

# Chapitre 5. LE MOTEUR MUSCULAIRE

« D'où vient la faiblesse de l'homme ? De l'inégalité qui se trouve entre sa force et ses désirs. Ce sont nos passions qui nous rendent faibles, parce qu'il faudrait pour les contenter plus de forces que ne nous en donna la nature. Diminuez donc les désirs, c'est comme si vous augmentiez les forces : Celui qui peut plus qu'il ne désire en a de reste ; il est certainement un être très fort. »

Jean-Jacques ROUSSEAU. *Émile ou De l'éducation*, livre III.

## 5.1. LES MUSCLES

Les muscles sont des organes doués de la propriété de se contracter. On les divise en deux groupes. Les muscles striés sont aussi dits muscles volontaires, ou muscles de la vie animale. Les muscles lisses, ou muscles involontaires, sont les muscles de la vie végétative. On trouve des muscles lisses partout où une contraction rapide n'est pas nécessaire, c'est-à-dire dans les viscères, les vaisseaux qui ont besoin de contractions lentes et continues. Le muscle strié est affecté aux contractions rapides. Il est soit squelettique, soit cardiaque. Nous ne nous intéresserons ici qu'aux seuls muscles striés squelettiques, ceux de la locomotion, sachant que sans les muscles lisses et le muscle cardiaque il n'y a pas de vie, donc pas de mouvement, ni de pédalage.

### 5.1.1. ANATOMIE GÉNÉRALE DU MUSCLE SQUELETTIQUE

#### 5.1.1.1. Morphologie

Le muscle strié est ainsi dénommé parce qu'il est traversé de stries bien visibles au microscope. Nous verrons plus loin qu'elles correspondent à la structure intime du muscle.

Sur le plan de l'anatomie macroscopique, c'est-à-dire sur ce que l'on voit à l'œil nu, il est composé de deux parties. L'une centrale ou moyenne est appelée corps ou ventre. Elle est épaisse, volumineuse et de consistance molle. C'est la partie contractile. L'autre forme les extrémités du muscle. Elle est étroite, dense, résistante. C'est la partie tendineuse.

La plupart des muscles ne possèdent qu'un seul corps charnu. D'autres sont formés de deux ou plusieurs corps musculaires. Un muscle peut ainsi être composé de plusieurs ventres séparés par un tendon intermédiaire. Le meilleur exemple en est le grand droit de l'abdomen qui forme les « abdominaux ».

Souvent les corps, ou chefs musculaires, ont une origine distincte et se réunissent sur un tendon commun. Citons le triceps sural, extenseur de la cheville, qui est composé de trois chefs : le soléaire et les deux jumeaux. Citons encore le quadriceps crural, extenseur du genou, qui réunit quatre corps musculaires sur le tendon quadricipital : les vastes interne et externe, le crural et le droit antérieur. Citons enfin le biceps crural, extenseur de la hanche par son chef ischiatique et fléchisseur du genou par ses deux chefs.

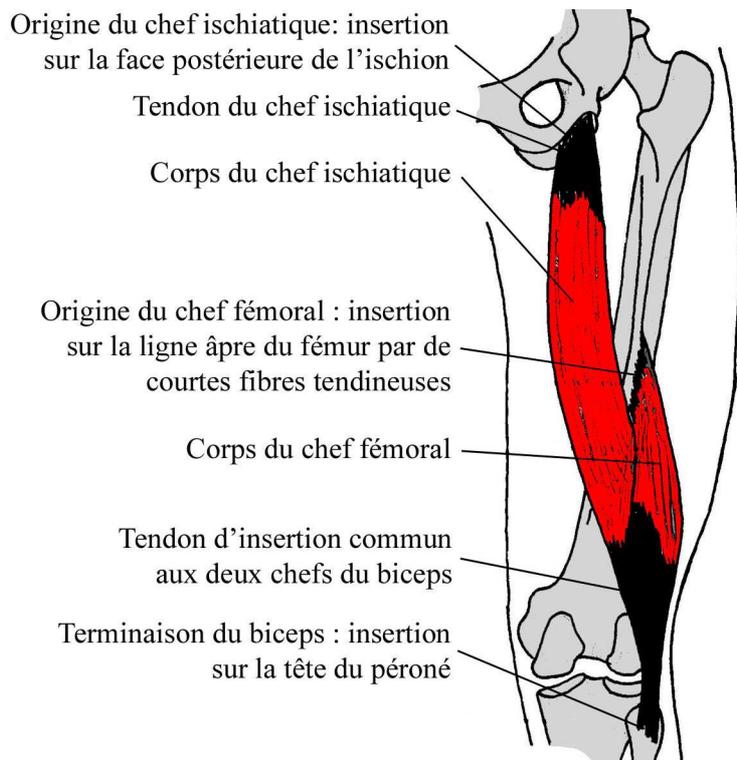


Figure 5.1. Anatomie d'un muscle. Les différentes parties. L'exemple choisi porte sur le biceps crural droit, vue postérieure.

Une autre manière de regarder les muscles amène à distinguer les muscles longs, les muscles larges, les muscles courts et les muscles orbiculaires. Ces derniers fonctionnent autour des orifices de l'organisme (œil, bouche, anus...) et ne concernent pas directement le pédalage.

### 5.1.1.2. Les insertions musculaires

Le plus souvent, les muscles striés s'insèrent sur les os. Mais quelquefois ils s'attachent sur des surfaces membraneuses ou même directement sur la peau. L'insertion des muscles se fait sans intermédiaire par leurs fibres charnues ou, plus fréquemment, par leurs tendons. Pour décrire les insertions musculaires, ce qui est nécessaire pour comprendre quel levier va mobiliser tel ou tel muscle, on distingue une insertion d'origine et une insertion terminale. Ce choix arbitraire est le plus souvent justifié par le mouvement que l'on étudie. L'origine est alors considérée comme étant fixe et la terminaison mobile. Mais on peut, par exemple, fléchir la hanche en levant le genou ou en se penchant en avant pour ramasser quelque chose. Dans le premier cas, c'est le bassin qui est réputé fixe. Dans le deuxième, c'est le fémur qui sert de référence stable.

Pendant le pédalage, les choses sont simples au niveau de la hanche. Le bassin est fixe sur la selle et les mouvements de la cuisse se font par rapport à lui. Mais tout se complique avec le genou ou avec la cheville. Est-ce la jambe qui bouge par rapport à la cuisse ou l'inverse ? Le mouvement n'est-il pas en fait plus complexe ? On devine que oui.

### 5.1.1.3. Texture des muscles striés

Le muscle est composé de fibres musculaires. La texture du muscle, c'est la disposition de ces fibres. Le muscle classique, ou le plus simple, est fusiforme ou longitudinal. Il est constitué de longues fibres parallèles à l'axe du muscle qui s'implantent bout à bout sur un tendon dont les fibres ont la même direction. Il représente une configuration rare, plutôt réservée aux extrémités des membres. Citons le jambier antérieur, le coureur.

Le muscle penniforme est plus répandu. Ses fibres s'insèrent sur le tendon comme les barbes d'une plume. Elles ont une direction oblique par rapport au grand axe du muscle et s'implantent obliquement sur le tendon. Elles sont plus courtes et plus nombreuses. Le muscle penniforme est unipenné quand les fibres s'implantent sur un seul bord ou une seule face du tendon. Cette disposition des fibres est très fréquente dans l'organisme et notamment sur les principaux muscles moteurs du membre inférieur. Par exemple, on peut citer le demi-membraneux, le crural... On dit qu'il est bipenné ou multipenné quand les fibres s'implantent sur les deux faces du tendon ou dans des cas d'arrangements encore plus complexes. Exemples : le soléaire, les deux vastes et le tendon quadricipital...

### 5.1.1.4. Énonçons en rafale quatre lois

Première loi : la longueur et la texture des muscles résultent de leur adaptation à une fonction.

Deuxième loi : un muscle qui produit un grand déplacement, mais une faible traction, est formé de fibres longues, parallèles et dont la direction prolonge celle des fibres tendineuses.

Troisième loi : un muscle qui produit une forte traction et un faible déplacement est constitué par des faisceaux charnus superposés et dirigés obliquement sur le grand axe du muscle.

Quatrième loi : la force qu'un muscle peut développer est proportionnelle à la surface de sa section transversale, laquelle est perpendiculaire à la direction des fibres.

Prenons l'exemple de trois muscles de même section anatomique. Le premier est un muscle composé de fibres longitudinales, avec deux courts tendons. La section transversale est égale à la section anatomique. Le deuxième est un muscle unipenné. Les fibres naissent d'un tendon ou d'une lame tendineuse et se terminent sur un autre tendon ou une autre lame tendineuse.

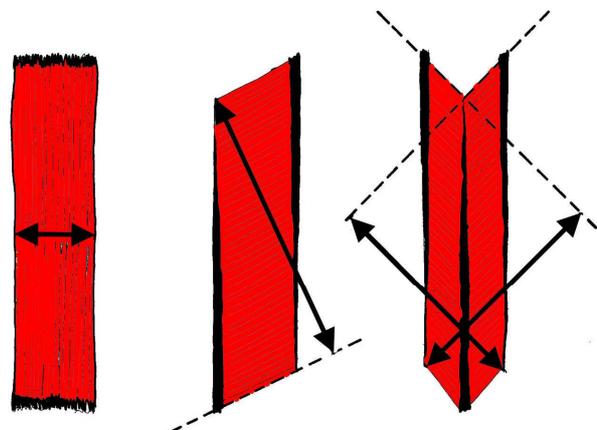


Figure 5.2. Trois types de disposition des fibres musculaires. De gauche à droite, muscle longitudinal, muscle penniforme unipenné et muscle penniforme bipenné. Le plus "fort" est le muscle bipenné dont la section transversale est la plus importante.

La section transversale véritable est égale dans notre exemple à 3,4 fois la section anatomique. Le troisième est un muscle bipenné. Ses fibres naissent de deux tendons ou lames tendineuses et se terminent sur un seul tendon ou une seule lame tendineuse. Sa section transversale est égale à 5,3 fois sa section anatomique.

#### 5.1.1.5. Fibres et faisceaux

Le muscle est formé de fibres musculaires. Celles-ci, dont le diamètre varie de 0,01 à 0,1 mm et dont la longueur peut atteindre plusieurs centimètres, sont assemblées de façon systématique par du tissu conjonctif. Ce dernier occupe les intervalles entre les fibres, et assure lien, remplissage, emballage et soutien. Chaque douzaine de fibres - plus ou moins - est enveloppée par une membrane pour former un faisceau primaire. Ces faisceaux primaires sont ensuite regroupés en faisceaux secondaires puis en faisceaux tertiaires. Leurs extrémités fusionnent avec les fibres tendineuses.

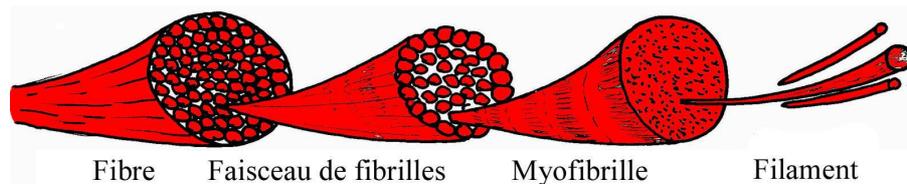


Figure 5.3. Du filament d'actine à la fibre musculaire

#### 5.1.1.6. Les aponévroses

L'enveloppe de tissu conjonctif qui entoure ces faisceaux puis le muscle forme l'aponévrose. Les aponévroses séparent les muscles des organes voisins. Les aponévroses qui engainent un muscle ou un groupe de muscle s'appellent aussi fascias. Elles maintiennent le ou les muscles dans une bonne position de fonctionnement par rapport à leur finalité mécanique. Elles s'opposent notamment au déplacement latéral du muscle lorsqu'il se contracte.

#### 5.1.1.7. Les tendons

Les tendons servent à transmettre la force développée par le muscle. Il existe des tendons courts, des tendons plats et des tendons longs et cylindriques. Les fibres des tendons courts et plats sont parallèles entre elles et suivent la direction générale du tendon. Par contre les fibres des tendons longs et cylindriques, appartenant à des muscles forts, sont plus ou moins spirales, donnant ainsi une certaine élasticité au tendon.

#### 5.1.1.8. Les bourses séreuses

Ce sont des cavités closes dont le rôle est de faciliter le glissement des organes auxquels elles sont annexées. Annexées aux muscles et aux tendons, elles se développent partout où ils glissent sur une surface dure, osseuse, ligamenteuse ou même tendineuse. On les rencontre souvent autour des articulations. Elles peuvent même communiquer avec la cavité articulaire. Exemple : le cul de sac sous-quadricipital. Quand elles enveloppent un tendon contenu dans une gaine fibreuse ou ostéo-fibreuse, on les appelle gaines séreuses péri-tendineuses. On retrouve, par exemple, ces gaines dans le passage en arrière des malléoles des extenseurs « accessoires » de la cheville.

### 5.1.2. MUSCLES MONO-ARTICULAIRES ET POLY-ARTICULAIRES

Deux types de muscles cohabitent avec chacun leurs avantages et leurs inconvénients : les muscles mono-articulaires et les muscles poly-articulaires.

#### 5.1.2.1. Les muscles mono-articulaires

Ils n'agissent que sur une articulation et sont donc adaptés aux seuls mouvements de cette articulation. Ils peuvent se raccourcir assez pour aller jusqu'au bout du mouvement qui leur incombe. Ils peuvent aussi s'allonger suffisamment pour permettre le mouvement opposé complet de l'articulation. Dans les mouvements du membre inférieur ce sont les plus nombreux.

Les muscles mono-articulaires de la cheville sont le soléaire du triceps sural, le long fléchisseur commun des orteils, le long fléchisseur propre du gros orteil, le court péronier latéral, le long péronier latéral, le jambier antérieur, l'extenseur propre du gros orteil, l'extenseur commun des orteils et le péronier antérieur. La plupart de ces muscles agissent aussi sur les articulations du pied. Les muscles mono-articulaires du genou sont moins nombreux. Il s'agit du crural et des deux vastes du quadriceps crural, du faisceau court du biceps crural et du poplité. Les muscles mono-articulaires de la hanche sont le grand fessier, le moyen fessier, le petit fessier, le carré crural, le petit adducteur, le moyen adducteur, le grand adducteur, le psoas iliaque, le pectiné, le pyramidal, l'obturateur interne, l'obturateur externe et les jumeaux.

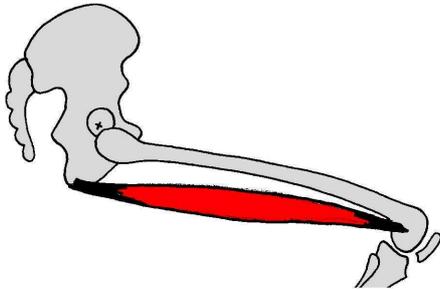


Figure 5.4. Un muscle mono-articulaire :  
La portion interne du grand adducteur.

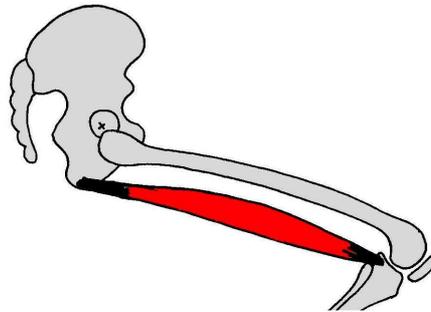


Figure 5.5. Un muscle poly-articulaire :  
Un des muscles ischio-jambiers.

### 5.1.2.2. Les muscles poly-articulaires

Ces muscles ne sont pas exclusivement dédiés aux mouvements d'une seule articulation. Ils ont une fonction définie par rapport aux mouvements combinés habituels des articulations qu'ils mobilisent. Ils ne sont donc pas prévus pour les mouvements extrêmes de chacune des articulations concernées, ni pour les mouvements simultanés extrêmes. En règle générale on considère qu'ils ont une action élective sur l'articulation la plus distale qu'ils desservent. Citons les deux jumeaux du triceps sural qui sont d'abord extenseurs de la cheville et ne jouent qu'un rôle modeste dans la flexion du genou. Souvent, ils ne sont pas assez longs pour permettre, dans toutes les circonstances, les mouvements opposés complets des articulations qu'ils « croisent ». Par exemple, la tension des ischio-jambiers ne permet pas de fléchir la hanche à plus de 90° quand le genou est en extension. Pour accentuer la flexion de la hanche, il faut fléchir le genou afin de détendre les ischio-jambiers.

Les muscles poly-articulaires communs à la cheville et au genou sont les jumeaux du triceps sural. Les muscles poly-articulaires communs au genou et à la hanche sont le droit antérieur du quadriceps crural, le faisceau long du biceps crural, le demi-tendineux, le demi-membraneux, le droit interne, le tenseur du fascia lata et le couturier.

### 5.1.2.3. Quelques remarques

Trois muscles sur quatre sont mono-articulaires. Ils équipent toutes les articulations, mais ils sont prédominants dans les articulations distales (la cheville, le poignet), ce qui permet les mouvements les plus étendus, les plus habiles et les plus fins. Ces muscles mono-articulaires sont plus courts et donc en règle générale plus légers que les muscles poly-articulaires. L'extrémité des membres est ainsi plus légère, ce qui diminue le travail des muscles de la racine des membres. Nous verrons plus loin que, dans le pédalage, les mouvements de flexion-extension de la cheville jouent un rôle essentiel du fait même de leur liberté liée à la quasi-exclusivité des muscles mono-articulaires. Quant à ceux du genou et de la hanche, ils ont partie liée, comme dans la marche, notamment à cause des muscles poly-articulaires.

## 5.1.3. ACTIONS PRINCIPALES ET ACCESSOIRES DES MUSCLES

Sauf sur les articulations n'ayant qu'un degré de liberté, et pour cause, il est rare qu'un muscle ait une seule action sur l'articulation. On distingue ainsi une action principale, quelquefois évoquée dans le nom du muscle (exemple : les trois adducteurs de la hanche) et des actions accessoires. Cette distinction est parfois arbitraire. En ce qui nous concerne, les actions principales sont celles qui entrent en jeu dans le pédalage, à savoir la flexion et l'extension des trois articulations du membre inférieur.

Mais les fléchisseurs et les extenseurs peuvent aussi être rotateurs externe ou interne, abducteurs ou adducteurs. Par exemple, le grand fessier est d'abord extenseur de la hanche, mais il est aussi abducteur et rotateur externe. Et comme les choses ne sont jamais simples, un même muscle peut, selon la position de l'articulation, être fléchisseur ou extenseur... Par exemple, le petit adducteur est extenseur de la hanche quand celle-ci est très fléchie, fléchisseur quand elle est peu fléchie. Nous reviendrons sur ce point à propos des extenseurs de la hanche et au chapitre dix.

## 5.2. QUATORZE COUPES

Afin de comprendre la participation de chaque muscle au pédalage, il est nécessaire d'avoir plusieurs informations sur lui :

Sur quelle(s) articulation(s) intervient-il ?

Quelle(s) action(s) a-t-il ?

Quelle est sa force ?

Est-il efficace ?

Quel est sa forme, son volume ?

Sous quel angle aborde-t-il ses insertions ?

Les quatorze coupes schématiques présentées ci-dessous, sur les figures 5.7 à 5.20 ont cinq ambitions :

1. Lister les muscles qui vont intervenir chez le cycliste. A priori, tous les muscles apparaissant sur une ou plusieurs coupes vont jouer un rôle plus ou moins grand pendant le pédalage.
2. Mettre en évidence sur quelle(s) articulation(s) ils sont susceptibles d'agir. Par exemple, le droit antérieur est visible de la coupe 5.8 (sous son propre nom) à la coupe 5.15 (son tendon est alors inclus dans le tendon du quadriceps). Il croise l'articulation de la hanche et l'articulation du genou. On peut déjà affirmer que c'est un muscle polyarticulaire, qui va agir sur la hanche et le genou. On verra d'ailleurs son rôle essentiel au chapitre 7.
3. Repérer les voisinages entre muscles afin d'identifier d'éventuels complices ou opposants. Par exemple, le crural, et les deux vastes apparaissent ensemble dès la coupe 5.11 et vont rester regroupés en avant du fémur et du genou jusqu'à leur terminaison commune dans le tendon du quadriceps (coupe 5.15). On peut affirmer qu'ils ont la même action sur le genou, qu'ils sont monoarticulaires, et qu'ils seront antagonistes du demi-membraneux, du demi-tendineux ou du biceps, lesquels sont en arrière du fémur et du genou sur tout leur trajet...
4. Montrer leurs volumes respectifs, et donc leur force potentielle. Toutes ces coupes sont à la même échelle. On pourra ainsi comparer le grand fessier (figure 5.10) et le long péronier latéral (coupe 5.17) ! Cela confirmera l'importance des quatre muscles du quadriceps, du grand adducteur, du demi-tendineux, du demi-membraneux, du biceps crural et du triceps sural (Soléaire et deux jumeaux sur la coupe 5.16).
5. Prédire l'action précise d'un muscle sur telle ou telle articulation selon que son tendon passe en arrière ou en avant, en dedans ou en dehors des axes de mouvement de ladite articulation. Le droit antérieur cité plus haut passe devant l'axe de flexion-extension de la hanche. Il sera fléchisseur de cette articulation. De même, il sera extenseur du genou, en compagnie des deux vastes et du crural. Demi-tendineux, demi-membraneux et biceps seront des fléchisseurs du genou. Le petit et le moyen fessier sont à l'extérieur de l'articulation de la hanche, il y a de grandes chances qu'ils soient abducteurs...

Je vous propose de les examiner une à une tout en essayant de répondre aux cinq questions ou problématiques listées ci-dessus.

Dans le chapitre 6 seront décrits les muscles un à un, en les regroupant par grands paragraphes, selon qu'ils sont extenseurs ou fléchisseurs, qu'ils agissent sur la cheville, le genou, la hanche. Il vous sera nécessaire de faire des allers et retours entre ces coupes, les descriptions des muscles et les schémas qui les accompagnent. Toutes les coupes sont horizontales, sauf celle du cou-de-pied, et portent sur le membre inférieur droit vu du dessus. L'avant est dirigé vers le haut de la page. La liste et leur localisation en sont données sur la figure 5.6.

Trois coupes passent par l'axe de flexion-extension des trois articulations. Elles serviront de repères. Ce sont les coupes présentées dans les figures 5.9 (hanche), 5.14 (genou) et 5.20 (cheville)

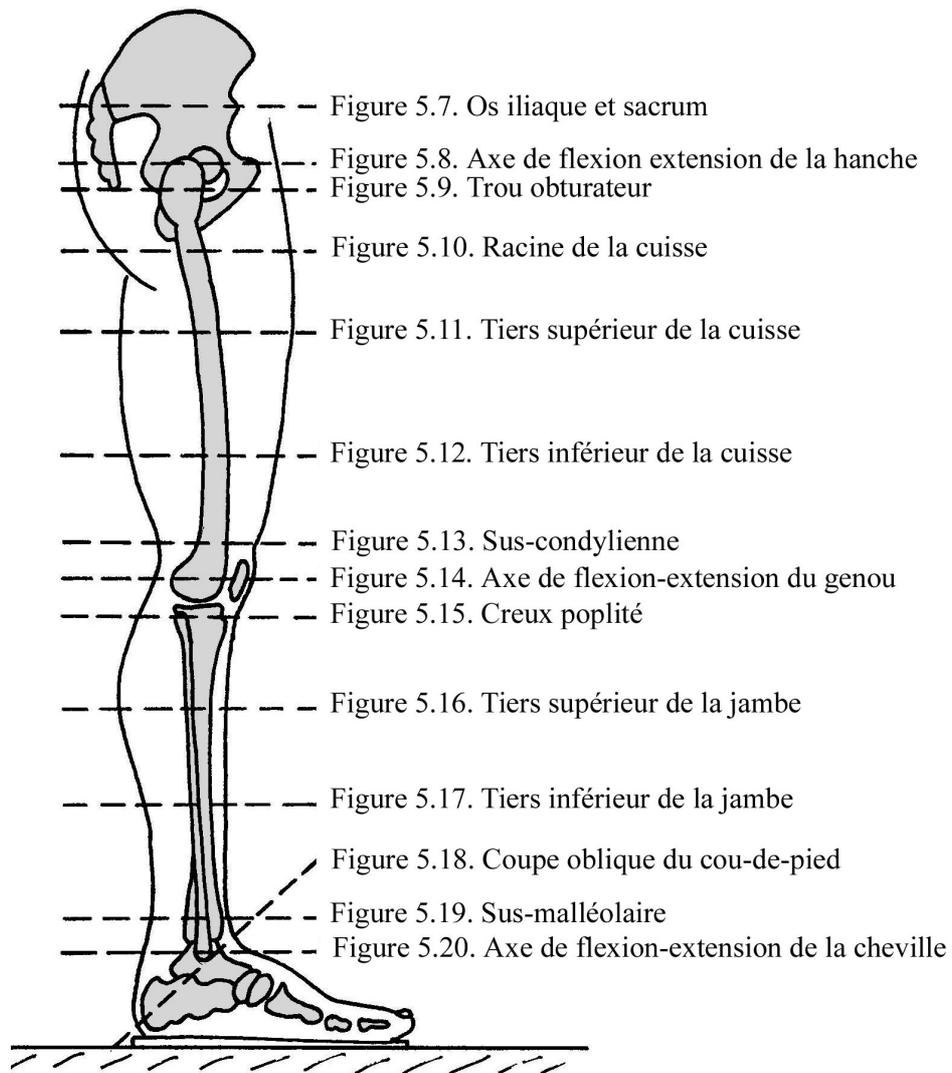


Figure 5.6. Situation des 14 coupes anatomiques qui vont être présentées de la figure 5.7 à la figure 5.20.

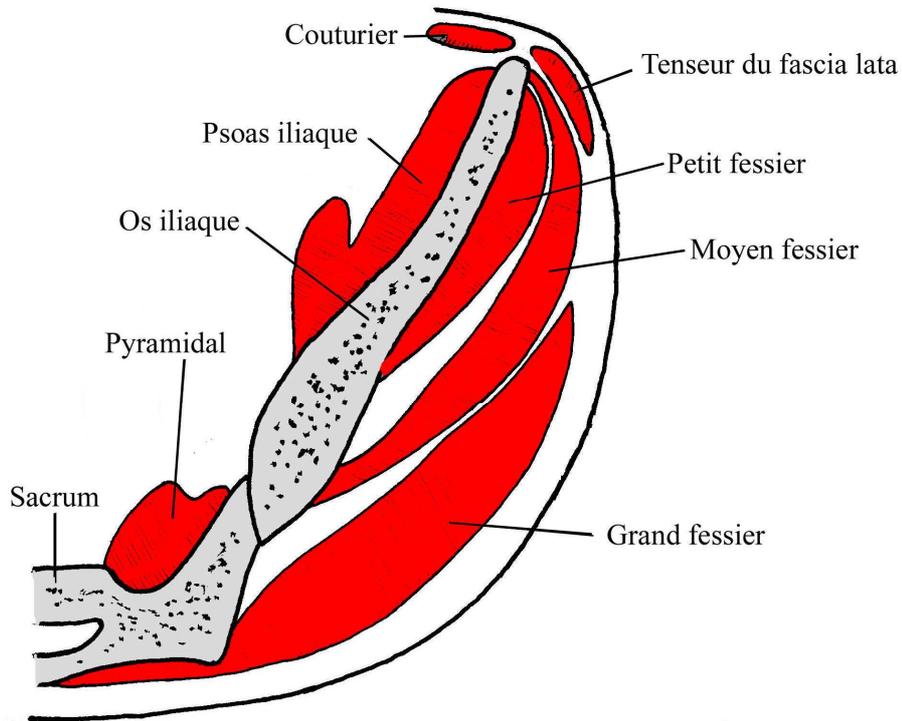


Figure 5.7. Coupe anatomique schématique horizontale au niveau de l'os iliaque et du sacrum. On remarquera l'importance de la masse musculaire du grand fessier.

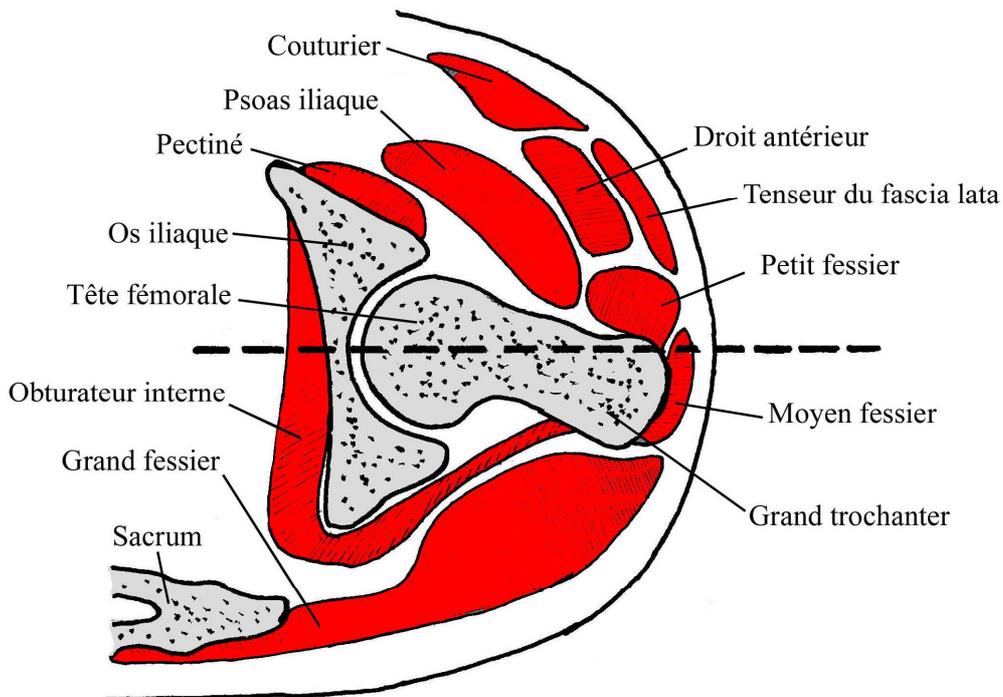


Figure 5.8. Axe de flexion-extension de la hanche (en pointillé). On notera l'importance du grand fessier en arrière de la hanche (il est donc extenseur), la présence du psoas-iliaque en avant (il est fléchisseur).

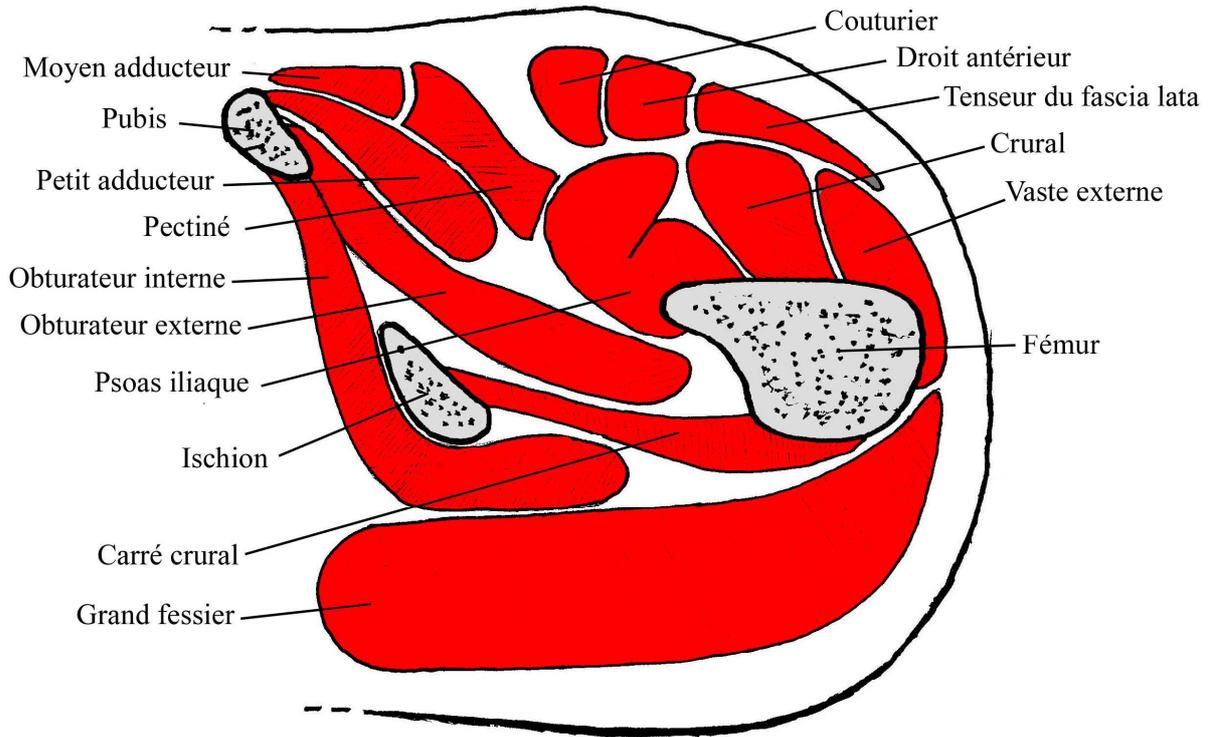


Figure 5.9. Au niveau du trou obturateur. Toujours l'imposante présence du grand fessier. Le droit antérieur est en avant. On l'avait déjà aperçu sur la figure 5.8, en avant de la hanche. Deux des trois autres muscles du quadriceps apparaissent (crural et vaste externe). On est au niveau de l'insertion inférieure du psoas-iliaque.

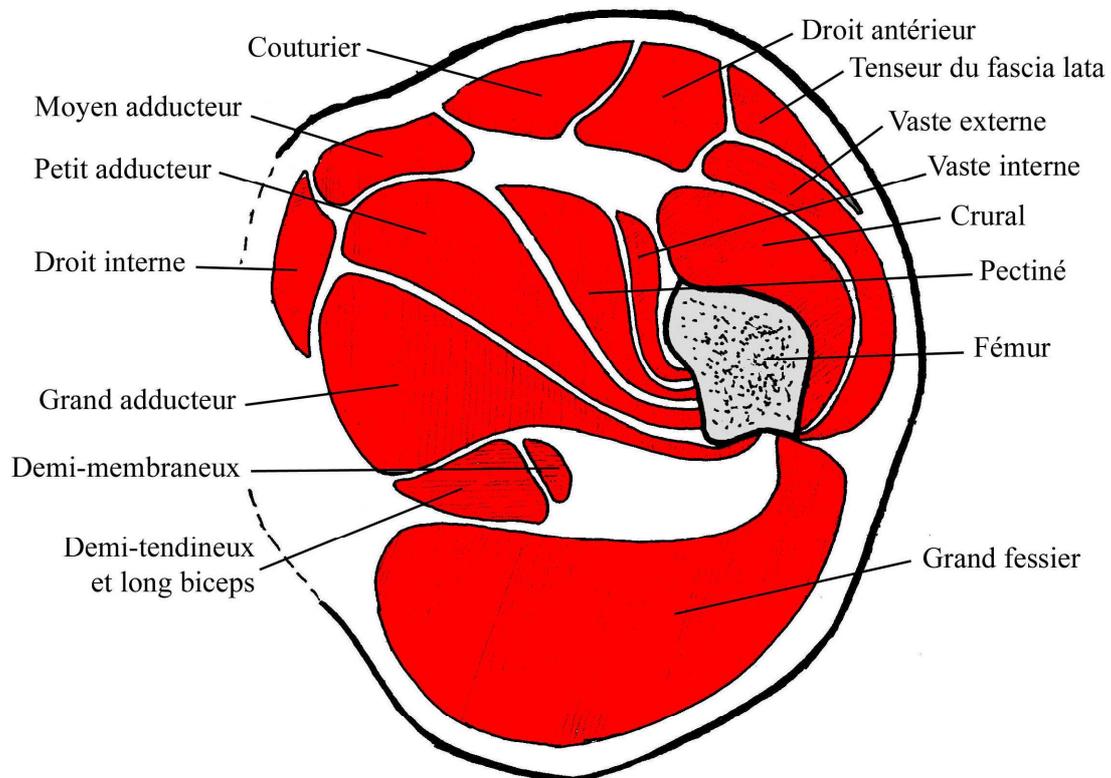


Figure 5.10. Racine de la cuisse. Le grand fessier impose toujours sa présence massive. Les quatre chefs du quadriceps sont présents (vastes, crural et droit antérieur). Le grand adducteur apparaît, alors que petit et moyen adducteurs étaient déjà présents sur la figure 5.9. Enfin, on commence à remarquer les ischio-jambic en arrière.

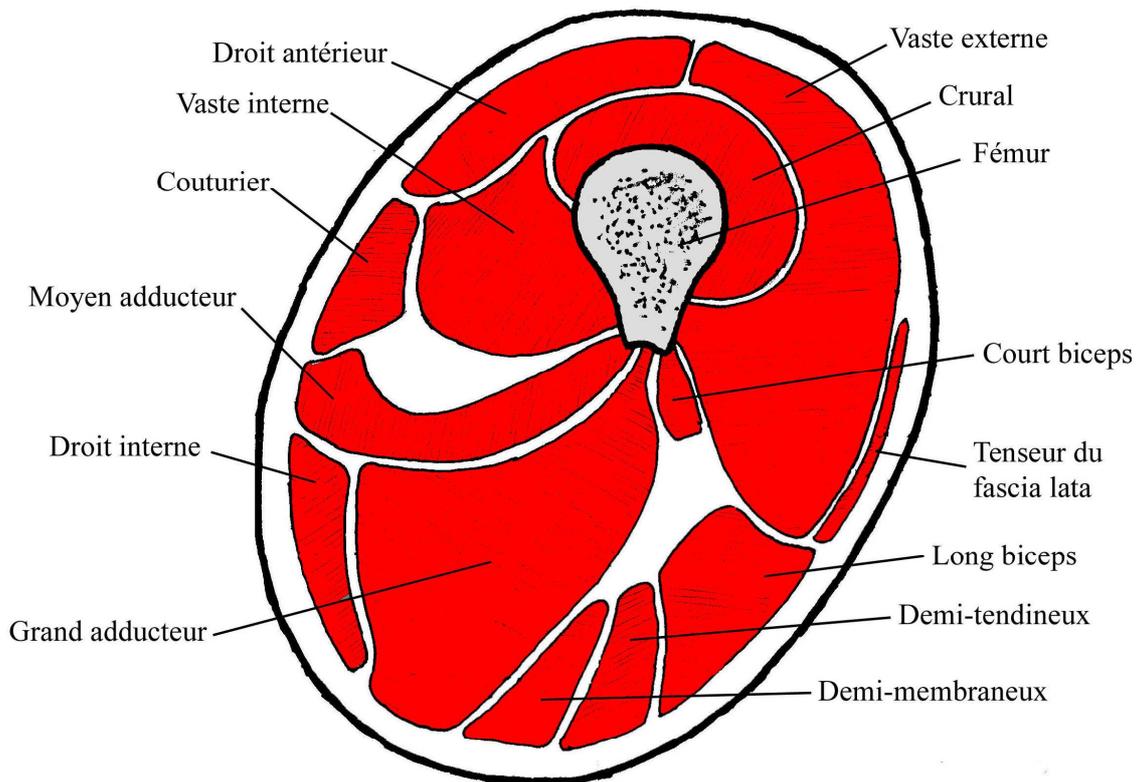


Figure 5.11. Tiers supérieur de la cuisse. Le grand fessier n'est plus là mais le quadriceps crural commence à prendre de la place (vastes externe et interne, crural et droit antérieur) en avant de la cuisse. On remarque aussi l'importance du grand adducteur en arrière (il est extenseur de la hanche) et la présence des trois ischio-jambiers, eux aussi en arrière (ils sont extenseurs de la hanche et fléchisseurs du genou).

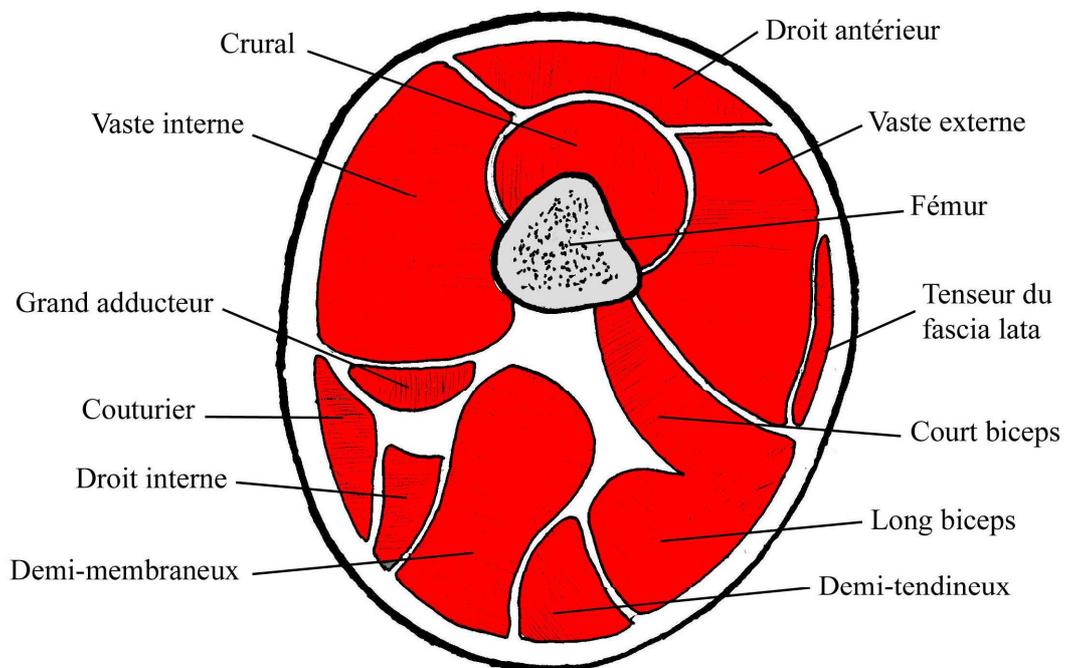


Figure 5.12. Tiers inférieur de la cuisse. C'est l'imposante masse du quadriceps crural qui domine en avant. Mais les trois ischio-jambiers (demi-membraneux, demi-tendineux et long biceps rejoint par le court biceps) ont pris une grande importance en arrière de la cuisse.

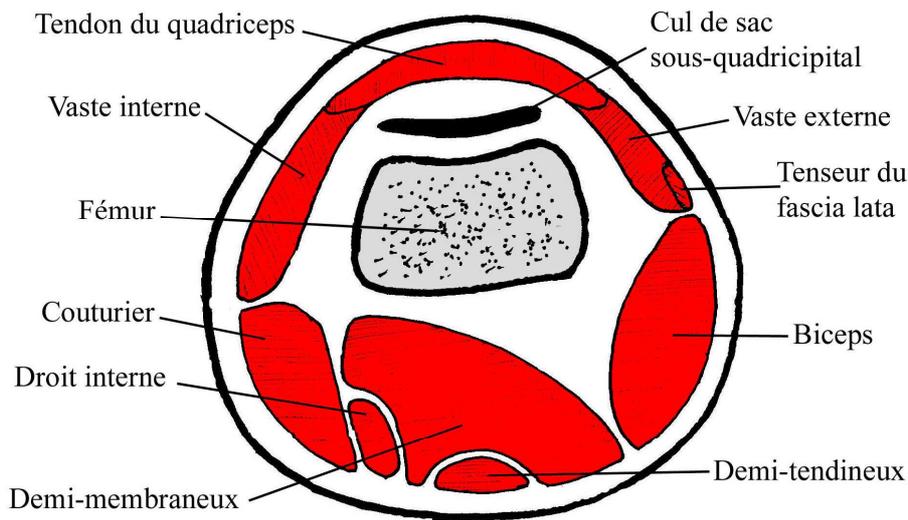


Figure 5.13. Sus-condylienne. Nous sommes à l'extrémité inférieure du fémur, juste au dessus des deux condyles. Le quadriceps commence à se rassembler dans son tendon terminal en avant. Une bourse séreuse (cul de sac sous-quadriceps) va permettre son glissement sur la face antérieure du fémur. Les trois ischio-jambiers préparent leur insertion sur la jambe.

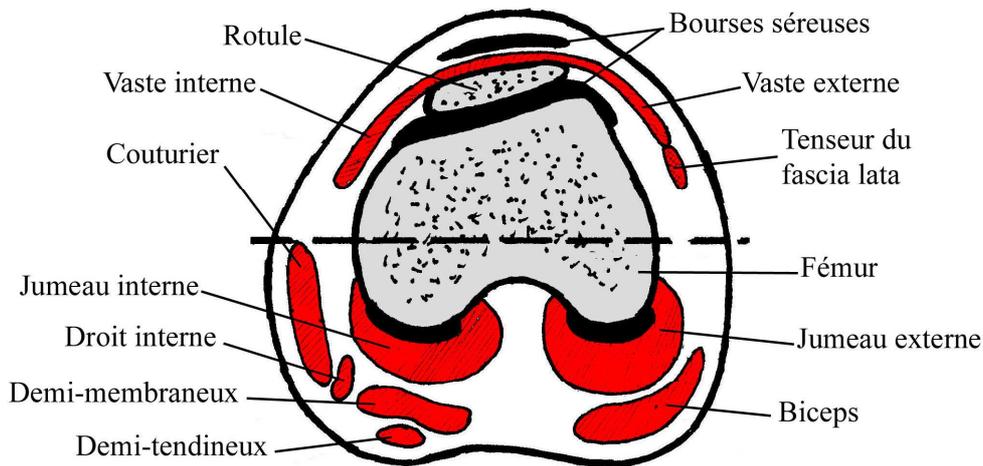


Figure 5.14. Axe de flexion-extension du genou (en pointillé). Les muscles situés en avant (quadriceps) sont des extenseurs du genou. Ceux qui sont situés en arrière sont fléchisseurs du genou. A noter l'apparition des jumeaux du triceps sural (le mollet) et de la rotule avec les bourses de glissement.

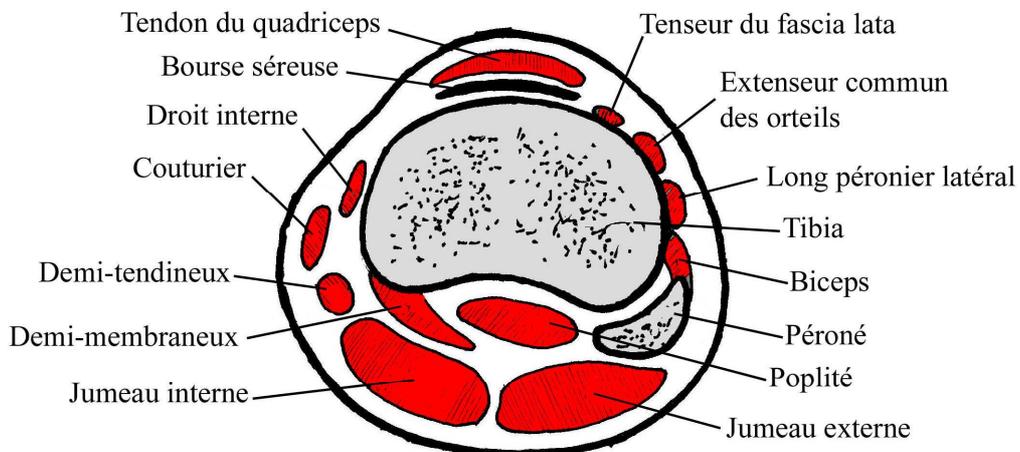


Figure 5.15. Creux poplité. Nous sommes au ras du genou, en dessous. C'est le niveau où s'insèrent les muscles agissant sur le genou (en avant les extenseurs et en arrière les fléchisseurs). On voit apparaître les muscles agissant sur la cheville (jumeaux déjà repérés, long péronier latéral, extenseur des orteils).

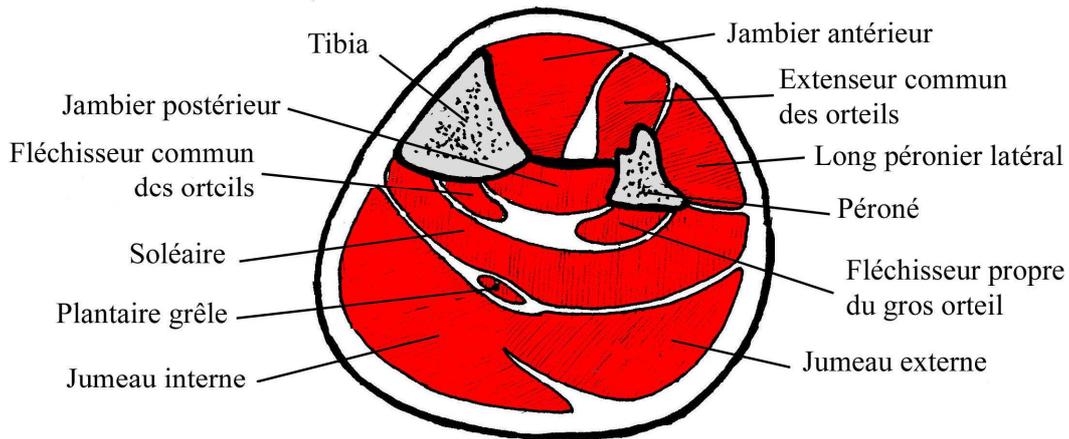


Figure 5.16. Tiers supérieur de la jambe. C'est le niveau du galbe du mollet. Evidemment, c'est le triceps sural qui occupe presque tout l'espace (les deux jumeaux et le soléaire). Il est l'extenseur principal de la cheville, secondé par les fléchisseurs des orteils et le jambier postérieur. En avant, ce sont les fléchisseurs de la cheville plus "chétifs" : jambier antérieur, extenseur commun des orteils, long péronier latéral.

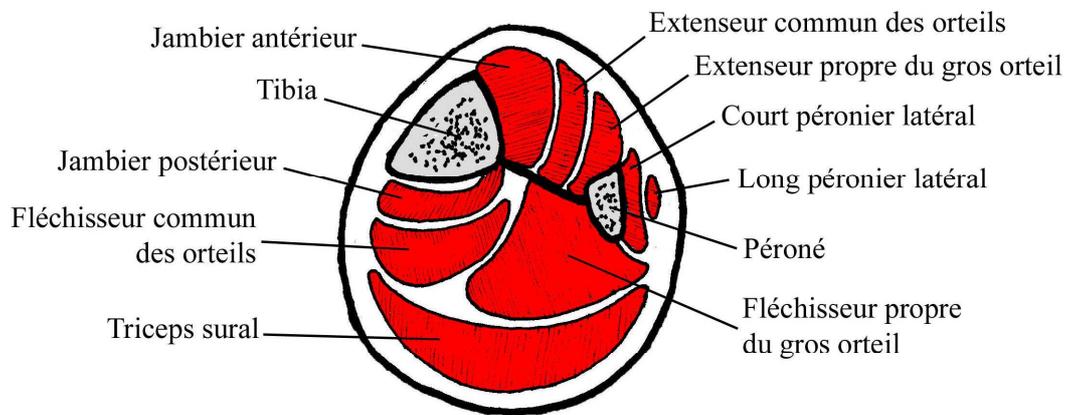


Figure 5.17. Tiers inférieur de la jambe. En arrière, les fléchisseurs des orteils prennent une relative importance. Mais comparons les masses musculaires avec celles des figures 5.9 à 5.12. Nous arrivons sur la partie distale du membre inférieur qui s'allège, notamment au bénéfice de la rapidité de mouvement.

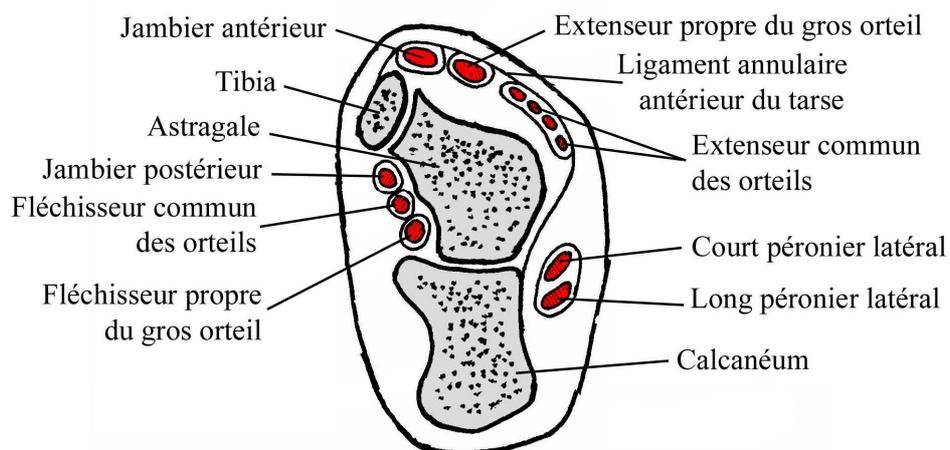


Figure 5.18. Coupe oblique du cou-de-pied. Pas de muscles ici, mais des tendons qui coulisent dans des gaines bien lubrifiées. En arrière de l'astragale, les extenseurs de la cheville. En avant les fléchisseurs. Nous allons revenir sur le tendon d'Achille à la figure 5.19.

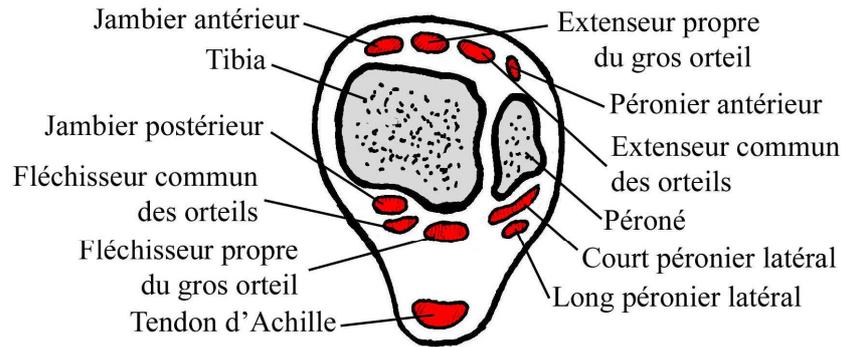


Figure 5.19. Sus-malléolaire. Nous sommes presque dans l'articulation de la cheville. A ce niveau il n'y a plus de corps musculaires mais des tendons, dont le plus important (en grosseur) de l'organisme : le tendon d'Achille. En arrière, ce sont tous les extenseurs de la cheville. Et en avant, on retrouve, bien sûr, les timides fléchisseurs de la cheville.

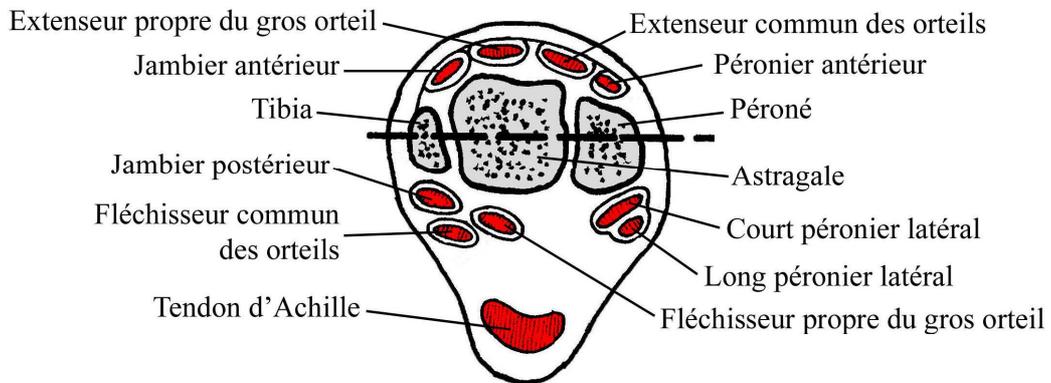


Figure 5.20. Axe de flexion-extension de la cheville (en pointillé). Nous sommes au coeur de la mortaise tibio-péronière et du tenon astragalien. Les tendons coulissent en avant de l'axe pour fléchir la cheville et en arrière pour l'étendre. En arrière se détache l'impressionnant tendon d'Achille, maître de l'extension du pied.