

que les muscles lisses conservent leur irritabilité après la mort beaucoup plus longtemps que les muscles striés.

Les muscles lisses se contractent sous l'influence de la lumière et de la température, aussi les a-t-on appelés *muscles thermosytaltiques*. La chair de poule, produite par la contraction des muscles de la peau soulevant les follicules pileux, est causée par le froid. La rétraction du scrotum, après un bain froid, est due au changement de température provoquant la contraction des fibres lisses du dartos.

M. Brown-Séguard assure que la lumière seule suffit à la contraction des fibres lisses (expérience sur une anguille dont on a détruit les nerfs). La lumière du soleil aurait la propriété de produire la rétraction de la pupille.

La composition chimique des muscles lisses est peu connue. Cependant Lehmann y a trouvé de la syntonine comme dans les muscles striés. Ils présentent la *rigidité cadavérique*, que Robin a parfaitement étudiée sur les cadavres des suppliciés. Robin a pu produire la chair de poule sur des suppliciés de trois à sept heures après la mort.

CHAPITRE QUATRIÈME

DES DIFFÉRENTES SORTES DE MOUVEMENTS

Les mouvements sont de deux sortes : les uns consistent dans un déplacement d'une portion du tronc, ce sont les *mouvements de locomotion*. Ces mouvements sont exécutés par des muscles striés. Ils sont, de plus, sous l'empire de la volonté, quoiqu'à un moment donné les contractions des muscles de l'appareil locomoteur puissent se produire automatiquement, en dehors de l'intervention de la volonté.

Puis il y a des mouvements essentiellement involontaires, qui ont pour siège les organes profonds, les viscères. Ces mouvements ne consistent pas dans une locomotion proprement dite, mais dans la distension ou le resserrement de cavités, telles que l'esto-

mac, la vessie, l'intestin, le cœur. Ces mouvements ont le plus souvent pour agents des muscles lisses. Mais on trouve également des organes contractiles, tels que le cœur, l'œsophage dans son tiers supérieur, qui, ne renfermant en fait de fibres musculaires que des fibres striées, exécutent des mouvements entièrement soustraits à l'empire de la volonté.

§ 1. — Mouvements des éléments microscopiques.

Outre ces mouvements visibles à l'œil nu, il en est d'autres que nous ne pouvons apercevoir qu'au microscope et qui sont indépendants du système nerveux. Tels sont premièrement les *mouvements amiboïdes* dont est animé le protoplasma des cellules vivantes, mouvements qui déterminent des changements de forme de la cellule. Ainsi, quand on examine au microscope du sang de grenouille, en empêchant l'évaporation de se faire, on voit naître à la périphérie des globules blancs des prolongements qui tantôt reviennent sur eux-mêmes, tantôt vont se fusionner avec des prolongements des globules voisins. Ces mouvements s'observent également sur le protoplasma des cellules embryonnaires, sur l'ovule non encore fécondé, sur les cellules conjonctives, en particulier sur celles qui sont riches en granulations pigmentaires, sur les cellules glandulaires du foie. Les mouvements amiboïdes sont d'ailleurs influencés par les irritations mécaniques, par les variations de température, par l'action de la lumière et de l'électricité. Ils ne peuvent, par exemple, se produire que quand la température du milieu ambiant se maintient dans de certaines limites, c'est-à-dire ne dépasse pas de 35 à 40° et ne descend pas au-dessous de 10 à 15°. Les courants électriques intenses, la plupart des agents chimiques, abolissent les mouvements amiboïdes.

Les granulations pigmentaires contenues dans certaines variétés d'entre elles, par exemple dans les cellules de la couche de Malpighi et dans celles de la choroïde, sont également douées de mouvements appréciables à l'examen microscopique. Ces granulations tournent sur elles-mêmes, en même temps qu'elles semblent se mouvoir autour d'un centre fictif. Ce mouvement, appelé *mouvement brownien*, a probablement lieu également dans les granulations d'autres cellules ; la coloration des granulations pigmentaires les rend plus apparents dans ces dernières.

Mouvements des cils vibratiles. — Une troisième catégorie de mouvements microscopiques et indépendants du système nerveux

est celle des *cils vibratiles*. On désigne ainsi les appendices dont sont pourvues un certain nombre de cellules épithéliales tapissant les muqueuses des *appareils respiratoire et génital*. Ces cils vibratiles exécutent des mouvements oscillatoires d'abaissement et d'élévation, dirigés toujours dans le même sens, et qui ont été comparés à ceux qu'exécutent les épis d'un champ de blé agités par le vent. La vitesse de ces mouvements est tellement grande qu'on arrive difficilement à l'apprécier. On a calculé qu'un cil vibratile, quand les mouvements sont un peu ralentis, emploie environ deux à huit dixièmes de seconde pour exécuter une oscillation complète. Le rôle de ces mouvements est de faire progresser, dans le sens de leur relèvement, les liquides et les particules solides déposés à la surface des muqueuses qui sont pourvues d'un épithélium vibratile.

Les mouvements des cils vibratiles s'éteignent après la mort; chez les animaux à température constante, ils disparaissent quelques heures après la mort; chez les animaux à sang froid, ils persistent pendant plusieurs jours. L'eau froide mise en contact avec les cils vibratiles en paralyse les mouvements. Cet effet est plus marqué encore quand, au lieu d'eau distillée, on emploie de l'eau contenant en dissolution des sels métalliques ou des acides. Par contre, Virchow a fait voir que les solutions alcalines *très-étendues* impriment aux mouvements vibratiles une vigueur plus grande. De même, les irritations mécaniques exagèrent les mouvements des cils vibratiles, tandis que le courant électrique les arrête.

Mouvements des spermatozoïdes. — Les mouvements des *spermatozoïdes* ne seraient qu'une variété des mouvements des cils vibratiles. La tête du spermatozoïde représente le corps de la cellule vibratile, et le prolongement en forme de queue en est le cil. En effet, ce prolongement ou queue du spermatozoïde exécute des mouvements oscillatoires de va et vient comparables en tous points à ceux des cils vibratiles.

CHAPITRE CINQUIÈME

DE LA LOCOMOTION

Nous entendons par là les mouvements essentiellement volontaires, qui ont pour résultat un déplacement soit de toute la masse du corps, comme cela a lieu dans la marche, soit d'un segment unique, comme cela arrive lorsque le membre supérieur étant dans l'extension, l'avant-bras se fléchit pour venir s'appliquer sur le bras. Ces mouvements de locomotion ou de traction constituent en somme une fonction distincte et se prêtent à une étude d'ensemble. Au contraire, les mouvements involontaires, effectués en grande partie par des muscles lisses, agissent en comprimant ou en resserrant des cavités ou des canaux tels que l'estomac, la vessie, l'œsophage et l'urèthre. Ces mouvements, destinés surtout à déplacer le contenu des organes qui les exécutent, seront étudiés à propos de chaque organe en particulier.

Lois générales des mouvements de locomotion. — Les mouvements de locomotion ne dépendent pas seulement des contractions musculaires, c'est-à-dire des forces qui en sont l'origine, mais aussi de la disposition et de l'agencement des organes qui sont chargés de leur exécution. Or, l'action des muscles volontaires s'exerce avant tout sur les os sur lesquels ils vont s'insérer. Il importe donc d'avoir une idée nette de la manière dont les différents os du squelette de l'homme sont reliés les uns aux autres, et des rapports des muscles avec les os sur lesquels ils s'insèrent.

Du squelette et des articulations. — Le squelette de l'homme se compose d'un certain nombre de segments contigus, reliés entre eux par des liens plus ou moins lâches, qui permettent des déplacements plus ou moins considérables aux surfaces osseuses en présence. A ce point de vue, les jointures des os ou articulations ont été divisées en : 1^o *synarthroses*, dans lesquelles les déplacements sont à peu près nuls et qui s'opposent par conséquent aux mouvements de locomotion; 2^o *amphiarthroses*, dans lesquelles l'adaptation des surfaces osseuses contiguës est assez parfaite

pour s'opposer à des déplacements notables, c'est-à-dire à de vrais mouvements de locomotion; ces articulations se prêtent d'ailleurs à des écartements suffisants pour permettre aux os qu'elles unissent de décrire des courbures d'ensemble destinées à amortir les chocs qui atteignent l'un de ces os; 3° *diarthroses*, dans lesquelles les surfaces osseuses voisines se moulent l'une sur l'autre de façon à permettre des glissements qui peuvent entraîner des déplacements très-étendus. Ce n'est donc que dans le cas où les os sont réunis par diarthrose que les mouvements de locomotion sont possibles. Ces mouvements peuvent consister dans la rotation d'un membre ou d'un segment de membre autour de son propre axe (mouvements de pronation et de supination de l'avant-bras), ou autour d'un axe *fixe* perpendiculaire à sa direction (mouvements de flexion et d'extension de l'avant-bras), ou autour d'un axe *mobile* (mouvements de flexion et d'extension de la jambe sur la cuisse), ou autour d'un point *fixe* (mouvements de rotation de l'épaule).

Les surfaces articulaires des os sont revêtues de cartilage, éminemment élastique, qui amortit les chocs s'exerçant sur la jointure et prévient l'usure des extrémités osseuses qui eût pu résulter de leur frottement réciproque. En outre, un liquide onctueux, la synovie, humecte les cartilages articulaires et favorise les glissements des surfaces contiguës. Celles-ci sont maintenues en contact par des ligaments dans la composition desquels entrent des fibres de tissu conjonctif et des fibres élastiques. Ces ligaments seront donc eux-mêmes doués d'une grande élasticité. Aussi les ligaments ont-ils pour rôle non-seulement de maintenir les surfaces articulaires, mais encore de se prêter, lors de tiraillements violents, à un certain degré d'écartement des surfaces, qu'ils ramènent ensuite dans leurs rapports normaux grâce à leur élasticité.

Mais les ligaments ne sont pas seuls à maintenir les surfaces articulaires en contact; ils sont aidés en cela par la tonicité des muscles qui entourent les articulations, et surtout par la *pression atmosphérique*.

Rôle de la pression atmosphérique dans le maintien en contact des surfaces articulaires.

Les frères Weber ont démontré ce rôle sur le cadavre. Quand on sectionne toutes les parties molles qui entourent l'articulation coxo-fémorale, y compris les muscles, les *ligaments* et la *capsule*

fibreuse, en ne laissant par conséquent que la synoviale, si on maintient le cadavre au-dessus du sol, de façon que les membres soient pendants, non-seulement la cuisse reste adhérente à la hanche, mais on peut encore suspendre au pied correspondant un certain nombre de poids, sans que le fémur, maintenu seulement par la synoviale et le ligament rond, soit détaché de la cavité cotyloïde. Or, dans ces conditions, si on pratique un trou dans le fond de la cavité cotyloïde, la tête du fémur abandonne aussitôt cette cavité. Cette expérience démontre donc bien que la pression atmosphérique suffit à maintenir les surfaces articulaires en contact, du moins dans l'articulation coxo-fémorale. Il est très-vraisemblable que dans toutes les articulations un peu mobiles, la pression atmosphérique intervient pour produire ce même effet. Cette intervention de la pression atmosphérique contrebalance la distension que les membres exercent par leur propre poids sur les articulations qui les fixent au tronc. Elle empêche par là les ligaments d'être tirillés, en même temps qu'elle évite aux muscles des dépenses de force inutiles.

On voit donc que dans les articulations douées d'une certaine mobilité et qui sont par conséquent le siège des mouvements de locomotion, les surfaces articulaires des os sont, dans les *attitudes naturelles*, maintenues en contiguïté en majeure partie, sinon exclusivement, par la pression atmosphérique. Quand les muscles qui s'insèrent sur les os en contact viennent à se contracter, les surfaces articulaires glissent les unes sur les autres, et ces glissements sont favorisés par la synovie, en même temps que les cartilages d'encroûtement préviennent l'usure des surfaces articulaires. Lorsque les membres viennent à être distendus, de telle façon qu'il se produise non plus un simple glissement des surfaces articulaires, mais une tendance à leur écartement, cette tendance est combattue par la pression atmosphérique bien plus que par les ligaments, dont le rôle, dans les diarthroses, est surtout de *limiter les glissements* des surfaces articulaires maintenues en contact par la pression atmosphérique.

§ 2. — Des os considérés comme leviers.

Quel est le rôle des os dans les mouvements de locomotion? Les mouvements de locomotion s'observent surtout du côté des membres, dont le squelette est formé en majeure partie d'os longs. Ceux-ci représentent des barres rigides, susceptibles de se mouvoir autour d'un point ou d'un axe fixe. A ce titre on peut

donc les assimiler à des *leviers*, car on entend par là, en mécanique rationnelle, des barres inflexibles pouvant tourner autour d'un point ou d'un axe fixe, qu'on appelle le *point d'appui*.

Dans un levier, il y a lieu de considérer, outre le *point d'appui*, la force qui engendre le mouvement, autrement dit la *puissance*, et enfin la *résistance* à donner pour que le levier se mette en mouvement. En tenant compte des positions respectives de ces trois éléments, on admet trois sortes de leviers, à savoir :

a. *Le levier du premier genre*, dans lequel le point d'appui A se trouve placé entre la résistance R et la puissance P. Le meilleur

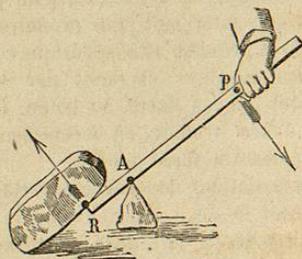


FIG. 38. — Levier du premier genre.

exemple de cette variété de levier nous est fourni par la balance. L'articulation de la tête avec la colonne vertébrale représente chez l'homme un levier du premier genre : point d'appui, cavités glénoïdes de l'atlas ; résistance, poids de la face ; puissance, muscles de la nuque.

b. *Le levier du deuxième genre*, dans lequel la résistance R se

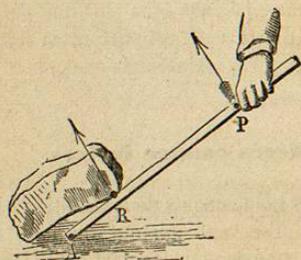


FIG. 39. — Levier du deuxième genre.

trouve placée entre le point d'appui A et la puissance P. Un

exemple de ce genre de levier nous est fourni par la brouette. Le point d'appui est représenté par le point de contact de la roue avec le sol, la résistance par le poids de la brouette, la puissance par la force musculaire de l'individu qui fait mouvoir la brouette.

Dans l'articulation tibio-tarsienne, le point d'appui est la pointe du pied, la puissance est représentée par les muscles du tendon d'Achille, et la résistance par le poids du membre sur l'astragale.

c. *Le levier du troisième genre*, dans lequel la puissance est placée entre le point d'appui et la résistance. C'est des trois genres de levier le plus répandu dans la nature. Il intervient surtout dans la production des mouvements de locomotion. Ainsi, dans le mouvement de flexion de l'avant-bras sur le bras, le point d'appui se trouve au niveau de l'articulation du coude. La résistance est représentée par le poids de l'avant-bras et de la main, et son point d'application correspond à la partie moyenne de l'avant-bras. La puissance, représentée par les muscles biceps et brachial antérieur, est appliquée entre le coude et le milieu de l'avant-bras.

Applications de la théorie des leviers à l'appareil de locomotion. — L'appareil de locomotion chez l'homme est représenté presque exclusivement par des leviers du troisième genre, et il devait en être ainsi. En effet, la puissance étant placée entre le point d'appui et la résistance, *la force est sacrifiée à la vitesse*; car nous avons dit que l'intensité d'action de la puissance augmente lorsque la distance sépare son point d'application du point d'appui sur le bras. Considérons, par exemple, le mouvement de flexion de l'avant-bras sur le bras. Le point d'appui répond à l'articulation du coude, la résistance à vaincre est représentée par le poids de l'avant-bras et de la main réunis, le point d'application de cette résistance correspond au centre de gravité de ces mêmes parties; la puissance, elle, est représentée par les deux muscles fléchisseurs de l'avant-bras, le biceps et le brachial antérieur, qui s'insèrent très-près de l'articulation du coude, c'est-à-dire du point d'appui en P. On voit donc qu'il s'agit bien d'un levier du troisième genre, et que, vu la faible distance qui sépare le point d'application de la puissance au point d'appui, la vitesse des mouvements exécutés par l'avant-bras sera très-grande, et que pour un raccourcissement très-faible des muscles fléchisseurs, la main subira un déplacement très-considérable. Il est facile de voir d'ailleurs que l'intensité d'action de ces

deux muscles ira en augmentant avec le degré de la flexion ; car, à mesure que l'avant-bras quitte la position de l'extension, l'inclinaison de ces muscles sur les os de l'avant-bras diminue. Or nous avons vu que, toutes choses égales d'ailleurs, l'intensité d'une force augmente en raison inverse de son inclinaison sur la direction du levier qu'elle fait mouvoir.

Dans la production de presque tous les autres mouvements de locomotion, on voit intervenir le même mécanisme que pour le mouvement de flexion de l'avant-bras sur le bras. Le levier du deuxième genre, où la résistance est placée entre le point d'appui et la puissance, et où la vitesse est sacrifiée à la force, n'intervient guère que dans la production du mouvement qui consiste dans le soulèvement de la masse totale du corps sur la pointe des pieds. Celle-ci représente dans ce cas le point d'appui O ; la puissance, représentée par les muscles des mollets, s'applique en P, au point où le tendon d'Achille s'implante sur le calcaneum ; enfin la résistance, représentée par le poids du corps, est appliquée au point où l'axe du tibia prolongé rencontrerait le sol, en R. Or le bras P O de la puissance étant plus long que le bras R O de la résistance, il est évident que, pour vaincre la résistance, les muscles des mollets, en se contractant, devront déployer une force moins considérable que celle représentée par le poids du corps.

Le levier du premier genre n'intervient guère que dans le mécanisme de l'équilibre de la station, comme il sera dit plus loin.

§ 3. — Théorie de la marche.

Dans la marche, il s'agit en somme d'un mouvement de déplacement de toute la masse du corps. Dans ce mouvement, il y a une partie du corps qui joue le rôle de masse inerte, et qui est tout simplement transporté par l'autre partie, représentée par les membres inférieurs qui sont les agents actifs du déplacement.

Voici comment il faut comprendre la succession des phénomènes dans la progression du corps en avant :

Au moment de nous mettre en marche, le corps appuie sur le sol par l'intermédiaire des deux membres inférieurs écartés l'un de l'autre. Supposons que la jambe droite soit placée en avant de la jambe gauche. Celle-ci, oblique d'abord de haut en bas et d'arrière en avant, se projette peu à peu en avant, de façon à devenir verticale. Le bassin suit naturellement ce mouvement

de projection en avant. A ce moment, les deux membres inférieurs limitent avec le sol un triangle rectangle dont la jambe gauche représente l'hypothénuse. Puis les fléchisseurs de la cuisse sur le bassin, et ceux de la jambe sur la cuisse se contractent légèrement à gauche, de façon à déterminer le raccourcissement du membre inférieur correspondant. Celui-ci oscille alors autour de son point d'attache à l'articulation coxo-fémorale, à la façon d'un pendule. Il est porté en avant du membre inférieur droit d'une distance égale à celle qui le séparait de lui en arrière. Maintenant les deux membres inférieurs limitent toujours avec le sol un triangle rectangle, mais l'hypothénuse, au lieu d'être en arrière, se trouve maintenant en avant. Puis le talon et la jambe droite qui est verticale se détachent du sol ; le bassin est de nouveau projeté en avant jusqu'à ce que la jambe gauche, d'oblique qu'elle était, devienne verticale. A ce moment, c'est la jambe droite qui est oblique et qui représente l'hypothénuse du triangle rectangle limité par les deux membres inférieurs et le sol. Les mêmes phénomènes indiqués plus haut se succéderont, les deux jambes jouant alternativement un rôle inverse.

CHAPITRE CINQUIÈME

DE LA STATION

Des conditions de la station. — Lorsque le corps se tient immobile dans la station verticale, quoiqu'il ne se meuve point, il n'en est pas pour cela au repos complet. En réalité, les différentes forces qui agissent sur les différents segments de son squelette se neutralisent mutuellement, pour maintenir l'équilibre, de telle sorte qu'un segment déterminé conserve momentanément l'attitude qui lui revient. Ainsi, pour que le corps puisse maintenir l'attitude debout, il faut qu'il remplisse les conditions générales qui régissent l'équilibre des corps solides. Il faut, par conséquent, que la verticale abaissée du centre de gravité du corps rencontre la base de sustentation, représentée par la plante des pieds et l'espace

qu'elles limitent. Toute inclinaison du tronc en avant, en arrière ou sur les côtés, ayant pour effet de déplacer le centre de gravité, de telle sorte que celui-ci ne se *projette* plus sur la base de sustentation, entraînera la chute du corps. On conçoit aussi que la base de sustentation étant représentée non-seulement par la plante des pieds, mais encore par toute la surface du sol comprise entre les pieds, tout écartement de ceux-ci aura pour effet d'élargir la base de sustentation, et de permettre par suite des oscillations plus étendues du tronc, sans qu'il se produise des chutes.

Quand au poids de son corps l'homme ajoute le poids d'un fardeau, il en résulte un déplacement du centre de gravité, lequel pourra être porté en avant ou en arrière. Alors aussi nous modifions notre attitude de telle sorte que le centre de gravité de la masse totale (corps et fardeau) continue de se projeter sur la base de sustentation. Ainsi, quand nous chargeons sur nos épaules un fardeau un peu lourd, le centre de gravité tend à se déplacer en arrière. Alors nous écartons nos jambes de façon à allonger la base de sustentation d'avant en arrière, et nous inclinons la partie supérieure du tronc en avant, de telle façon que le centre de gravité continue de se projeter sur la base de sustentation allongée. Chez les femmes enceintes et chez tous les individus dont le ventre est distendu par une grande quantité de liquide, le centre de gravité tend au contraire à être porté en avant. Aussi dans ces circonstances nous voyons la partie supérieure du tronc se porter en arrière pour ramener le centre de gravité dans la même direction.

Applications de la théorie des leviers à la station.

— Pour empêcher le tronc d'osciller autour de son axe, qui passe par les têtes des fémurs, il faut l'intervention *active* d'un certain nombre de muscles. Ainsi, pour l'empêcher d'osciller en avant, il faut un certain degré de contraction des muscles fessiers qui s'étendent de l'os iliaque à la partie supérieure du fémur. De même, pour empêcher le tronc d'osciller en arrière, il faut l'intervention du muscle quadriceps, qui s'étend de la rotule à la partie antérieure de la hanche. Ce muscle quadriceps a d'ailleurs un adjuvant puissant dans le ligament fibreux qui bride en avant la tête du fémur et qui, limitant le mouvement d'extension de la cuisse sur le bassin, empêche le tronc d'être porté en arrière. Or, en y réfléchissant un peu, il est facile de voir que dans le maintien du tronc dans l'attitude verticale, c'est le mécanisme du levier du premier genre qui intervient. Le point d'appui est représenté par

le milieu de la droite qui rejoint les têtes des deux fémurs. La puissance et la résistance sont représentées par ces deux groupes de muscles antagonistes, les fessiers d'une part et le quadriceps de l'autre. Le point d'appui est donc réellement placé entre le point d'application de la puissance et celui de la résistance. Le levier du premier genre intervient d'ailleurs dans le maintien en équilibre des différents segments du corps, lorsque ceux-ci ne reposent pas sur un plan résistant. Ainsi, quand la tête se tient dans son attitude normale, son point d'appui est représenté par le milieu de la ligne qui joint les deux articulations occipito-atloïdiennes ; la résistance, représentée par le poids de la tête, est appliquée au centre de gravité de celle-ci, centre de gravité qui se projette en avant du point d'appui ; la puissance qui lutte contre cette résistance est représentée par les muscles de la nuque, qui s'insèrent à la partie postérieure de la tête. Ici encore le point d'appui est placé entre le point d'application de la résistance et celui de la puissance.

Pour résumer les applications des lois de la mécanique à la locomotion et à la statique de notre organisme, nous pouvons dire :

Que dans la plupart des mouvements de locomotion que l'homme est appelé à exécuter, la *force devant être sacrifiée à la vitesse*, c'est le mécanisme du levier du troisième genre que nous voyons intervenir. La puissance, représentée par les muscles qui se contractent pour produire le mouvement, a son point d'application situé entre le point d'appui, représenté par l'articulation où s'effectue le mouvement, et la résistance, représentée par le poids du segment de membre qui se meut.

Dans le mouvement qui a pour objet de soulever toute la masse corporelle appuyée sur la pointe du pied, et où par conséquent la *vitesse devra être sacrifiée à la force*, c'est le mécanisme du levier du deuxième genre qui intervient (voir p. 204). La résistance est placée entre le point d'appui et la puissance.

Dans les différentes attitudes statiques, le maintien de l'équilibre a lieu en vertu d'un mécanisme comparable au levier du premier genre. Le point d'appui est situé entre le point d'application de la puissance et celui de la résistance.