

Les appuis chez le sprinter

COLLOQUE AEIFA/LIFA

Rôle des appuis dans les courses de vitesse

Analyse et propositions d'entraînement par Dominique DUVIGNEAU, cadre technique 3 degré, entraîneur expert FFA en sprint et haies. Cet ancien Champion de France du 400 m haies a connu 6 sélections en équipe de France dont une participation aux Jeux méditerranéens et à la coupe d'Europe face à Harald Schmidt (2^e performeur mondial).

Dominique a quitté sa petite ville de Cesson-Sévigné en Bretagne pour venir nous livrer au cours d'un colloque passionnant, organisé par la LIFA le 21 mars 2010, une fine analyse sur le travail du pied du sprinter.

Voici un résumé de ce qu'il nous a dit :

« **Avoir du pied** » est une expression intéressante, premier maillon d'un juste équilibre entre tonicité et explosivité. Elle suppose pour tout coureur une puissante transmission au sol, capable de convertir un pied dynamique en un pied propulsif. Quand on demandait à Jesse Owens les secrets de son extraordinaire vitesse, il avait coutume de répondre « **La piste me brûle** ».



C'est cette énigme que la plupart des entraîneurs doivent déchiffrer pour percer le mystère du « toucher de piste » intelligent et subtil des grands champions. Il faut pour cela qu'ils maîtrisent des paramètres aussi importants que la fréquence, l'amplitude, le temps d'appui, sans négliger des données faciles à observer comme de la taille, le poids, le style et la personnalité de l'athlète. En effet, le pied qui est l'élément le plus éloigné du cerveau, est à la base du maintien corporel dans la course.

On ne saurait l'étudier de façon isolée, car il est indissociable du mouvement en chaîne que développe le sprinter.



Selon la loi de Newton, c'est à travers le pied que la Terre renvoie la force qui lui est transmise avant de nous propulser. Ce que l'on traduit à travers cette expression idiomatique « **avoir du pied** » c'est cette faculté à transmettre au sol toute la puissance dégagée par le corps avec un minimum de perte d'énergie. Pour cela, **il faut donc avoir un pied tonique qui ne s'affaisse pas sous la pression**. Pour un sprinteur et plus encore pour un hurdler, cela implique que le talon ne doit pas toucher le sol à l'impact du pied (perte de temps). Le contact doit donc s'effectuer avec la plante et se poursuivre jusqu'à la pointe à la différence d'un coureur de fond qui va dérouler le pied du talon à la pointe.

Un pied fort résiste donc à la pression de l'impact, tout en étant capable de dynamiser l'appui. " *Car il ne suffit pas d'avoir un pied tonique*, note Jacques Piasenta, l'entraîneur de Christine Arron, *il faut aussi avoir un pied propulsif* ". C'est le cas de quelques rares athlètes comme Chantal Réga, qui avait cette particularité d'avoir un touché de piste silencieux.

Pourquoi insister tant sur le pied ? Parce qu'il est déterminant dans tous les aspects de la course. Le pied intervient dans la fréquence, l'amplitude, le rythme, la souplesse. Pourtant une remarque s'impose : le sprinter passe plus de temps en l'air qu'au sol. Ceci est vrai, mais chaque pression exercée sur le pied à chaque foulée peut atteindre 375 kg. D'où l'intérêt d'optimiser la qualité des appuis au sol.



A mesure que la vitesse augmente la zone anatomique de prise d'appui au sol, se déplace vers l'avant du pied, la phase de sustentation (l'envol) s'allonge et la phase d'appui se raccourcit. En d'autres termes, **plus on court vite moins on passe de temps au sol**. D'après une étude faite par des biomécaniciens du système solaire, un athlète passe 1.6 fois plus de temps dans les airs qu'au sol. **Soit un envol d'une durée de 5.89 secondes pour Usain Bolt et un temps d'appui de seulement 3.69 secondes.**

Le temps d'envol dépendant exclusivement de la qualité du pied qui joue à la fois le rôle d'amortisseur et de propulseur.

Le travail du pied ne doit être admis qu'au regard d'un cadre de référence. Isoler le pied ne présente aucun intérêt. Il ne peut être compris que par rapport aux différents axes du corps et aux différentes phases de cycle de course.

Examinons-le sur deux aspects fondamentaux :

- 1) - Placement du pied par rapport au bassin
- 2) - Action du pied dans son cyclogramme

1) PLACEMENT DU PIED PAR RAPPORT AU BASSIN

Le **toucher** est la phase de mise en tension. Il permet l'étirement des masses musculaires postérieures de la cuisse (fessiers, ischios, mollets). Le pied se place en position dorsale pour lui permettre de libérer l'énergie élastique emmagasinée au contact avec le sol. Une intention doit être présente, celle de faire glisser le talon vers le fond de la chaussure, avec le bassin en rétroversion.

Mise en tension

L'**amortissement** est la phase d'entrée en contact du pied avec le sol. Elle est marquée par une flexion du genou de la jambe d'appui un peu plus prononcée, bien que le talon reste haut. La rétroversion du bassin doit être plus importante et la jambe libre, fléchie, talon aux fesses et pointe de pied en flexion dorsale. Les intentions sont de se grandir et de dominer la piste. Cette phase s'achève quand le bassin dépasse la verticale de l'appui.

Soutien

Le **renvoi** est la phase de poussée. Elle est caractérisée par des bras en balancement antéro - postérieur fléchis à 90° environ et du genou libre montant près de l'horizontale. Le pied se trouve alors en flexion dorsale, caché par le genou. Ici l'intention est de conserver une trajectoire la plus horizontale possible, afin d'éviter les fluctuations du bassin. Cette phase se termine quand le pied quitte le sol. La totalité des parties hautes du corps reste comme dans la phase précédente...

Renvoi

2) ACTION DU PIED DANS SON CYCLOGRAMME

De nombreuses études consacrées à la forme de la foulée (Winter 1979, Blanqui 1982) ont largement bénéficié des observations du terrain (Piasenta, 1994 et Pauly, 1991). Ces dernières ont mis en évidence le côté pragmatique et directement représentatif, pour l'entraîneur, de la **trajectoire de la cheville autour de la hanche**. Cette dernière est appelée **cyclographe** ou plus communément "Poulaine" (forme de chaussure du Moyen-Âge). Si l'on pouvait diriger un faisceau lumineux qui dessinerait le mouvement effectué à la fois sur la corne avant et sur la bosse arrière du pied, on y constaterait une amplitude marquée vers la hauteur.

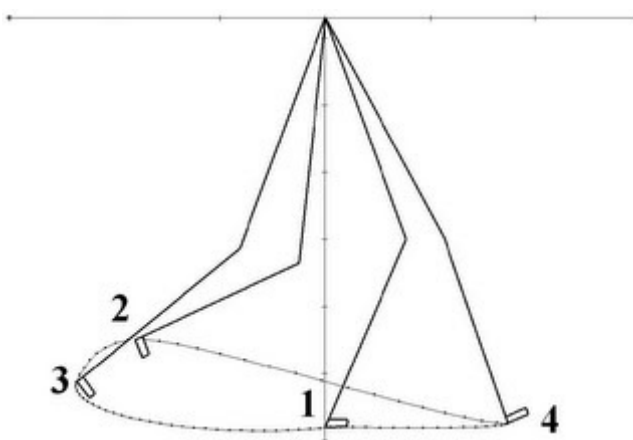
Représentation de la poulaine et Cycles de course

A la fin du XIXe, Marey et Demeny furent les premiers à retranscrire le mouvement du membre inférieur pendant un cycle de marche ou de course chez l'homme par la chronophotographie géométrique.

Le référentiel utilisé n'est plus le sol, mais un repère mobile, la hanche, considéré comme fixe (Gérard, 2003 ; Pronost et al, 2003, 2004 ; Decker et al, 2006). Ceci a tout d'abord été appliqué à la locomotion animale ; puis ce principe fut utilisé par les biomécaniciens.

Le cyclographe ou cyclogramme, ou encore plus communément, la « poulaine » (car ressemble avec les chaussures du moyen âge) décrit le mouvement relatif des extrémités distales des segments des membres supérieurs et inférieurs relativement à l'épaule et à la hanche.

En biomécanique, la poulaine correspond à la trajectoire du pied (Durey, 1997 ; Natta et Réga, 2000 ; Gérard, 2003 ; Gérard et Bouthier, 2005 ; Pronost et al, 2003, 2004 ; Gajer et al, 1997) ou de la cheville (Blanchi, 2000 ; Gérard, 2003 ; Decker et al, 2006) par rapport à la hanche qui reste fixe. Le tracé obtenu correspond à une courbe fermée.

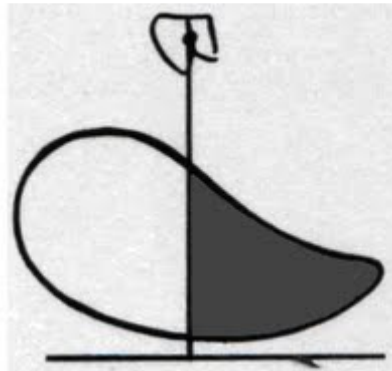


En effet, si l'on observe la trajectoire du pied ou de la cheville, on remarque qu'ils décrivent un mouvement répétitif de moulinet à chaque foulée (Blanchi, 2000) tel les chenilles des engins tout terrain militaires ou de chantier. Ce mouvement « circulaire » permet la translation du corps dans son ensemble.

La poulaine représente le résultat de la mobilisation de trois articulations : cheville, genou et hanche, correspondant à la forme de la foulée. Elle permet notamment de caractériser la répartition antéropostérieure de la foulée, c'est-à-dire de différencier cycle avant et cycle arrière (Gérard et Bouthier, 2005).

Elle est utilisée par les entraîneurs (Piasenta, 1988 ; Durey et al, 1996) afin de caractériser soit différentes techniques de course, soit l'adaptation à différentes spécialités athlétiques.

Pour ces derniers, le cycle avant correspond à la part antérieure de la poulaine (le pied est devant le bassin). Pour courir vite, il faut privilégier cette partie afin de chercher à entretenir la vitesse lors de la pose d'appui, en avant pied, et de diminuer la phase d'amortissement. Les sprinters, les sauteurs en longueur privilégient cette partie.



Le cycle arrière est défini par la part postérieure de la foulée (le pied est derrière le bassin). Il n'y a pas d'anticipation du contact au sol. Le pied vient frapper le sol beaucoup plus passivement que pour le cycle avant. Les coureurs de fond privilégient cette partie car c'est plus économique.

Une étude réalisée durant les Jeux Olympiques d'Atlanta en 1996, sur les 200 m de Michael Johnson et Marie-Josée Pérec, a comparée deux attitudes de course différentes (Krantz, 1996).

Michael Johnson présente une foulée plate, sans « à-coups », avec une répartition antéropostérieure relativement équilibrée : il tracte plus qu'il ne pousse. Tandis que Marie-Josée Pérec présente une foulée qui monte très haut, avec une part arrière beaucoup plus importante que la part avant : elle pousse plus qu'elle ne tracte.

Plus la distance est importante, plus la composante postérieure de la foulée est importante et plus la composante antérieure est minorée. La foulée caractérise avec pertinence la distance de course. Il semblerait que la foulée constitue la carte d'identité de l'athlète. En ce qui concerne le 800 m, la foulée ne subit pas de transformation avec la fatigue (Durey et al, 1996).

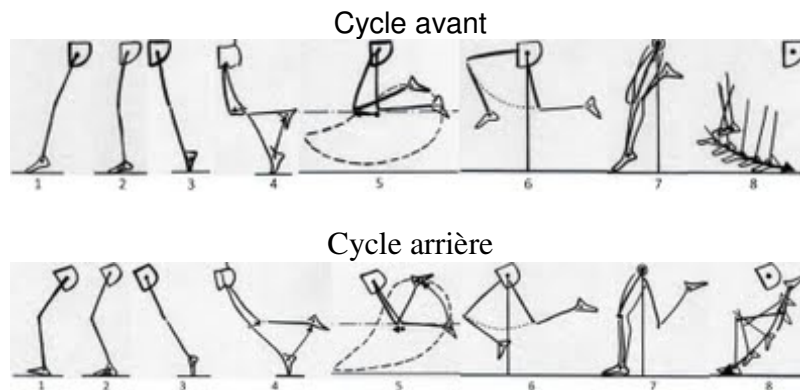
La foulée est aussi utilisée comme un moyen schématisé de représentation de la foulée pour la formation à la lecture du mouvement des enseignants scolaires (Gérard et Bouthier, 2005).

La durée du cycle de course étant variable, la foulée n'est pas bâtie avec le même nombre d'images d'un individu à l'autre, l'étude de la foulée reste ainsi généralement descriptive.

Cycles avant et arrière (Piasenta, 1988)

	Pose de pied au sol	Soutien	Impulsion	Départ de la jambe du sol	Évolution de la jambe	Secteur balayé par la cuisse sur un cycle	Début pose d'appui	Mouvement du pied au contact sol
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cycle avant	En plante de pied, En avant de l'aplomb du bassin, Bassin haut et placé	Bassin haut et fixé, Talon qui n'est pas en contact avec le sol, Plante de pied, Pied actif	Angle cuisse-vertical fermé	Cuisse qui s'engage vers l'avant	Genou conduit vers l'avant	Répartition avant arrière quasi égale	Cuisse jambe libre en avant de la cuisse jambe d'impulsion	Pied qui recule dans la chaussure, Recherche de vitesse (griffé)

Cycle arrière	En talon, bassin en antéversion	Antéversion du bassin, Flexion genou accentuée, Angle cheville fermée, Pied passif	Angle cuisse-vertical plus ouvert	Cuisse qui continue à osciller vers l'arrière	Genou amorçant son retour vers l'avant	Quasi totalement en arrière	Cuisse segment libre en arrière	Mouvement arrière vers avant en butant sur le sol (perte de vitesse)
----------------------	---------------------------------	--	-----------------------------------	---	--	-----------------------------	---------------------------------	--



(Source BIOMECAAnique de la LOCOmotion humaine/ <http://sites.google.com/site/biomecaloco/>)

A partir de ces indices, il devient dès lors possible de **comparer les foulées** de sprinters de coureurs de demi-fond et de fond, et ainsi d'appréhender des stratégies de rotation du pied vers une grande fréquence gestuelle ou vers une recherche d'économie de course. **La Figure ci-dessus présente les formes caractéristiques des cyclogrammes de coureurs de différentes spécialités. Il est aisé de constater que la bosse arrière est importante chez le coureur de 10 000 m contre une corne avant relativement plate.** Chez le coureur de 800 m il y a un allègement du pied qui trouve un trajet plus haut avec une pointe avant plus prononcée. En revanche, chez le sprinter, la trajectoire de la poulaine semble plus équilibrée du fait que les genoux montent plus haut dans la course. Ce qui a pour conséquence directe un temps de contact au sol nettement moins important que dans les deux autres disciplines.

La principale cause de la baisse de vitesse horizontale au cours de l'appui **est la distance horizontale entre le pied et la verticale du centre de masse lors du contact.** La plupart des auteurs ont montré que plus cette distance augmente et plus la vitesse horizontale diminue (Kunz et Kaufmann, 1981 ; Mann et Herman, 1985). Cette hypothèse renforce l'idée que prendre contact trop loin en avant du centre de masse n'est pas économique en terme de production de force et d'impulsion et n'est donc pas souhaitable. D'autre part, plus le contact se fait en avant du centre de masse et plus la flexion dorsale est importante au niveau de la cheville. Quand le pied se pose au sol, l'articulation de la hanche se trouve à quelques centimètres en arrière du centre de masse.

Chacun sait que vitesse et amplitude sont étroitement liées pour réaliser une grande performance, mais ce que l'on sait moins c'est qu'augmenter la fréquence amène forcément une diminution de l'amplitude et inversement. Entre les élèves et les athlètes de haut niveau le constat est identique : **plus la vitesse est élevée, plus la foulée s'allonge** (Tyson Gay - Osaka en 2007, a effectué 84 foulées avec un pic à 2.45 m). De même **plus la vitesse augmente, plus le rythme s'élève.** Une fréquence élevée peut atteindre 4.8 mouvements par secondes. Enfin **lorsque la vitesse augmente, le temps d'appui diminue.** Quand ils courent à pleine vitesse, les sprinters les plus rapides se distinguent par la brièveté de leurs appuis au sol (entre 10 et 12m/s l'appui dure de 0.80 à 0.90/1000^{ème}). Chez l'élève entre 7,5 et 8,5 m/s il dure de 120 à 150/1000^{ème}.

Remarquons la bonne qualité de certains exercices en vue d'améliorer la fréquence de course

Déroulés de cheville

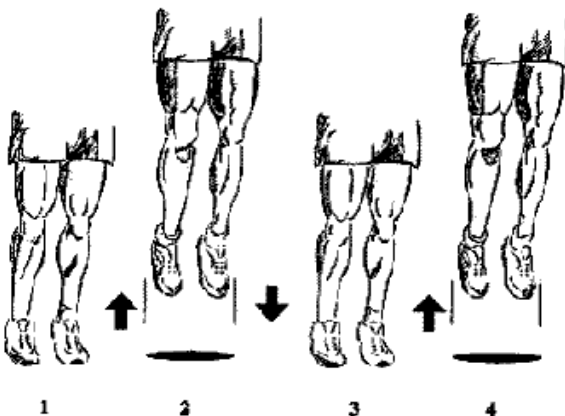
- Courses avec ceinture (13% du poids)
- Courses avec remorque (pneu lest par exemple)
- Exercices de survitesse en descente
- Développement de la force explosive et réactive
- Courses en talon fesse (pour contraction rapide des ischios jambiers)
- Bondissement en bloquant l'articulation du genou



D'autre part, l'élasticité du tendon d'Achille augmentant l'efficacité de la conversion d'énergie chimique en énergie mécanique en moyenne de 25 à 40% peut être améliorée par l'entraînement. En effet, de nombreux exercices intéressants sont de nature à développer ces ressources comme par exemple **des exercices de foulées bondissantes, genoux poitrine ou des bondissements jambes tendues** avec chevilles lestées, voire des foulées bondissantes s'orientant vers la course en intention d'amplitude.

Au regard de tous ces aspects que l'on rencontre à travers l'étude approfondie du pied, il convient d'orienter le travail préparatoire du pied de façon endurante, spécifique avec une sérieuse propension à faire travailler les séances de vitesse en « état de fatigue ». Ainsi le pied peut apporter une réponse adaptée au moment où il est sensé perdre de sa vivacité. En effet, les problèmes de tonicité n'apparaissent jamais en état de fraîcheur (aucune perte de tonus), alors qu'en état de fatigue c'est toute une chaîne d'équilibre qui se dérègle. La fin de course est sans contexte la zone où l'on perd le plus de temps, car toute fatigue induit un temps d'appui plus long.

Il faut donc mettre le pied en situation de fin de course en le soumettant à des exigences précises (absence de sonorité au contact du sol – recherche d'appuis brefs – orientation dans la bonne direction – développement d'une plus grande amplitude dans le déroulé...). Préconiser des exercices sur une période de 10 à 15'' (durée d'un 100 m) me paraît particulièrement intéressant pour s'adapter aux contraintes d'une fin de course difficile.



Ces exigences qui sont à travailler en période hivernale durant 5 à 6 mois, dans des exercices de rebonds et de multi sauts, de lattes, de côtes ou avec un traîneau, préparent inmanquablement l'athlète à des futurs travaux de vitesse en état de fraîcheur, principalement en période estivale. Il bénéficierait ainsi des qualités acquises l'hiver pour les rendre efficaces l'été. Le but est de minimiser les pertes pour obtenir un rendement efficient durant toute la course, car si ces dernières se voient diminuées, le temps de contact au sol sera optimiser à la fois par le maintien de la foulée et de la vitesse.

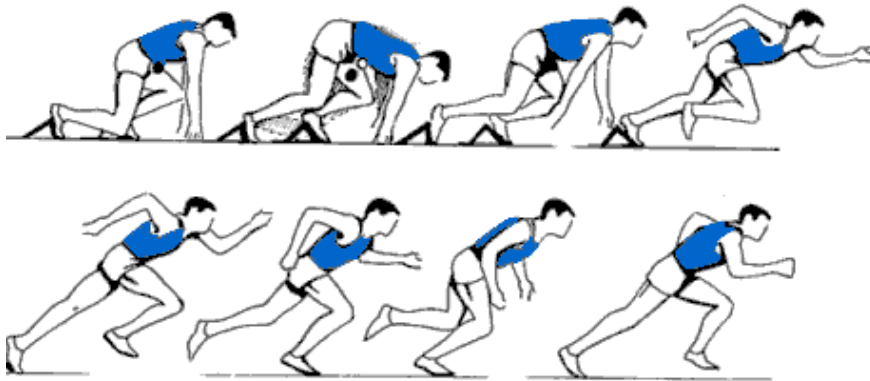


Un exemple remarquable nous est donné par la comparaison sur 400 m entre Thomas Schönlebe (44''33) et Marita Koch (47''60) qui marque des contacts identiques dans les 150 premiers mètres (0.11 s) et à peine modifiés aux 350 m (0.14 s contre 0.15 s en faveur du premier cité).

Cette observation prend un vrai sens dans le sprint court, alors que Ben Johnson et Carl Lewis dépassant les 30 m de course voient leurs temps de contact osciller entre 0.82 s et 0.88 s pour Carl Lewis et entre 0.80 et 0.88 pour Ben Johnson jusqu'à la ligne d'arrivée. A n'en pas douter c'est la qualité d'un vrai travail préparatoire du pied qui amène à des résultats aussi performants.

C'est essentiellement par la pratique de certaines mises en situation régulière que l'on y parvient. Je préconise à mes athlètes de finir certaines courses en virage (forte contraintes au niveau des appuis) ou de courir en posant l'avant du pied sur la ligne blanche du couloir (orientation des appuis) parfois, après un état de fatigue prononcé, les diriger sur un petit parcours lattés (exigence de fréquences), voire même après une séance de côtes, les amener à finir en léger faux plat descendant (mémorisation de la vitesse).

A l'intérieur de chaque séance de vitesse, il m'arrive également d'intégrer en guise d'échauffement quelques départs variés, en situations allongées, couchées, assises, retournées, en déséquilibre avant, arrière, ou bien d'indiquer par un signal sonore ou visuel, une direction à prendre pour s'élancer. Tous ces petits exercices par leurs répétitions, sont de nature à créer des conditions de réceptivité associées à une coordination particulièrement efficace de leur geste de course. Si l'aspect ludique de ces mises en situations, en distrait plus d'un, le travail recherché n'en est pas moins important car l'adversité conditionne souvent des aptitudes justes qui ne demandent qu'à être maîtrisées au fil des entraînements.



« Il faut une discipline rigide, une discipline de fer, pour atteindre ce qui est grand et durable. Cette discipline ne procède pas de simples débats académiques ou d'appels à la raison et à la logique. Cette discipline s'apprend à l'école de l'adversité ».



Mohandas Karamchand Gandhi