

Chapitre 8. VARIATIONS

« La seule preuve qu'un phénomène joue le rôle de cause par rapport à un autre, c'est qu'en supprimant le premier, on fait cesser le second. » Claude BERNARD, Introduction à l'étude de la médecine expérimentale, 1^{ère} partie, chapitre II, paragraphe VIII (1865).

Nous allons d'abord voir dans ce chapitre 8 que la cheville du cycliste jouit d'une liberté importante dans ses mouvements et que les flexions de la hanche et du genou sont largement conditionnées par son jeu articulaire. Nous étudierons donc les conséquences de toutes les variations possibles de la cheville, à position constante par ailleurs (longueur de manivelle, hauteur et recul de la selle...). Nous verrons ensuite comment le pédalage est aussi influencé par la morphologie du cycliste et par le réglage de sa position sur la bicyclette. Pour se livrer à cette analyse, nous allons proposer une méthode d'analyse du pédalage en fonction des mouvements du genou et de la hanche, en 8.1.5. En préalable, il nous faut définir les limites de ces mouvements, d'une part en fonction des contraintes du système à 5 axes et 4 leviers décrit en 1.3.1 et évoqué au chapitre 7, et d'autre part en fonction du degré de flexion-extension de la seule cheville.

Pour bien comprendre « avec son corps » ce qui va être longuement décrit, il vous suffira de tester affirmations et hypothèses sur votre propre vélo en pédalant avec un seul membre inférieur, la chaussure étant munie d'une cale, bien sûr. Il vous faudra vous concentrer sur les jeux articulaires et musculaires du membre utilisé. Vous sentirez votre droit antérieur, vos ischio-jambiers, votre triceps sural... votre hanche et votre genou et vous serez émerveillé par le miracle du jeu de la cheville.

8.1. MOUVEMENTS MAXIMAUX DU GENOU ET DE LA HANCHE EN FONCTION DE LA CHEVILLE

8.1.1. FLEXION MAXIMALE DU GENOU

8.1.1.1. Définition et détermination

La flexion maximale du genou est atteinte quand la distance entre la hanche et la cheville est la plus courte. Pendant le pédalage, pour une flexion donnée de la cheville, la flexion maximale du genou intervient quand la distance entre la hanche et la pédale est la plus petite. Cette condition est réalisée au point de révolution de la pédale pour lequel hanche, pédale et axe de pédalier sont alignés, la pédale étant située entre la hanche et l'axe de pédalier. L'axe de la manivelle se confond alors avec la droite reliant la hanche à l'axe de pédalier.

8.1.1.2. Variations en fonctions de la cheville

Lors de ce passage de la pédale en alignement de la hanche et de l'axe de pédalier, le degré de flexion du genou peut varier d'une manière importante selon la flexion de la cheville. La flexion la plus importante du genou est obtenue quand la cheville est alignée avec la hanche et la pédale, c'est-à-dire quand la distance entre la hanche et la cheville est la plus courte. Si la flexion de la cheville s'accroît devient extrême, celle du genou diminue légèrement. Si la cheville est en extension, la flexion du genou diminue nettement.

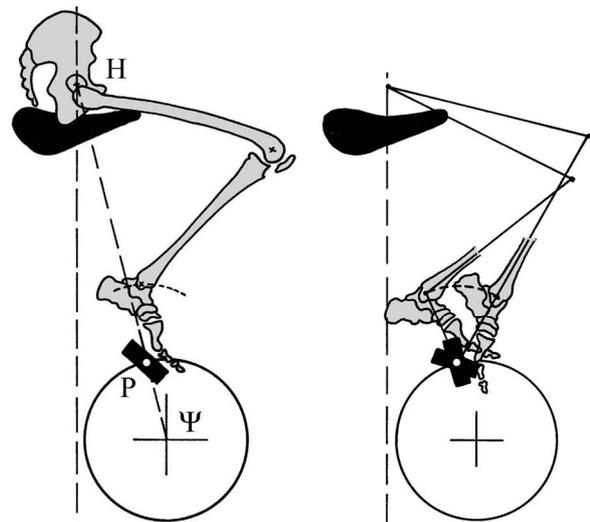


Figure 8.1 et 8.2. Flexion maximale du genou. A gauche, H, P et Ψ sont alignés. A droite, la cheville joue sur sa liberté, on voit les conséquences que cela a sur le genou (et sur la hanche).



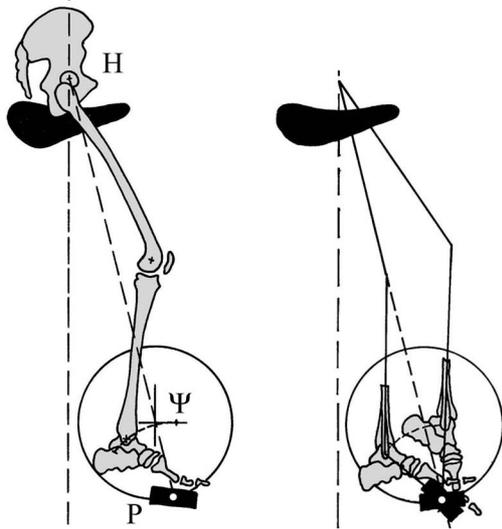
Pendant le pédalage habituel de Maurice, le point de flexion maximale du genou se situe vers 345° de rotation du pédalier.

Le genou est fléchi de 115° et la cheville et la hanche sont en fin de flexion.

8.1.2. FLEXION MINIMALE DU GENOU

8.1.2.1. Définition et détermination

La flexion minimale du genou est obtenue quand la distance entre la hanche et la cheville, est la plus longue. Pour une flexion donnée de la cheville, la flexion minimale du genou est obtenue quand la distance entre la hanche et la pédale, est la plus grande. Cette condition est réalisée au point de révolution de la pédale pour lequel la hanche, la pédale et l'axe de pédalier sont alignés, l'axe de pédalier étant situé entre la hanche et la pédale. Ce point est à 180° du point de flexion maximale du genou.



Figures 8.3 et 8.4. Flexion minimale du genou. A gauche, H, Ψ et P sont alignés. A droite la cheville se libère.

8.1.2.2. Variations en fonction de la cheville

À ce moment de la rotation de la pédale, l'extension rapide de la cheville éloigne la pédale du genou. Le point de flexion minimale du genou ne coïncide donc pas tout à fait avec l'intersection de la droite $H\Psi$ et du cercle parcouru par la pédale. La différence est négligeable. Selon le degré de flexion de la cheville, entre la flexion et l'extension maximales, la flexion du genou varie sur une bonne vingtaine de degrés. La valeur de flexion minimale du genou est la plus élevée quand la cheville est alignée avec la hanche et la pédale, c'est-à-dire quand la cheville est la moins éloignée de la hanche. La cheville est alors en extension. De part et d'autre de ce point, la flexion du genou diminue. D'un côté, vers l'extension maximale de la cheville, l'angle du genou diminue légèrement. De l'autre, la flexion de la cheville est limitée par la hauteur de la selle quand hanche, genou et pédale sont alignés. Nous reverrons cela en 8.2.4.



Pendant le pédalage habituel de Maurice, le point de flexion minimale du genou se produit vers 165° de rotation du pédalier. L'articulation du genou n'est fléchie que de 38° et la cheville et la hanche sont en fin d'extension.

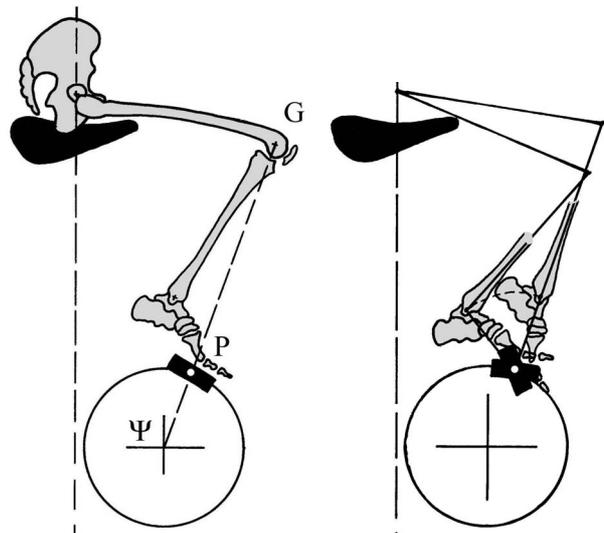
8.1.3. FLEXION MAXIMALE DE LA HANCHE

8.1.3.1. Définition et détermination

La flexion maximale de la hanche est obtenue quand la distance entre le genou et l'axe de pédalier est la plus grande. Pour une flexion donnée de la cheville, la hanche atteint son degré de flexion maximale quand le genou est dans l'alignement de l'axe de la manivelle, la pédale étant située entre le genou et l'axe du pédalier.

8.1.3.2. Variations en fonction de la cheville

Selon la flexion de la cheville, la position de la pédale change d'à peine un degré, ce qui est négligeable. Mais entre la flexion et l'extension maximales de la cheville, la flexion maximale de la hanche varie sur plus d'une dizaine de degrés. La flexion de la hanche est d'autant plus importante que la cheville est plus en extension, c'est à dire que la distance entre le genou et la pédale (GP) augmente.



Figures 8.5 et 8.6. Flexion maximale de la hanche. A gauche, G, P et Ψ sont alignés. La cheville continue à jouer de sa liberté.

Elle atteint son maximum quand genou, cheville, pédale et axe de pédalier sont alignés, la cheville étant proche de l'extension complète. À l'inverse, la flexion de la hanche est nettement diminuée quand la cheville est en flexion complète.



Pendant le pédalage habituel de Maurice, la flexion maximale de la hanche est obtenue quand la pédale se situe vers 20° de sa révolution. L'angle de flexion de la hanche est alors de 74° . À ce point, le genou est en pleine phase d'extension et la cheville finit passivement sa flexion.

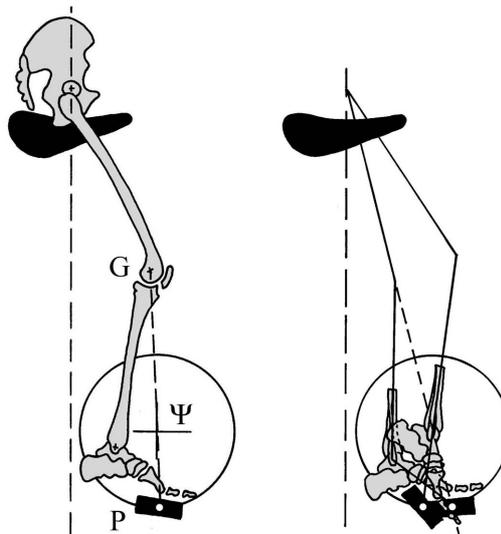
8.1.4. FLEXION MINIMALE DE LA HANCHE

8.1.4.1. Définition et détermination

La flexion minimale de la hanche est atteinte quand le genou est le plus proche de l'axe de pédalier. Pour une flexion donnée de la cheville, la flexion minimale de la hanche est atteinte quand le genou est dans l'alignement de l'axe de la manivelle, l'axe de pédalier se trouvant entre genou et pédale (G, Ψ et P sur la même droite, Ψ entre G et P).

8.1.4.2. Variations en fonction de la cheville

Selon le degré de flexion de la cheville, la position de la pédale varie très nettement sur la circonférence de révolution de la pédale. De même, la flexion minimale de la hanche varie d'une manière importante. La flexion de la hanche est d'autant plus importante que la cheville est plus en extension. À l'inverse, la flexion de la hanche diminue avec la flexion de la cheville, cette dernière étant limitée par la hauteur de la selle, comme nous l'avons vu en 8.1.2.2.



Figures 8.7 et 8.8. Flexion minimale de la hanche. A gauche, G, Ψ et P sont alignés. A droite, la cheville en profite un peu.



Pendant le pédalage habituel de Maurice, la pédale est au point le plus bas de sa révolution aux alentours de 180° . La hanche n'est plus fléchie que de 29° . À ce point de révolution de la pédale, le genou commence sa flexion et la cheville finit activement son extension.

8.1.5. PROPOSITIONS POUR UNE MÉTHODE D'ANALYSE DU PÉDALAGE EN FONCTION DES « BONS » ANGLES ARTICULAIRES DU MEMBRE INFÉRIEUR

Il est évident que les articulations travaillent dans des conditions plus ou moins favorables selon la position des segments. Il y a des angles plus avantageux que d'autres pour le mouvement effectué, parce qu'ils conditionnent l'étirement musculaire, l'étendue de la course et le bras de levier des muscles mis en jeu (voir en 7.2). Pour une position donnée de la pédale sur son cercle de révolution, les angles du genou et de la hanche vont, pour une bonne part, découler des mouvements propres de la cheville. Cette articulation distale est la seule qui possède un degré de liberté. Il est donc probable que du jeu de la cheville vont dépendre, toutes choses étant égales par ailleurs, la qualité et l'efficacité du pédalage. Nous avons vu (en 7.2 et 7.3) que la contribution motrice du genou était à peu près égale à celle de la hanche. Mais si la hanche est une articulation rustique, le genou est beaucoup plus fragile (voir en 4.3 et 4.4). Le pédalage va donc se faire d'abord en fonction de l'articulation intermédiaire du membre inférieur, avec le souci d'en tirer le meilleur tout en la préservant.

Proposons six indicateurs « cinématiques » décrivant d'une manière simple et synthétique les mouvements angulaires de la cheville, du genou et de la hanche. Les deux premiers (A_C et M_C) concernent la seule articulation libre, la cheville. C'est eux que nous ferons varier, ou pas, pour les différentes mises en situation des deux autres articulations. Ils seront dans notre mémoire pour nous rappeler que la cheville ne peut pas fonctionner n'importe comment et que la contrepartie de sa liberté est un minimum de respect de soi-même.

Les quatre suivants, concernant le genou (A_G et M_G) et la hanche (A_H et M_H) seront utilisés ensemble pour mettre en évidence les mouvements articulaires dans différents cas de figure du pédalage, selon la morphologie ou la position du cycliste. Nous pourrions ainsi analyser le pédalage, à la lumière des impératifs « cinétiques » mis en évidence au chapitre 7.

8.1.5.1. Une amplitude des mouvements de la cheville (A_C) grande mais pas trop

L'indicateur A_C traduit l'amplitude des mouvements de la cheville. Cet indicateur est égal à la différence entre flexion maximale de la cheville et flexion minimale (qui est le plus souvent une extension, et que l'on chiffre par une valeur négative). Affirmons, sans trop nous mouiller pour l'instant, que A_C doit être suffisamment grand mais pas trop pour permettre un bon passage des zones critiques basse et haute (phases II et IV du cycle de pédalage) et ne pas solliciter à l'excès les muscles de l'articulation de la cheville, notamment les fléchisseurs. Proposons par exemple que A_C utilise au moins le tiers et au plus la moitié de toute l'étendue de mouvement de la cheville, soit 25 à 40 ° d'amplitude.

8.1.5.2. Une zone de travail de la cheville (M_C) la plus proche possible de la valeur zéro

L'indicateur M_C définit la médiane de la zone de travail de la cheville dans ses mouvements de flexion et d'extension. On calcule M_C en additionnant la valeur de la flexion maximale de la cheville et celle de la flexion minimale (ou en soustrayant la valeur négative d'extension) et en divisant le tout par 2. Affirmons que l'indicateur M_C doit être le plus proche possible de la valeur zéro. C'est ainsi qu'alternativement les extenseurs et les fléchisseurs de la cheville pourront travailler dans de bonnes conditions, notamment d'étirement et de course des muscles.

8.1.5.3. Une amplitude des mouvements du genou (A_G) la plus petite possible

A_G traduit l'amplitude des mouvements du genou. Cet indicateur est égal à la différence entre la flexion maximale du genou et sa flexion minimale. Affirmons que A_G doit être le plus petit possible. En effet, une faible amplitude permet de limiter le travail du genou, favorise la vitesse du mouvement de pédalage (et donc la puissance comme nous le verrons en 11.1.3 14.2.6) et limite les charges et décharges d'énergie cinétique dans les mouvements alternatifs du pédalage.

8.1.5.4. Une zone de travail du genou (M_G) pour un bon fonctionnement du quadriceps

M_G définit la médiane de la zone de travail du genou. C'est la somme de la flexion maximale du genou et la flexion minimale, divisée par 2. Affirmons que M_G doit être le plus proche possible de la zone idéale de flexion du genou par rapport à l'action du quadriceps crural. Cette zone serait à déterminer pour chacun, si c'était possible. On peut au moins essayer de s'en approcher. Ce dont on est sûr, c'est que l'efficacité maximale de l'extension du genou se situe, pour tous, entre 60 et 90° de flexion. On ne prend pas beaucoup de risque en disant que M_G doit être aux alentours de 75°.

8.1.5.5. Une amplitude des mouvements de la hanche (A_H) la plus petite possible

L'indicateur A_H mesure la différence de valeur entre la flexion maximale et la flexion minimale de la hanche. Comme pour le genou, et pour les mêmes raisons, affirmons que l'indicateur A_H doit être le plus petit possible. Les extenseurs travaillent ainsi dans les meilleures conditions, bien étirés par une position toujours suffisamment fléchie. La limitation relative des mouvements permet de diminuer leur travail (et donc leur déplacement) facilite la rapidité du pédalage et limite les effets négatifs, par rapport aux variations d'énergie cinétique, des mouvements alternatifs de la cuisse.

8.1.5.6. Une zone de travail de la hanche (M_H) la plus fléchie possible

M_H définit la médiane de la zone de travail de la hanche. On calcule M_H en faisant la somme des valeurs de la flexion maximale de la hanche et de la flexion minimale et en divisant le résultat par 2. L'indicateur M_H doit être le plus élevé possible pour que les extenseurs soient dans les meilleures conditions de fonctionnement (étirement, bras de levier). Rappelons que, même fléchie à 80 °, la hanche est encore loin de son maximum de flexion et les muscles extenseurs de leur étirement maximum.

La seule vraie limite à la flexion de la hanche pendant le pédalage est liée à la rencontre des muscles de la face antérieure de la cuisse avec la face antérieure du tronc. Pour les cyclistes, une des limites à la flexion de la hanche est la bedaine !



Pendant le pédalage habituel de Maurice :

$A_C = 30^\circ$ entre flexion de $+ 14^\circ$ et extension de $- 16^\circ$ et $M_C = - 1^\circ$, en très légère extension.

$A_G = 77^\circ$ et $M_G = 77^\circ$.

$A_H = 45^\circ$ et $M_H = 51^\circ$.

8.2. VARIATIONS LIÉES A LA LIBERTÉ DE LA CHEVILLE

Nous allons maintenant donner toute sa liberté à la cheville et la pousser dans ses retranchements. Nous verrons que les cas d'école exposés sont caricaturaux mais instructifs. Ils nous feront d'abord comprendre pourquoi le pédalage est un compromis. Six variations sont proposées portant sur le seul jeu de la cheville, hauteur de la selle, longueur des manivelles et tous les autres réglages restant identiques. Ces six variations seront analysées en comparaison au pédalage du « maître » Maurice (voir en 1.4.1 et ensuite). Pour chacune, un schéma illustrera les mouvements de la cheville. L'étude des « bons angles » montrera la répercussion sur le genou et la hanche, et éventuellement sur la cheville, par rapport à la normale.

Les résultats sont présentés sous forme de brefs commentaires et d'un petit tableau indiquant le sens des variations (en + ou en -) et (en grisé) les situations dans lesquelles il y a une amélioration potentielle du pédalage, au moins du point de vue articulaire. Chaque plus (+) ou chaque (-) correspond à une variation d'environ 5 % par rapport au pédalage normal. En dessous de 2,5 %, la variation a été compté nulle (0).

8.2.1. CHEVILLE BLOQUÉE EN POSITION NEUTRE

La conséquence géométrique immédiate d'un tel pédalage est que la distance entre le genou et la pédale ne varie plus, GP reste constant. L'axe de la cheville parcourt une plus grande distance que dans le pédalage « normal » décrit au chapitre deux (en 2.1.3.1). Les mouvements du genou et de la hanche sont plus amples. L'amplitude des déplacements des centres de masse des trois segments corporels du membre inférieur s'accroît d'une manière importante, notamment pour la jambe et le pied.

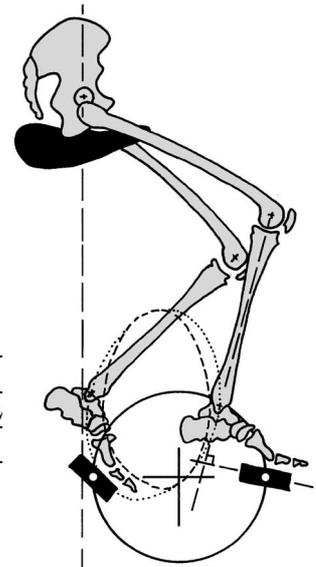


Figure 8.9. Cheville bloquée en position neutre.

Cheville bloquée	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone travail	Amplitude	Zone trav
	+	-	++++	-

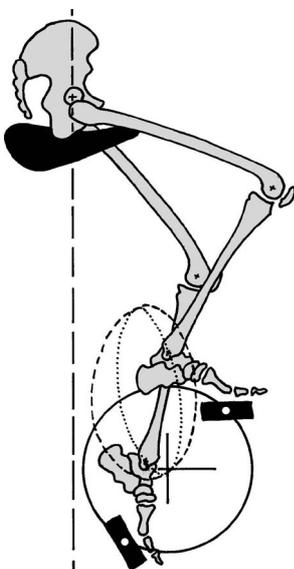


Figure 8.10. Cheville avec des amplitudes maximales.

8.2.2. CHEVILLE AVEC DES AMPLITUDES MAXIMALES

La révolution de la cheville devient minimale, correspondant à environ 75 % du chemin parcouru par la pédale en un tour de pédalier. Les mouvements des deux autres articulations sont moins amples. Au total, il y a peu d'effets favorables, notamment sur le genou, pour un effort important des muscles de la cheville. L'amplitude des déplacements des centres de masse des trois segments corporels du membre inférieur diminue, notamment pour la jambe et le pied. C'est certainement là le principal effet de ce pédalage caricatural.

Amplitude maximale	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone travail	Amplitude	Zone travail
	0	0	---	0

8.2.3. INCLINAISON CONSTANTE DU PIED

Ce pédalage accentue les mouvements de la cheville et les décale par rapport à ceux des deux autres articulations. Ce n'est pas très heureux pour les phases II et IV du pédalage, car il n'y a plus de mouvements synchrones et coordonnés. La cheville parcourt exactement la même distance que la pédale. Les mouvements du genou varient peu, mais ceux de la hanche s'amplifient nettement vers la flexion. Ce pédalage est donc plutôt favorable pour la hanche. Mais il a peu d'effet sur le genou et fait travailler la cheville d'une manière importante. Il présente cependant un vrai avantage en arrondissant le coup de pédale et en augmentant ainsi les effets utiles de l'énergie cinétique.

Inclinaison constante	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone travail	Amplitude	Zone tra
	0	0	0	+

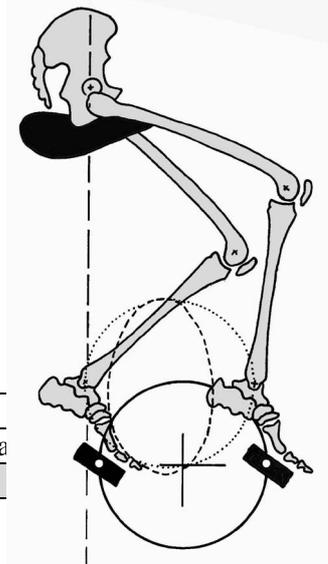


Figure 8.11. Inclinaison constante du pied.

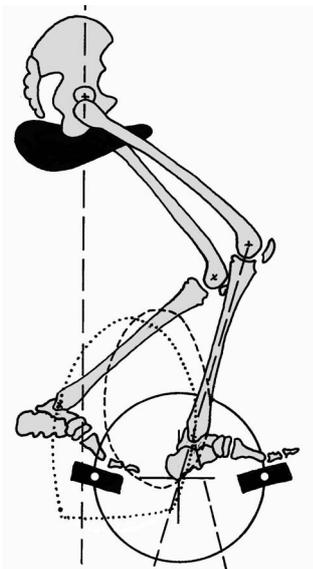


Figure 8.12. Cheville bloquée en flexion complète. C'est un cas d'école, irréalisable.

8.2.4. CHEVILLE BLOQUÉE EN FLEXION COMPLÈTE

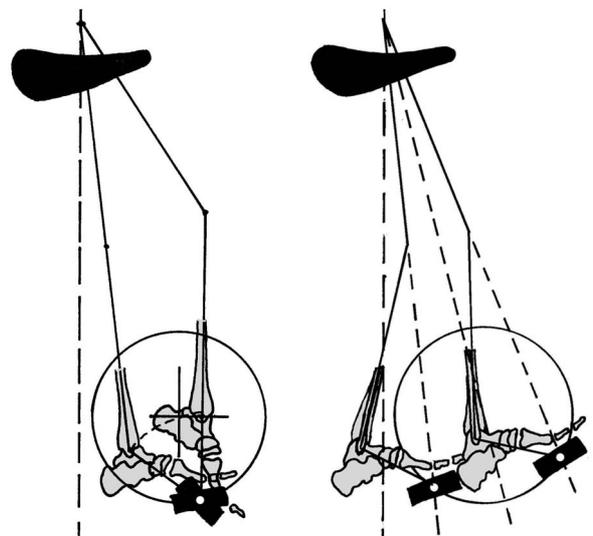
Le mouvement du pédalage ainsi défini, se poursuit jusqu'à ce que la hanche, le genou et l'axe de la pédale soient alignés (H, G et P sur la même droite). À ce point, le genou est le moins éloigné de la pédale en position basse. La flexion de la cheville est d'une dizaine de degrés. Celle du genou n'est plus que de quelques degrés. À partir de ce moment, la cheville s'étend « mécaniquement » pour que le pied poursuive sa révolution. Car, sauf à baisser la selle, la flexion complète de la cheville n'est plus possible dans la partie basse de la révolution de la pédale. Les mouvements des deux autres articulations deviennent très amples.

Flexion maximale	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone travail	Amplitude	Zone travail
	+++++	-----	+++++	-----

La cheville commence à s'étendre vers 120° de révolution de la pédale. Le minimum de flexion est atteint à 165°. La cheville n'est plus fléchie que de 8° environ. La flexion est maximale vers 210-215°.

8.2.4.1. Une instabilité du genou

Le test de cette variation de pédalage démontre aussi l'impossibilité d'avoir un mouvement harmonieux et fluide pendant le passage de la partie basse de la révolution de la pédale. Il y a plusieurs raisons à cela. Les muscles de la hanche et surtout du genou travaillent dans des conditions défavorables. Le quadriceps n'est plus étiré et, de toutes manières, n'est plus sollicité, le genou commençant sa flexion. Les fléchisseurs du genou ne sont pas suffisamment étirés, leur contraction n'est pas puissante et a plutôt tendance à attirer le genou en arrière. Il en résulte une sensation d'instabilité du genou qui tend à se mettre en extension complète.



Figures 8.13 et 8.14. A gauche, le genou devient instable et ne sait plus ce qu'il doit faire ! A droite, on met en évidence les limites de cette situation théorique.

Il est une circonstance où nous utilisons ce positionnement, c'est, lors d'un temps de roue libre, pour étirer le triceps sural. Ou pour relâcher les fessiers et le quadriceps crural. Un stretching parfois bien utile.

8.2.4.2. Une rupture de la solidarité musculaire

Les choses sont aggravées par une rupture de la solidarité musculaire. Les extenseurs de la hanche sont relâchés, les fléchisseurs ne sont pas encore en action. Le quadriceps crural se repose, les fléchisseurs du genou commencent leur travail comme à regret et dans de mauvaises conditions. Le triceps sural est étiré passivement et les fléchisseurs de la cheville sont contraints de relâcher leur effort. C'est chacun pour soi ! Seuls les extenseurs du genou du membre controlatéral entretiennent le mouvement de pédalage. La discrète extension de la cheville et la petite ruade en arrière nous manque. Genou et hanche aimeraient travailler dans les conditions idéales d'un « ankle play » souple et bien maîtrisé. Rendons sa liberté à la cheville !

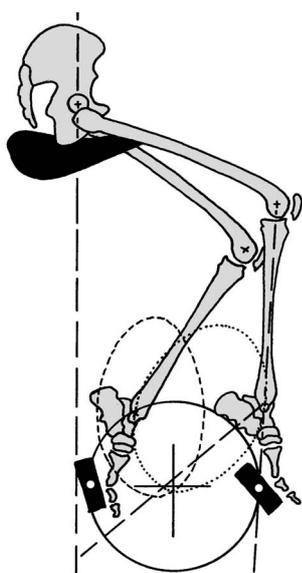


Figure 8.15. Cheville bloquée en extension complète.

8.2.5. CHEVILLE BLOQUÉE EN EXTENSION COMPLÈTE

La cheville parcourt à peine plus de distance que dans le pédalage normal : 88 % de celle suivie par la pédale. Les mouvements du genou et de la hanche varient d'une manière contrastée. L'amplitude des mouvements du genou diminue légèrement et le genou est toujours moins fléchi. Par contre, l'amplitude des mouvements de la hanche augmente, avec une hanche toujours plus fléchie.

Extension maximale	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone travail	Amplitude	Zone de travail
	--	-	++	++

8.2.6. PÉDALAGE EN FACTEUR

La cheville de l'artiste parcourt les 9/10èmes de la distance parcourue par la pédale, soit un peu plus que dans le pédalage normal. L'articulation de la cheville est en position neutre et n'a pas de mouvement de flexion ou d'extension. Les effets sur le genou et la hanche sont très importants. Et le pédalage en facteur est une catastrophe pour le genou. Disons le à l'administration qui gère nos chers préposés et proposons au service de la médecine du travail d'instaurer un programme préventif de santé publique s'appuyant sur une meilleure connaissance de la biomécanique. Le seul moyen de corriger les effets néfastes d'un tel pédalage est de baisser un peu la selle, comme nous allons le voir (en 8.3.5).

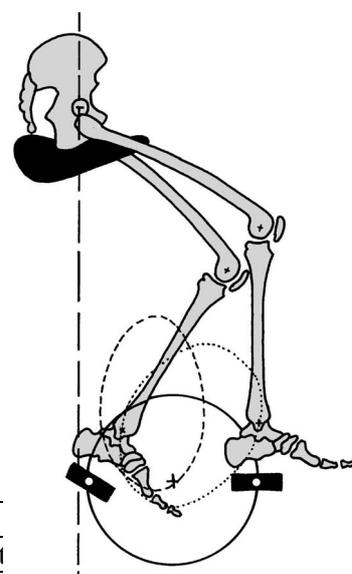


Figure 8.16. Le pédalage en facteur.

	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone travail	Amplitude	Zone t
Facteur	+++++	-----	+++++	--

8.2.7. CONCLUSIONS SUR LA LIBERTÉ DE LA CHEVILLE

8.2.7.1. Effets sur la hanche et le genou

Les effets du jeu de la cheville sur la hanche et le genou sont regroupés dans le tableau IV qui permet de comparer les six variations étudiées au pédalage de Maurice. En grisé apparaissent les situations dans lesquelles il y aurait une amélioration pour le genou ou la hanche. Chaque (+) ou (-) correspond à une variation d'environ 5 % par rapport à son pédalage. En dessous de 2,5 %, la variation a été compté nulle (0).

	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone travail	Amplitude	Zone travail
Cheville bloquée	+	-	++++	-
Amplitude maximale	0	0	---	0
Inclinaison constante	0	0	+	+
Flexion maximale	+++++	-----	+++++	-----
Extension maximale	--	-	++	++
Facteur	+++++	-----	+++++	---

Tableau IV : Effets sur la hanche et le genou des libertés prises par la cheville.

Bloquer le jeu de la cheville en position neutre n'a aucun effet positif. Accentuer les mouvements de la cheville diminue l'amplitude de travail de la hanche. Mais ce faible avantage a un coût exorbitant par rapport au travail demandé aux extenseurs et aux fléchisseurs de la cheville. L'inclinaison constante du pied est une technique de pédalage séduisante, notamment pour la hanche, et ce pédalage améliore la contribution de l'énergie cinétique à la fluidité du geste. Mais il ne permet pas une utilisation correcte du jeu musculaire de la cheville dans la gestion des deux passages critiques. Cette technique joue sur l'élan de l'énergie cinétique plus que sur la force. Elle permet donc un pédalage véloce, réservé aux « moulineurs ». Bloquer la cheville en flexion complète n'a que des inconvénients, c'était une hypothèse d'école. Pédaler avec une cheville en extension complète n'est pas sans intérêt car cela diminue les amplitudes du genou et augmente la flexion de la hanche. Mais le triceps sural ne peut supporter une telle contraction continue et le blocage de la cheville ne permet pas de gommer les deux passages critiques haut et bas du cycle du pédalage. Quant au pédalage en facteur, il est néfaste en tout et son intérêt n'est que folklorique.

8.2.7.2. Quel est le meilleur pédalage ?

On voit bien se dessiner, sur ces variations quasi-théoriques autour du travail de la cheville, combien celle-ci joue un rôle important dans le pédalage. Et puisque aucune technique n'améliore vraiment le pédalage de Maurice, on est bien obligé d'en déduire que c'est le meilleur (ou le moins pire, dirait-il, en normand qu'il est). Il est supportable par les muscles et permet une synergie et une solidarité réelle, efficace, entre les trois articulations du membre inférieur, ce que ne réalise pas, par exemple, le pédalage avec inclinaison constante du pied.

8.2.7.3. Mise au point sur le fonctionnement de la cheville

On peut caricaturer un des aspects du fonctionnement de la cheville en comparant l'ensemble formé par la jambe, le pied et la pédale à un vérin hydraulique GP fixé à deux axes, l'axe du genou et l'axe de la pédale. Ce vérin est synergique et complémentaire des actions de la hanche et du genou. La cheville n'est qu'au service des deux articulations proximales du membre inférieur. Ce serait se tromper que de réduire l'articulation distale du membre inférieur à ce rôle d'utilité. Certes, la hanche et le genou fournissent l'essentiel de la force de pédalage, et la cheville permet que ce ne soit pas en vain. Mais en plus, et c'est essentiel, elle contribue à escamoter le secteur critique inférieur du pédalage par son extension finale.

Le pédalage de Maurice est le meilleur, et en plus, grâce à la cheville, il est le plus beau et le plus élégant. C'est une des preuves qu'il n'y a pas de geste efficace s'il n'est esthétique.

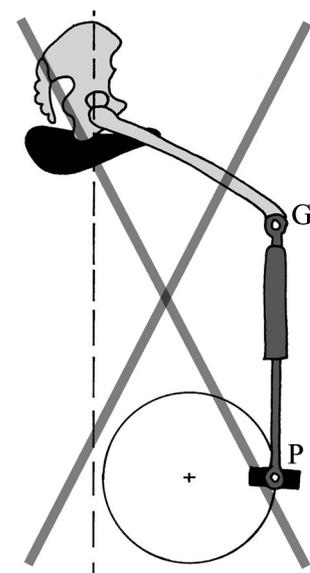


Figure 8.17. Non, la cheville n'est pas l'équivalent d'un piston. Et son rôle ne se réduit pas à celui d'une simple utilité.

8.3. VARIATIONS LIÉES AU CYCLISTE, À SA BICYCLETTE ET À SA POSITION

Nous avons vu, au paragraphe 8.2, les conséquences de la liberté de la cheville quand on n'en use pas ou, au contraire, quand on va jusqu'à ses limites. La qualité du pédalage dépend en grande partie du jeu de la cheville, on ne peut plus en douter. Nous allons maintenant apprécier l'importance des variables de position, d'abord en fonction de la morphologie du cycliste (sur deux critères : la longueur du fémur et la taille des pieds) puis en fonction des réglages de la bicyclette pouvant avoir une influence sur le mouvement des membres inférieurs (hauteur des pédales, longueur des manivelles, hauteur et recul de la selle).

Dans cette étude, le jeu de la cheville reste identique à celui du pédalage habituel de Maurice (voir en 2.1). De même, hors celle qui est testée, les autres cotes (voir en 1.3.4.3) restent inchangées. Nous examinerons les conséquences sur le genou et la hanche d'une différence de cotes de 2 % en plus ou en moins. Appliquer systématiquement 2 % peut sembler un peu théorique, ou bien une variation peu sensible. Cela permettra cependant des comparaisons et de relativiser l'importance des variations d'une cote à l'autre. Et nous allons voir que nous sommes très près des variations de réglages que nous effectuons, dans les faits, sur nos montures. Ce sont des modifications minimales, surtout si on les compare à celles que nous venons d'examiner par rapport à la cheville. Pour en avoir une idée, le tableau V ci-dessous montre ce que cela donne pour Maurice.

	Dimension des variations (en millimètres)		
	moins 2 %	réalité	plus 2 %
Longueur du fémur	431,2	440	448,8
Longueur du pied	116	118,3	120,7
Hauteur de la pédale	112,7	115	117,3
Longueur de la manivelle	166,6	170	173,4
Hauteur de la selle	707,6	722	736,4
Recul de la selle	186,2	190	193,8

Tableau V : Quantification pour Maurice des variations morphologiques ou de réglage de la bicyclette.

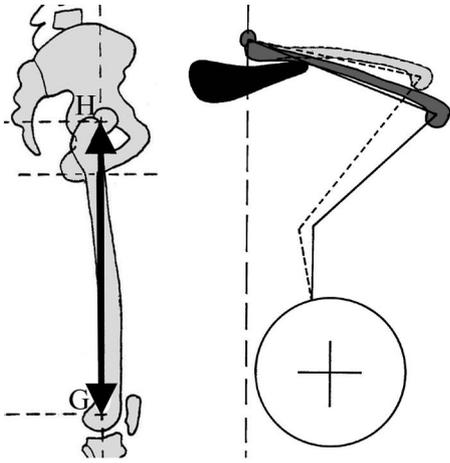
Nous vous proposons de vous référer aux chapitres précédents (en 1.3.2, 1.3.4.3 et 4.5) pour la définition des mesures présentées : La longueur du fémur est la distance HG. La longueur du pied est la distance horizontale entre la verticale de C et le point O. La hauteur de la pédale est la différence de hauteur entre C et P (mesures prises en position debout). La longueur de la manivelle M est la distance ΨP . La hauteur de la selle est la distance entre ω et Ψ . Le recul de la selle est la distance entre les verticales de ω et de Ψ .

Un changement de chaussure ou de pédale fait varier la hauteur de la pédale de quelques mm (ex : + ou - 2,3). Les longueurs de manivelles proposées par les fabricants vont de 2,5 en 2,5 mm ou de 5 en 5 mm. Avec plus ou moins 3,4 mm, nous sommes donc dans la réalité de ce qui se passe quand on veut changer son bras de levier. Monter ou descendre sa selle de un ou deux centimètres peut paraître beaucoup. Cela correspond à des erreurs de position que j'ai souvent observées dans ma consultation, en référence à ce que nous développons ici et expliciterons, sur le plan pratique, dans le chapitre 15. Reculer ou avancer la selle de quelques millimètres (3,6 par exemple) est un réglage souvent effectué.

Comme au paragraphe précédent, les résultats sont présentés sous forme de brefs commentaires et d'un petit tableau indiquant le sens des variations (en + ou en -) et, en grisé, les situations dans lesquelles il y a une amélioration potentielle du pédalage, au moins du point de vue articulaire tel que nous l'avons proposé en 8.1.5. Chaque plus (+) ou chaque (-) correspond à une variation d'environ 1 % par rapport au pédalage normal. En dessous de 0,5 %, la variation a été comptée nulle (0).

8.3.1. SELON LA LONGUEUR DU FÉMUR

L'idée d'une relation entre la taille du fémur et celle des manivelles est souvent avancée. Elle est séduisante, mais peu rationnelle. Les arguments avancés sont souvent magiques, du genre : "c'est cette pièce osseuse du membre inférieur qui est le plus parallèle à la manivelle", ce qui est absurde puisque les manivelles effectuent une rotation de 360° à chaque tour de pédalier. Les questions que l'on doit se poser sont les suivantes : Quelle est l'influence de la longueur du fémur sur les amplitudes articulaires et notamment celles du genou ? Quelle est son influence sur les plages favorables à l'action des articulations ? Notons, en préalable, qu'à entrejambe égal, la longueur de la jambe diminue si la longueur du fémur augmente.



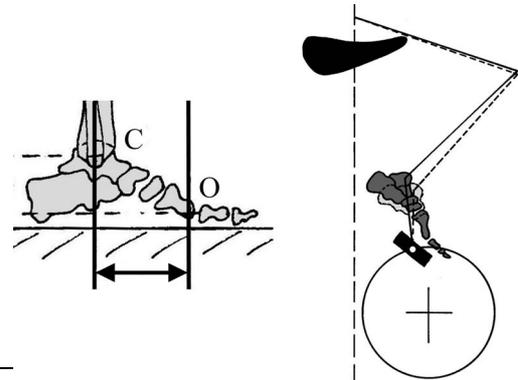
Figures 8.18 et 8.19. La longueur du fémur.
A droite, illustration du cas de figure.

Un fémur long diminue peu l'amplitude de travail du genou qui reste dans une zone de travail favorable. Au niveau de la hanche, il entraîne une diminution nette des amplitudes et moindre de l'angle de flexion moyen. Un fémur court a des conséquences minimales sur le genou. Il augmente les amplitudes de la hanche et accentue son angle de flexion moyen. La longueur du fémur n'a donc que peu de conséquences sur le pédalage. Son influence est quasi nulle sur le genou, plus réelle sur la hanche mais contradictoire.

	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone	Amplitude	Zone
Fémur long	0	0	--	-
Fémur court	0	0	++	++

8.3.2. SELON LA TAILLE DES PIEDS

Augmenter ou diminuer la taille des pieds de 2 %, c'est faire varier leur longueur d'à peine une pointure. Regardons ce qui se passe chez un cycliste qui a des pieds longs et chez un autre qui chausse court. L'influence de la longueur des pieds est minime. Ses effets se font sentir un peu sur les amplitudes de travail du genou et de la hanche. Il semblerait qu'il vaut mieux avoir des pieds longs que courts. Nous reverrons cela à propos du réglage du recul des cales sous les chaussures, au chapitre 15 (en 15.3.3).

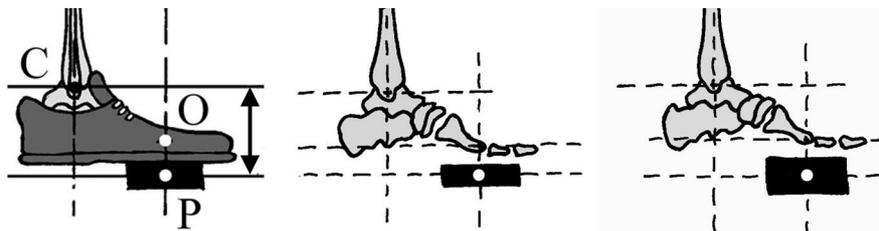


Figures 8.20 et 8.21. La taille des pieds.
A gauche, les mesures de référence.

	Genou			Am
	Amplitude	Zone	Am	
Pied long	-	+		0
Pied court	+	-	+	0

8.3.3. SELON LA HAUTEUR DES PÉDALES

Un argument souvent avancé est que le pied doit être le moins éloigné possible de l'axe de la pédale. Les pédales doivent donc être basses et les semelles des chaussures peu épaisses, tout en restant rigides.

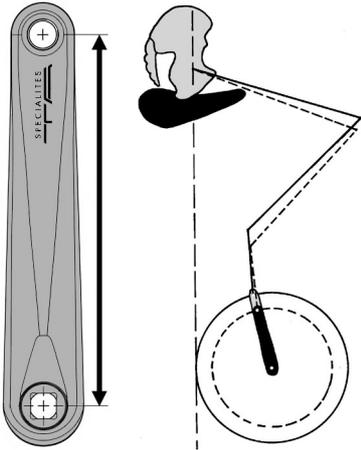


Figures 8.22, 8.23 et 8.24. La hauteur des pédales.

Pour une différence de hauteur CP d'environ 2 mm, les variations d'angle des deux articulations proximales du membre inférieur sont minimales, à peine plus visibles sur le genou que sur la hanche. Contrairement à ce qui est dit habituellement, il y aurait un léger avantage à avoir des cages hautes. Nous verrons au chapitre 15 (en 15.5) que l'on peut néanmoins en tenir compte pour régler la selle à la bonne hauteur.

	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone	Amplitude	Zone
Pédale haute	-	+	-	+
Pédale basse	+	-	+	-

8.3.4. SELON LA LONGUEUR DES MANIVELLES

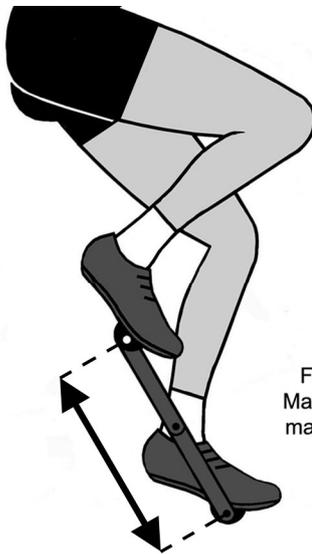


Figures 8.25 et 8.26. La longueur des manivelles : essentielle !

La longueur des manivelles est essentielle pour la biomécanique du pédalage. Elles doivent être un bras de levier suffisamment long pour transmettre un maximum de la force appliquée sur la pédale au plateau du pédalier, puis à la chaîne... Elles doivent, à l'inverse, être suffisamment courtes pour ne pas faire travailler les articulations du membre inférieur dans des amplitudes excessives. Vérifications.

L'effet de la longueur des manivelles est important sur les amplitudes de la hanche et du genou, et ne déplace que légèrement la zone de travail de ces deux articulations. Si l'on partage ce que nous avons dit plus haut sur les bons angles de la hanche et du genou, les petites manivelles sont indiscutablement plus favorables au travail articulaire.

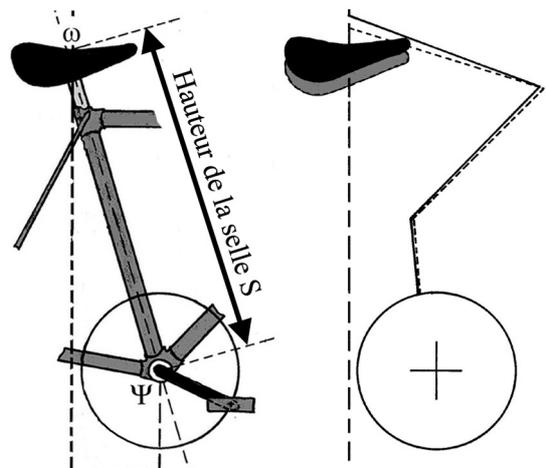
	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone	Amplitude	Zone
Manivelle longue	+++	-	+++	-
Manivelle courte	---	+	---	+



Figures 8.27 et 8.28. Manivelles trop longues, manivelles trop courtes.

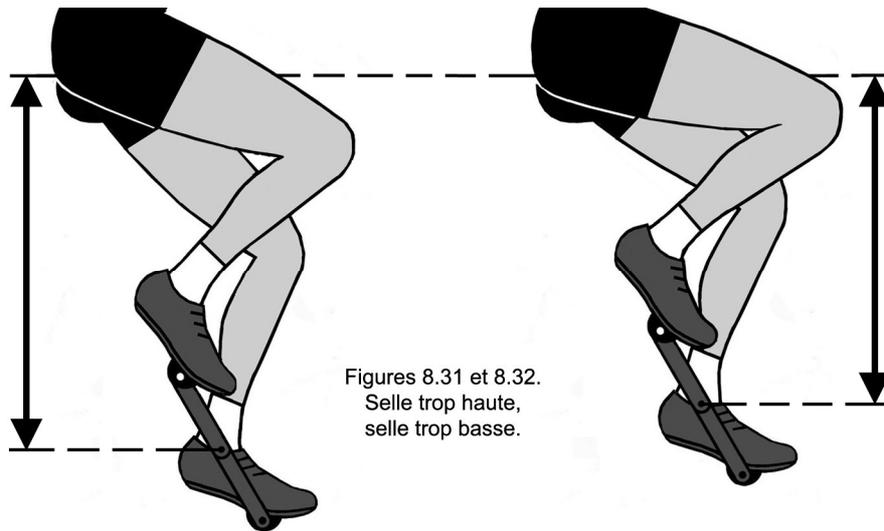
8.3.5. SELON LA HAUTEUR DE LA SELLE

Cette cote a des effets majeurs sur le fonctionnement des articulations du membre inférieur pendant le pédalage. Une selle haute a des répercussions négatives sur les amplitudes des deux articulations, sur la zone de travail du genou et sur la flexion maximale de la hanche. Au contraire, une selle basse présente beaucoup d'intérêt, sauf sur la zone de travail du genou qui se porte vers des angles trop importants. Au total, la réputation du réglage de la hauteur de la selle n'est pas usurpée. Les conséquences de la variation de sa hauteur sont importantes. S'il fallait choisir, il vaudrait mieux une selle trop basse que trop haute. La bonne solution est, bien sûr, un compromis. Nous reverrons cela au chapitre 15 (en 15.5).

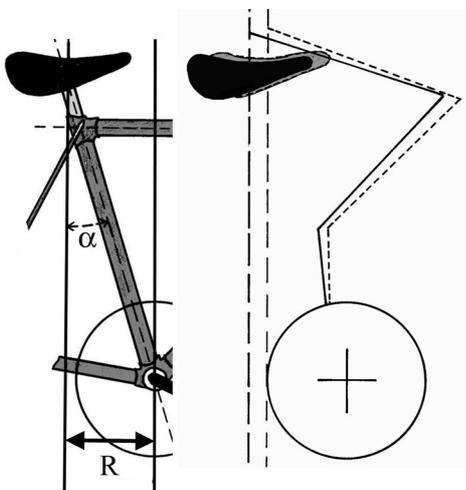


Figures 8.29 et 8.30. La hauteur de la selle. Un réglage fondamental !

	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone	Amplitude	Zone
Selle haute	+++++++	-----	+++++	-----
Selle basse	-----	+++++	---	+++++



Figures 8.31 et 8.32.
Selle trop haute,
selle trop basse.



Figures 8.33 et 8.34. Le recul de la selle.
Un détail, mais pas pour le confort et la durée.

8.3.6. SELON LE RECU DE LA SELLE

La position de la selle se règle en hauteur, mais aussi d'avant en arrière. Ce réglage n'a aucun effet sur les articulations pendant le pédalage, sauf peut-être sur la flexion maximale de la hanche. Chacun sait pourtant que le réglage du recul de la selle est important. Mais ce n'est pas par rapport au travail articulaire du membre inférieur. Il l'est par rapport au confort du cycliste car il conditionne une bonne répartition du poids sur la bicyclette. Nous reverrons cela au chapitre 10 et y reviendrons, pour le réglage d'une bonne position, au chapitre 15 (en 15.6).

	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone	Amplitude	Z
Selle en arrière	0	0	0	
Selle en avant	0	0	0	

8.3.7. SYNTHÈSE SUR LES CONSÉQUENCES ARTICULAIRES DES VARIATIONS DE MORPHOLOGIE DU CYCLISTE ET DU RÉGLAGE DE SA BICYCLETTE

Les conséquences articulaires des variations de la morphologie du cycliste et du réglage de sa bicyclette sont présentées, en synthèse, dans le tableau VI. Elles n'ont pas l'amplitude de celles liées aux variations de la cheville. Ce tableau est donc à une autre échelle, si l'on peut dire, que celui présenté en 8.2.7.1 : un + ou un moins correspond à 1%. Les conséquences articulaires de variations de + ou - 2 % dans la morphologie du cycliste ou dans le réglage de la bicyclette sont minimales par rapport à celles dues aux exercices de style de la cheville (jusqu'à 50 % de variations : un + ou un - correspondait à 5 %). Dans ce dernier cas, notre méthode a exploré les extrêmes.

Faisons une remarque essentielle. Ce n'est pas parce que les conséquences des variations de la cheville sont plus importantes qu'il faut négliger le réglage de sa position à bicyclette, notamment en ce qui concerne la hauteur de la selle et la longueur des manivelles. Un bon jeu de la cheville n'est pas là pour réparer les erreurs de position. Il est au service exclusif d'un pédalage optimum et ne doit pas en être détourné.

Reprenons maintenant ce qui se passe au niveau du genou et de la hanche, en référence à nos indicateurs.

8.3.7.1. Amplitude des mouvements du genou (A_G)

C'est la variable qui subit les plus gros écarts. Monter la selle, ou allonger les manivelles, a des conséquences sensibles, défavorables, en augmentant les amplitudes de travail du genou. À l'inverse, baisser la selle ou utiliser des manivelles plus courtes améliore le travail du genou en diminuant les amplitudes.

Il faut noter ici que si l'on augmente la longueur des manivelles, sans toucher au réglage de la selle, on augmente de fait la hauteur de la selle. Il convient donc de baisser la selle d'autant pour ne pas cumuler les inconvénients sur l'amplitude de travail du genou. Par contre, il n'est pas indispensable de monter la selle si l'on monte des manivelles courtes sur son vélo.

La hauteur de la pédale et la taille des pieds jouent de même un petit rôle, favorable avec des pédales hautes ou les pieds longs (ce qui revient au même puis que la conséquence en est l'allongement du levier CP). Il vaudra mieux en tenir compte dans le réglage de sa position, notamment par rapport à la hauteur de la selle. La taille du fémur et le recul de la selle ont des conséquences négligeables.

	Genou		Hanche	
	Amplitude	Zone de travail	Amplitude	Zone de travail
Fémur long	0	0	--	-
Fémur court	0	0	++	++
Pied long	-	+	-	0
Pied court	+	-	+	0
Pédale haute	-	+	-	+
Pédale basse	+	-	+	-
Manivelle longue	+++	-	+++	-
Manivelle courte	---	+	---	+
Selle haute	+++++++	-----	+++++	-----
Selle basse	-----	+++++	---	+++++
Selle en arrière	0	0	0	+
Selle en avant	0	0	0	-

Tableau VI : Effets sur la hanche et le genou des variations de morphologie ou de la modification des réglages de la bicyclette.

8.3.7.2. Zone de travail du genou (M_G)

Nous avons situé la zone de travail idéale pour l'extension du genou aux alentours de 75 ° de flexion, entre 60 ° et 90 ° de flexion. Il vaut mieux ne pas trop s'en écarter. Il n'y a donc pas de grisé dans la colonne M_G , par définition. Là encore, c'est la hauteur de la selle qui joue un rôle dominant, péjoratif quand la selle est haute, s'écartant un peu moins de la bonne zone de travail quand la selle est basse. L'influence de la longueur du fémur et du recul de la selle est quasi nulle. Les effets de la taille des pieds, de la hauteur des pédales et de la longueur des manivelles sont très modérés.

8.3.7.3. Amplitude des mouvements de la hanche (A_H)

Les mouvements de la hanche ne doivent pas être trop amples, tant pour ménager l'articulation (par ailleurs peu fragile) que pour rendre le pédalage fluide en diminuant l'énergie cinétique « produite et consommée » dans le mouvement de va et vient de la cuisse autour de l'axe de la hanche. De ce point de vue, selle basse, manivelle courte et fémur long sont favorables. Et réciproquement. Une selle trop haute est particulièrement néfaste, comme toujours. Comme pour l'amplitude de travail du genou, il convient de baisser la selle si on augmente la longueur des manivelles.

L'influence des autres paramètres, tels que longueur du pied ou hauteur de la pédale est presque nulle. Le recul de la selle n'a aucun effet.

8.3.7.4. Zone de travail de la hanche (M_H)

Nous partons du constat que plus la hanche est fléchie, plus son extension est puissante et efficace. Les arguments dans ce sens ne manquent pas : plus la hanche est fléchie, plus il y a de muscles recrutés pour l'extension et plus ils sont étirés (voir au chapitre 7).

Une selle basse, un fémur court accentuent la flexion moyenne de la hanche, de même qu'une manivelle courte, mais à un bien moindre degré. Le recul de la selle a une influence minime, tout comme la hauteur de la pédale. À l'inverse, l'effet d'une selle haute est très négatif. Fémur long et manivelles courtes ne sont pas favorables.

8.3.7.5. Conclusions

Nous n'avons considéré dans ce chapitre, en référence aux chapitres précédents, que les contraintes des articulations du membre inférieur et leur meilleure économie. Rappelons qu'une articulation est un ensemble fonctionnel et non pas seulement un lieu particulier du corps humain (voir en 4.1.2). Elle se caractérise par des surfaces articulaires recouvertes de cartilage, par des moyens de protection et d'union (la capsule et les ligaments) et par un moteur musculaire qui se définit, justement, en fonction des effets qu'il a sur cette articulation. C'est sur l'ensemble fonctionnel que s'exercent les contraintes de l'effort et une position ou une manière de faire inadaptées se traduisent en grande partie par des douleurs articulaires. On verra au chapitre 13 que le problème est plus large et concerne aussi la « logistique » cardiaque et respiratoire, surtout en ce qui concerne le niveau de la performance.

Donc, de ce point de vue, une selle trop haute est toujours une très mauvaise position. C'est pourtant fréquent, j'ai pu le constater à maintes reprises. C'est une des causes les plus souvent rencontrées de douleurs du genou ou du rachis. Des manivelles trop longues ont également un effet défavorable sur les amplitudes articulaires. Ce problème est lui aussi souvent diagnostiqué devant une douleur du genou. Pour les autres variables, les choses sont plus nuancées. La position d'avant en arrière de la selle n'a quasiment pas d'importance par rapport au travail des articulations de la hanche et du genou, elle ne sert qu'à assurer le confort du cycliste en répartissant son poids sur le vélo, comme nous le verrons au chapitre 10 (en 10.1.5). La taille des pieds ou de la hauteur de la pédale ne joue qu'un rôle modéré. Nous reprendrons tout cela lorsque nous examinerons, au chapitre 15, les recettes qui permettent de bien se mettre en position.