effet renferme essentiellement des fibres conductrices des mouvements volontaires (*faisceaux pyramidaux croisés*

* a, Sillon médian antérieur; p, sillon médian postérieur; 1, cordon antéro-interne; 2, cordon antéro-latéral; 3, cordon postérieur; alpha, commissure blanche (fibres décussées); CA, corne antérieure; RA, racines antérieures; CP, cornes postérieures; RP, racines postérieures.

** 1, 2, 3, Cordons antéro-interne, antéro-latéral et postérieur; — CA, RA, cornes et racines antérieures; — CP, RP, cornes et racines postérieures; — R'A, segment central de la corne antérieure, dont la tête (CA) a été détachée; — alpha, entrecroisement des cordons latéraux (2, 2') allant former les pyramides (P, P'); — NP, noyau des pyramides postérieures; — a et p, sillons médians antérieur et postérieur.

Fonctions des faisceaux blancs faisant suite à ceux de la moelle. — L'anatomie suffit, jusqu'à un certain point, pour établir les fonctions des faisceaux blancs du bulbe, puisqu'elle nous montre ces faisceaux, après entre-croisement, se continuant avec ceux de la moelle dont les fonctions sont à peu près établies. Du reste,

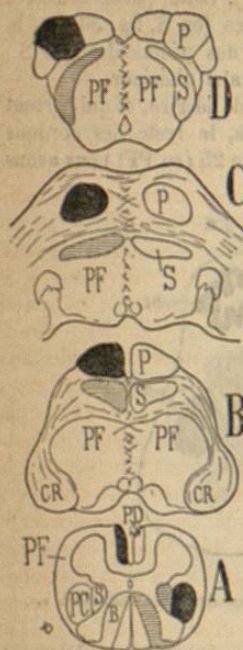


FIG. 30. — Schéma du trajet des fibres pyramidales (motrices volontaires) et des fibres sensibles dans la moelle (A), le bulbe (B), la protubérance (C) et les pédoncules cérébraux (D).

Mais, outre les faisceaux blancs qui, dans les parties supérieures de l'axe spinal, font suite aux faisceaux de la moelle, on trouve dans ces régions de nouvelles colonnes blanches. Dans le bulbe, ce sont d'abord les colonnes blanches qui occupent la place laissée libre par les cordons postérieurs, et qui forment les limites latérales du quatrième ventricule ;

* Les faisceaux pyramidaux sont en noir, et les faisceaux sensitifs ombrés de traits horizontaux, sur l'un des côtés de la figure; sur l'autre côté, le champ de ces faisceaux porte les lettres indicatrices : PD, faisceau pyramidal direct; — PC, faisceau pyramidal croisé; — S, ensemble des faisceaux pyramidaux; — S, conducteurs sensitifs; — PF, partie fondamentale des cordons antérieurs.

l'expérience directe confirme les inductions anatomiques. Quoique tous les résultats expérimentaux ne soient pas bien concordants, il est suffisamment établi, par les vivisections de Longet, que l'excitation des pyramides antérieures produit des mouvements. Mais nous savons qu'en arrière de la partie motrice des pyramides se trouve un cordon que l'anatomie amène à considérer comme un conducteur sensitif, et en effet, d'après Vulpian, lorsqu'on excite les pyramides, il se produit à la fois des mouvements et de la douleur. Quant à la route directe ou croisée que suivent les divers conducteurs, nous savons qu'au-dessus du tiers inférieur du bulbe tous les cordons se sont entre-croisés, les uns successivement dans la moelle (p. 65), les autres au niveau et un peu au-dessus du collet du bulbe. Aussi toutes les lésions encéphaliques unilatérales frappent-elles le mouvement et la sensibilité dans le côté opposé du corps. La figure 30 donne un schéma, par une série de coupes, de la situation occupée par ces divers conducteurs, dans la moelle, le bulbe, la protubérance et les pédoncules cérébraux.

ce sont, en un mot, les corps restiformes. Ces corps restiformes, si bien nommés par les anciens *processus cerebelli ad medullam oblongatam* (GR, fig. 32), paraissent être, en effet, des faisceaux blancs qui, venus du cervelet, descendent vers le bulbe où ils se résolvent (CR, fig. 30, B), par leur face profonde ou adhérente, en une infinité de tractus blancs, lesquels, sous le nom de *fibres arciformes*, sillonnent la substance du bulbe sous la forme de fibres à trajet curviligne, les unes superficielles, mais la plupart profondes. Dans la protubérance, à part quelques faisceaux nerveux radiculaires (trijumeau), on ne trouve comme fibres blanches longitudinales que les faisceaux blancs précédemment indiqués, c'est-à-dire (P, P, fig. 27, 28, 29, 32, 33 et 34) la portion motrice des pyramides (continuant les cordons antéro-latéraux), leur portion sensitive (cordons postérieurs de la moelle) et les cordons antéro-internes prolongés (portion dite fondamentale). Mais on trouve de plus, surtout dans les couches inférieures ou superficielles de la protubérance, un grand nombre de faisceaux blancs transversaux (Pr, fig. 32, 33, 34). Ceux-ci (pédoncules cérébelleux moyens) forment une première couche inférieure ou superficielle qui recouvre les pyramides (portion motrice), et une seconde couche profonde qui passe entre la portion motrice et la portion sensitive des pyramides (entre P et S, fig. 30, C) et établit déjà ainsi une démarcation nette entre les faisceaux blancs longitudinaux qui formeront l'étage supérieur ou *calotte*, et ceux qui formeront l'étage inférieur ou *ped* des pédoncules cérébraux. Enfin, indiquons encore ce fait qu'au niveau des pédoncules cérébraux, de nouveaux faisceaux blancs viennent s'adjoindre aux faisceaux prolongés depuis la moelle; comme au niveau du bulbe (corps restiformes), ces nouveaux faisceaux blancs sont des fibres cérébelleuses; ce sont les *pédoncules cérébelleux supérieurs*. Les pédoncules cérébelleux supérieurs, émergeant du cervelet, occupent d'abord, sur les parties latérales de la moitié supérieure du quatrième ventricule, une position analogue à celle que les corps restiformes (3, 3, fig. 31) occupaient à la moitié inférieure de ce même ventricule; mais, à mesure qu'ils se dirigent en haut et en avant, ils se rapprochent (1, 1, fig. 31) de la ligne médiane, pénètrent dans l'étage supérieur du pédoncule, et, sans se mêler intimement aux fibres blanches de cet étage, atteignent la ligne médiane, s'y entre-croisent, et, après une décussation complète, vont se perdre dans les couches optiques.

En somme, les cordons blancs, dont nous venons de rappeler la disposition comme parties s'ajoutant aux cordons blancs médullaires prolongés, sont essentiellement représentés par les trois ordres de pédoncules cérébelleux; or, nous verrons bientôt que les fonctions du cervelet, quoique mal définies encore, sont certainement en rapport avec la motricité; c'est pourquoi les pédoncules cérébelleux paraissent présider à certaines coordinations des mouvements, c'est-à-dire que leur lésion ou leur excitation unilatérale produit une perte d'équilibre et des mouvements dans un sens plus ou moins nettement déterminé. Ces mouvements (de roulement, de