la station et dans les mouvements de la locomotion : de sa position, en effet, résulte l'équilibre ou la chute du corps.

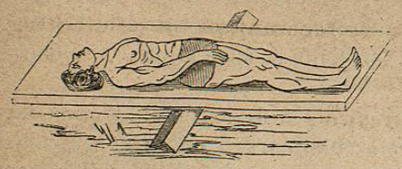

Fig. 158.

La détermination expérimentale du centre de gravité n'offre pas de sérieuses difficultés. Si nous partageons le corps de l'homme (supposé debout) par un plan idéal perpendiculaire, qui le divise en deux parties égales, l'une droite, l'autre gauche, nous pouvons admettre que chacune de ces parties a sensiblement le même poids. Le centre de gravité du corps humain occupe donc ce plan. Si maintenant, ainsi que l'a fait Borelli, on place l'homme sur une surface horizontale mobile, à la manière d'une balance (Voy. fig. 158), on constate que le corps se maintient en équilibre lorsque le plan vertical qui passe par le point d'appui de l'appareil divise en même temps la dernière vertèbre lombaire, à peu près par sa partie moyenne. Il en résulte que le centre de gravité du corps est situé à la rencontre du plan vertical qui partage en deux le corps, et du plan horizontal qui partage la dernière vertèbre lombaire. De plus, comme le tronc est en équilibre sur les têtes des fémurs, le centre de gravité se trouve aussi sur le plan qui coupe verticalement le bassin, en passant par l'axe de rotation du bassin sur les têtes des fémurs. Le centre de gravité est donc terminé par le point de rencontre de ces trois plans [1] ; il correspond en un point idéalement placé dans l'*aire intérieure* du bassin, en C (Voy. fig. 159).

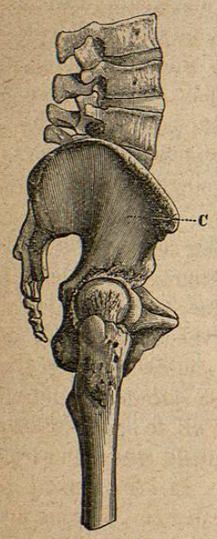

Fig. 159.

Ce point est situé à 1 centimètre environ au-dessus d'un plan horizontal qui passerait par le promontoire (c'est-à-dire par l'angle saillant formé par l'articulation de la dernière vertèbre lombaire avec le sacrum) [2].

[1] Le centre de gravité est donc le point de rencontre du plan perpendiculaire antéro-postérieur, plan partageant le corps en deux moitiés symétriques, du plan latéral perpendiculaire passant par l'axe qui réunit les têtes des fémurs, et du plan horizontal déterminé par expérience.

[2] Le centre de gravité du corps de la femme est placé un peu plus bas que chez l'homme, à cause de la prédominance chez elle du bassin et des cuisses. Si nous supposons le corps de l'homme partagé en 1,000 parties égales, le centre de gravité se trouve à la 415e partie à partir du sommet de la tête, c'est celui dont nous venons de déterminer la position. Si nous supposons le corps de la femme également partagé en 1,000 parties, le centre de gravité correspond chez elle à la 440e partie à partir du sommet de la tête.

SECTION IV.

Des attitudes et des mouvements de locomotion en particulier.

ARTICLE I.

DE LA STATION

§ 243.

Station verticale. — L'état de mouvement éveille dans la pensée l'idée d'une force en action, comme l'état d'immobilité est généralement synonyme pour nous d'inactivité. Dans l'immobilité, il y a cependant, la plupart du temps, des forces qui entrent en jeu ; seulement, ces forces, agissant dans des sens opposés, se balancent et se font équilibre. Lorsqu'on envisage un homme qui se tient debout sur les deux pieds, le corps est à l'état d'*équilibre*, mais les puissances musculaires ne sont pas inactives ; elles agissent dans des sens divers, et se balancent réciproquement pour maintenir le corps dans la verticale. Le corps de l'homme et celui des animaux n'est, à proprement parler, à l'état de repos, que lorsqu'il est étendu sur le sol ou sur des corps plans, obéissant ainsi librement aux lois de la pesanteur [1].

La condition essentielle pour que l'équilibre de la station soit possible, c'est que la ligne qui passe par le centre de gravité du corps tombe sur la base de sustentation. La verticale menée du centre de gravité du corps à la base de sustentation peut, d'ailleurs, rencontrer celle-ci sur des points divers de son étendue, en sorte que le tronc peut s'incliner à droite, à gauche, en arrière, en avant, d'une certaine quantité, sans que l'équilibre de la station soit détruit. Lorsqu'au lieu d'être rapprochés, les pieds sont écartés l'un de l'autre, la base de sustentation, étant élargie de tout l'écartement des pieds, permet au tronc des inclinaisons beaucoup plus étendues, dans le sens de l'écartement des pieds. Lorsque, par exemple, les pieds sont écartés latéralement, le tronc peut se balancer à droite et à gauche, transportant alternativement la charge sur chacune des limites de cette base, limites correspondantes à l'appui des pieds. Lorsque les pieds sont écartés en avant et en arrière, le tronc peut se déplacer dans le sens antéro-postérieur, etc.

Lorsque l'homme ajoute à son propre poids des poids étrangers, lorsqu'il porte, par exemple, des fardeaux, il est obligé de prendre certaines attitudes caractéristiques, pour que le centre de gravité de son corps, calculé avec le poids additionnel, soit dans la verticale qui passe par la base de sustentation. C'est ains

[1] Il faut bien distinguer le mot *repos* du mot *équilibre*. Le premier n'éveille aucune idée de force, il implique même le contraire. Sous l'expression d'équilibre, on désigne l'état d'un corps qui, soumis à l'action de plusieurs forces, se trouve dans les mêmes conditions que si ces forces n'existaient pas.

Quand on dit d'un homme debout ou assis, et alors même qu'il se tient dans l'immobilité, qu'il est en *repos*, l'expression n'est pas absolument juste : il est à l'état d'équilibre ; des forces agissent et se neutralisent, ce qui n'est pas la même chose.

L'homme couché, surtout l'homme qui dort, se rapprochent davantage de l'état de repos, et c'est même ainsi qu'on l'entend généralement. Mais, à proprement parler, ce repos n'est encore qu'un repos relatif. Il y a en lui, surtout dans le domaine de la vie organique, des forces qui veillent, dont il n'a pas conscience ; c'est un équilibre moins actif, c'est encore un équilibre.

Pour pousser la définition à l'extrême on peut dire que le repos n'existe pour l'animal vivant que dans la mort.

que l'homme qui porte une charge de bois, de charbon, ou toute autre, sur ses épaules, incline le tronc en avant, de manière à faire équilibre, par le poids du tronc [1], au poids qui tend à transporter le centre de gravité en arrière, et à maintenir ce centre dans la verticale qui passe par les pieds. Supposons, par exemple, que le centre de gravité de la charge qu'il porte sur ses épaules passe par la verticale *a* (Voy. fig. 161), et que cette charge égale 40 kilogrammes ; il faut, pour que l'équilibre de la station se maintienne, que le poids du tronc, que l'homme projette instinctivement en avant pour ne pas tomber, il faut, dis-je, que la résultante du poids du tronc tombe sur le sol de l'autre côté du point d'appui, en *b* par exemple. La position sera la moins fatigante et la plus assurée, lorsque le déplacement du tronc de l'autre côté du point d'appui fera précisément équilibre au poids additionnel. Si nous supposons que le tronc pèse 40 kilogrammes (comme la charge elle-même), la verticale *a*, qui passe par le centre de gravité de la *charge*, et la verticale *b*, qui passe par le centre de

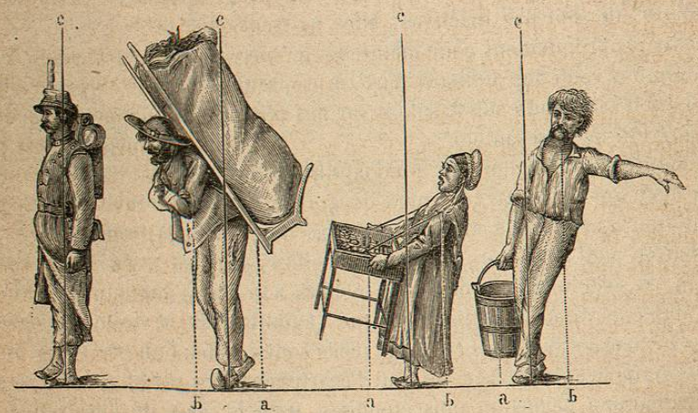

Fig. 160. Fig. 161. Fig. 162. Fig. 163.

gravité du *tronc*, devront tomber à égale distance du point d'appui placé sur la verticale *c*. L'homme représente tout à fait, en ce moment, un levier du premier genre. Le poids de la charge *a* et le poids du tronc *b* se font mutuellement équilibre sur le point d'appui des pieds. En d'autres termes, le centre de gravité définitif (représentant la composition de *a* et de *b*) se trouve sur la verticale *c* qui passe par l'appui des pieds.

Lorsqu'au lieu d'être supportée en arrière, la charge se trouve appliquée en avant, dans un éventaire, par exemple, le corps prend une attitude opposée (Voy. fig. 162). Le tronc se renverse en arrière, de manière à faire équilibre au poids additionnel.

L'homme qui porte un fardeau à la main se renverse de côté, pour la même raison (Voy. fig. 163). De plus, lorsque le poids qu'il porte est lourd, il tient généralement soulevé et étendu le bras du côté opposé. En agissant ainsi, il

[1] Le poids du tronc (séparé des membres) est d'environ 40 kilogrammes. Le centre de gravité du tronc (supposé détaché des membres inférieurs) correspond, dans la poitrine, à un point placé dans le plan qui couperait la poitrine au niveau de l'appendice xiphoïde. Il ne faut pas confondre le centre de gravité du *tronc* avec celui du *corps entier*.

augmente la longueur du bras de levier situé du côté où il s'incline, et il n'a pas besoin d'incliner autant le tronc pour faire équilibre au poids soulevé [1].

Dans les divers mouvements de locomotion, les bras ne restent pas inactifs et agissent d'une manière analogue par leurs déplacements.

Mécanisme de la station. — Lorsque l'homme est immobile et dans la station verticale proprement dite, la tête repose sur l'articulation occipito-atloïdienne, et représente un levier du premier genre, dont le point d'appui est dans l'articulation. Comme la tête a une faible tendance à tomber en avant, en raison de son poids, les muscles postérieurs du cou représentent la puissance, et le poids de la tête placée à l'autre extrémité du levier représente la résistance à laquelle ces muscles font équilibre. Il est vrai que cette résistance est très peu considérable, car la tête est presque en équilibre. Ordinairement, d'ailleurs, la tête n'est pas parfaitement droite sur la colonne vertébrale ; elle est légèrement inclinée en avant, et sa flexion est limitée par la résistance des ligaments jaunes placés entre les vertèbres cervicales. La résistance de ces ligaments à la distension fait en partie équilibre au poids de la tête, et celle-ci se trouve ainsi soutenue par une contraction musculaire très légère.

La colonne vertébrale, solidement fixée dans le bassin, transmet à cette partie le poids des parties groupées autour d'elle. Les vertèbres, d'ailleurs, reposent les unes sur les autres, comme des leviers du premier genre dont le point d'appui correspond au corps de la vertèbre, dont la puissance est représentée par les muscles des gouttières vertébrales, et dont la résistance est représentée par le poids des organes contenus dans les cavités pectorale et abdominale. Le bras de la résistance étant très grand relativement au bras de la puissance, qui est très court, les muscles postérieurs du tronc auraient besoin d'être dans une contraction énergique et permanente, pour empêcher le tronc de s'incliner en avant, si les ligaments jaunes de la colonne vertébrale ne luttaient efficacement contre cette inclinaison. La contraction des muscles postérieurs du tronc est donc à peu près nulle dans la station verticale, alors surtout que le tronc, un peu incliné en avant, fait effort sur les ligaments jaunes distendus.

En somme, le cou, le tronc et le bassin représentent une unité fixe et dont les diverses parties sont liées entre elles. Les bras qui pendent aux côtés du tronc peuvent être également considérés comme lui appartenant. Mais l'action musculaire est plus directement en jeu dans les membres inférieurs pour maintenir la direction verticale du corps. En effet, par l'intermédiaire du bassin, avec lequel la colonne vertébrale fait corps, le poids du tronc repose sur les membres inférieurs, et ceux-ci, composés de segments mobiles les uns sur les autres, ont une tendance naturelle à se fléchir dans leurs articulations.

Lorsqu'on cherche à placer un cadavre dans la situation verticale, le tronc peut être maintenu dans cette position à peu près sans secours étranger, tandis que les membres se dérobent pour ainsi dire, sous la charge du corps. C'est aussi ce qui arrive lorsque l'homme perd connaissance, c'est-à-dire lorsque la contraction musculaire fait défaut.

Le poids du corps repose sur les têtes des fémurs ; or, pour empêcher que le tronc ne tourne en avant ou en arrière, autour de l'axe fictif qui passe horizon-

[1] Le soulèvement du bras tend, en effet, à augmenter le bras de levier et à reporter ainsi le centre de gravité du tronc plus loin de la verticale *c*.

talement par les têtes des fémurs, il faut que les puissances et les résistances qui se fixent sur le bassin et sur la cuisse, tant en arrière qu'en avant, soient dans un état de tension ou d'équilibration continuelle. Le bassin repose donc sur les têtes des fémurs, suivant un levier du premier genre, dont le point d'appui est dans l'articulation, et dont la résistance et la puissance, qui se font équilibre, sont représentées par les muscles qui vont du bassin à la cuisse, soit en avant, soit en arrière. La disposition de la capsule articulaire de l'articulation coxo-fémorale est telle, que le mouvement de flexion du corps en avant, sur la cuisse, a une tendance naturelle à s'exercer, et ce mouvement peut s'opérer en ce sens dans une grande étendue. Aussi, les muscles placés à l'arrière, et destinés à empêcher le bassin de tourner en avant sur les têtes des fémurs, sont très puissants : ce sont les muscles fessiers. Quant aux muscles placés en avant de l'articulation, ils n'ont, en général, presque rien à faire dans la station verticale, surtout lorsque le corps est largement porté en arrière, lorsqu'il est *cambré*, comme on dit. En effet, la capsule d'articulation présente en avant un faisceau fibreux de renforcement qui bride la tête du fémur, lorsque l'extension de la cuisse sur le bassin est portée à un certain degré, et qui limite alors le mouvement. L'effort modérateur placé en avant du levier est remplacé par la résistance des ligaments articulaires.

Le fémur transmet le poids du corps sur l'extrémité supérieure du tibia. Ici encore nous avons affaire à un levier du premier genre, dont les bras de levier sont très courts. Le point d'appui est dans l'articulation. La puissance est représentée par les muscles extenseurs de la jambe sur la cuisse (droit antérieur de la cuisse en particulier), lesquels s'opposent à la flexion du genou. Si l'articulation du genou était une articulation mobile en tous sens, la résistance correspondrait aux muscles fléchisseurs de la jambe sur la cuisse, qu'on pourrait regarder comme les puissances modératrices appliquées en arrière, à l'autre extrémité du bras de levier; mais le jeu de ces muscles n'est pas nécessaire quand la jambe est tout à fait étendue sur la cuisse, c'est-à-dire quand le membre inférieur est bien vertical ; l'effort modérateur ou résistant est représenté en ce moment par les ligaments postérieurs et les ligaments croisés de l'articulation du genou, lesquels ne permettent pas le renversement de la jambe sur la cuisse en avant.

Le tibia repose enfin sur l'astragale, encore suivant un levier du premier genre, dont la résistance et la puissance, qui se font équilibre, sont figurées par les muscles extenseurs et fléchisseurs du pied sur la jambe. Dans cette articulation, le mouvement n'est point borné en avant ni en arrière par des ligaments résistants. La contraction musculaire peut donc seule assurer la station. De plus, le corps, pour rendre son équilibre plus stable et pour ne pas reposer tout entier sur la projection verticale du tibia, c'est-à-dire sur le talon, mais pour répartir également son poids sur toute l'étendue de la base de sustentation; le corps, dis-je, s'incline légèrement sur l'articulation tibio-astragalienne, pour reporter en avant la projection verticale du centre de gravité, d'où il suit que le corps a une certaine tendance à tomber en avant, et que les muscles qui s'opposent à ce mouvement, c'est-à-dire les muscles du mollet, sont dans un état de tension permanente. La saillie du calcanéum en arrière accroît d'ailleurs leur énergie, en augmentant la longueur du bras de levier sur lequel ils agissent.

Le pied, enfin, transmet au sol le poids du corps, non pas par tous les points de sa surface inférieure, mais par le talon, par l'extrémité des métatarsiens et aussi par son bord externe. La charge du corps est ainsi transmise au sol par une sorte de voûte, composée d'os qui peuvent éprouver les uns sur les autres de légers mouvements. La voûte du pied est composée d'os (tarse et métatarse) multiples, reliés ensemble par des ligaments puissants. La charge du corps, qui tend à écraser la voûte du pied, se trouve donc décomposée dans des articulations nombreuses, et reportée en partie sur les ligaments qui unissent les pièces osseuses : d'où résulte pour le pied une souplesse et une élasticité, destinées surtout à amortir les chocs de la marche et de la course.

L'action musculaire nécessaire au maintien de la station est réduite au minimum quand les axes de rotation et les centres de gravité des segments mobiles qui composent le corps sont compris dans un même plan vertical. C'est vers ce résultat que les muscles conspirent à tout moment, de manière à réaliser une sorte d'équilibre instable.

Pour être maintenu, cet équilibre demande une attention soutenue, de telle sorte que tout ce qui est de nature à le rompre soit à chaque instant combattu par une contraction appropriée. Cet équilibre, l'élasticité musculaire le favorise singulièrement, mais la contraction musculaire seule le maintient.

En résumé, la station exige la contraction active des muscles, et particulièrement des muscles des membres *inférieurs;* c'est pour cette raison qu'elle est fatigante à la longue. Lorsque l'homme reste quelque temps debout, il prend rapidement ce qu'on appelle la position *hanchée*, c'est-à-dire qu'il reporte le poids de son corps sur un seul membre, tandis que l'autre est légèrement fléchi. En agissant ainsi et en changeant de jambe, c'est-à-dire en reportant alternativement la charge sur l'un des membres inférieurs, non seulement il repose le membre qui ne travaille pas, mais encore, dans l'attitude *hanchée* qu'il prend, le membre sur lequel il s'appuie fatigue moins que dans la station sur les deux jambes. La contraction musculaire, destinée à lutter contre la flexion du bassin sur la cuisse et de la cuisse sur la jambe, est à peu près nulle dans cette position, et la contraction des muscles du mollet, destinée à s'opposer à la chute du corps en avant, est aussi beaucoup amoindrie. En effet, dans cette situation, le corps est légèrement incliné de côté et aussi un peu en arrière. L'articulation de la hanche de ce côté est dans l'extension extrême : dans cette position, la tension du faisceau antérieur de la capsule articulaire et celle du ligament intérieur de l'articulation sont portées au maximum. Les muscles qui relient antérieurement le bassin à la cuisse n'ont donc point à lutter contre le renversement du bassin en arrière. Quant aux muscles de la partie postérieure, c'est-à-dire les fessiers, leur action est rendue inutile par la légère inclinaison du corps en arrière, le bassin n'ayant plus, dans cette position, la moindre tendance à tourner en avant. Le genou du côté hanché est porté également dans l'extension maximum. Les ligaments postérieurs de l'articulation du genou, et aussi les ligaments croisés situés dans l'articulation, sont dans un état de tension qui soulage la contraction des muscles.

Dans la position hanchée, en outre, la bande aponévrotique puissante qui, déployée sur les muscles de la partie externe de la cuisse, se fixe à la fois sur le bassin, sur le grand trochanter et à la tubérosité supérieure du tibia, forme une sorte de sangle tendue, contre laquelle est reportée une partie du poids.

Le corps, appuyé sur l'un des membres, est maintenu dans la situation qui convient à la tension des ligaments articulaires de la hanche et du genou, et à celle de la bande *iléo-trochantéro-tibiale* de ce membre, par le membre du côté opposé, lequel, un peu fléchi et reposant légèrement à terre presque par son seul poids, sert en quelque sorte de régulateur, et, par des mouvements insensibles, tend à ramener le corps dans la position convenable et à le maintenir ainsi dans son équilibre. Les muscles du mollet, qui dans la station ordinaire sur les deux pieds luttent contre le renversement du corps en avant, sont soulagés aussi dans la position hanchée, parce que le membre régulateur, en même temps qu'il est légèrement soulevé, est aussi porté un peu en avant, et sert ainsi d'arc-boutant en ce sens. Dans la station hanchée enfin, le corps, incliné sur le côté et un peu en arrière, exerce surtout sur l'articulation tibio-astragalienne un effort latéral, c'est-à-dire dans une direction où le déplacement est empêché par les ligaments articulaires, et par la disposition des surfaces articulaires, c'est-à-dire par la malléole externe.

La station verticale ou sur deux pieds est propre à l'homme. De même que

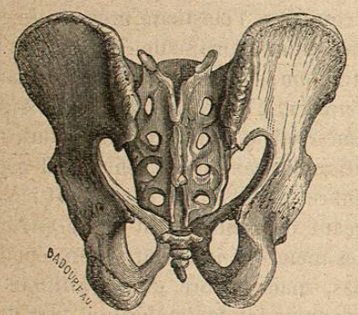

Fig. 164.
Bassin de l'homme.

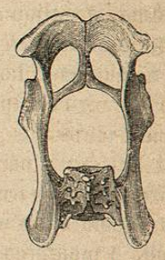

Fig. 165.
Bassin du chien.

tout concourt chez lui à rendre cette attitude possible et même facile, tout concourt pareillement, chez les animaux qui se rapprochent le plus de lui, à la rendre difficile ou impossible. Les muscles des membres, qu'on pourrait appeler les muscles de la station, c'est-à-dire les extenseurs du pied sur la jambe, et de la cuisse sur le bassin, forment, dans l'espèce humaine, des saillies (fesses et mollets) qu'on ne rencontre avec le même développement dans aucune espèce animale [1]. Ses pieds larges, à segments mobiles, qui peuvent s'appliquer et se cramponner, pour ainsi dire, sur le sol, ainsi que la largeur de son bassin (Voy. fig. 164 et comparez avec fig. 165) concourent puissamment aussi à augmenter la solidité de l'appui. D'un autre côté, la longueur disproportionnée des membres inférieurs comparés aux membres supérieurs, la longueur relative de leurs segments, la position des yeux, la brièveté du cou, etc., rendent l'homme tout à fait impropre à la station quadrupède.

[1] Si les fessiers sont très développés chez quelques quadrupèdes (croupe du cheval, par exemple), le mollet fait absolument défaut. Nous avons vu que presque tout l'effort actif de la station *bipède* est concentré dans les muscles du mollet. Les oiseaux, qui se tiennent sur deux pieds, présentent une disposition toute spéciale (Voy. § 250).

§ 244.

Station sur un seul pied. — Station sur la pointe des pieds. — Station sur les genoux. — Station assise. — Station couchée. — Dans la station sur deux pieds, la base de sustentation, nous l'avons dit, est représentée par le parallélogramme construit sur les limites des deux pieds. Dans la station sur un seul pied, ou plutôt sur une seule jambe, la base de sustentation est très diminuée, car elle n'est plus représentée que par la surface du sol couverte par le pied. Comme le centre de gravité doit passer par la base de sustentation, c'est-à-dire par le pied appuyé sur le sol, le corps s'incline du côté de la jambe appuyée pour lui transmettre le poids du corps. L'équilibre de la station sur un pied est peu stable. Cet équilibre est possible, il est vrai, et, ainsi que nous l'allons voir, le corps est alternativement porté par une seule jambe dans tous les mouvements de progression ; mais, pour peu que cette attitude se prolonge, elle devient extrêmement fatigante. Le poids à supporter par le membre est double, en effet, du poids ordinaire ; les muscles, continuellement en action pour maintenir le membre dans sa rectitude ne peuvent se reposer en reportant alternativement la charge d'un membre sur l'autre, comme cela a lieu dans la station prolongée sur deux jambes ; et, enfin, la petitesse de la base de sustentation oblige à des efforts musculaires énergiques pour maintenir le centre de gravité dans la perpendiculaire à la surface de sustentation. Aussi la station sur un seul membre détermine promptement des tremblements, et ne tarde pas à devenir impossible.

La station sur la pointe des pieds, c'est-à-dire sur cette portion de la surface plantaire des pieds comprise entre la tête des métatarsiens et l'extrémité libre des orteils, est à peu près aussi fatigante que la précédente, et tout aussi peu naturelle. La base de sustentation se trouve très réduite, et, dans la position particulière que prennent alors les pieds, les muscles du mollet sont dans une contraction violente, qui ne peut durer que quelques instants. La station sur la pointe d'un seul pied est plus fatigante encore et plus difficile. Ici comme toujours, en effet, la verticale abaissée du centre de gravité doit passer par la base de sustentation, et la base de sustentation est alors considérablement diminuée. La projection du tronc en avant et la projection en arrière du membre inférieur libre, qui accompagnent, la plupart du temps, cette attitude, n'en changent point les conditions d'équilibre : la résultante du poids de la partie projetée en avant, et la résultante du poids de la partie projetée en arrière, doivent toujours être dans des rapports tels que leur composante passe par la base de sustentation.

Lorsque l'homme est à genoux et qu'il tient le corps droit, le centre de gravité tombe perpendiculairement le long des fémurs sur les genoux, et le poids du corps se trouve ainsi presque exclusivement supporté par une base de sustentation de peu d'étendue, arrondie et mal disposée à cet effet. Cette situation est fatigante, et le genou ne tarde pas à devenir douloureux sous la charge du corps. Cette position est moins fatigante quand, inclinant le bassin en arrière et l'appliquant sur les talons, on déplace le point où vient tomber le centre de gravité et on en répartit la charge sur la base de sustentation tout entière. (La base de sustentation est mesurée alors par le parallélogramme construit entre