



# Marche, Course

## Biomecanique

@Drjj65

Doc complémentaires : biomécanique de la course / Vodalen

Jnées HUG Geneve 2007,

Etude biomécanique de la course à pied: Leboeuf et coll / EMC 27020A20

Analyse d une course de 100m : You tube JNB BERNEZ

you tube video : pied amortisseur / univ Lyon

## Depense et marche

La formule qui est généralement adoptée pour calculer la dépense énergétique en course à pied est Poids (kg) x Distance (km).

$$E = pds \times d \times f$$

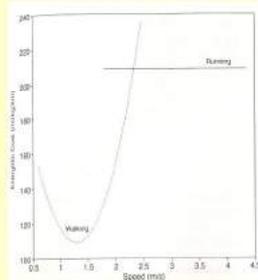
f étant proche de 1

*On ne tient pas compte de la vitesse*

## Dépense et marche

### Course à pied et coût énergétique

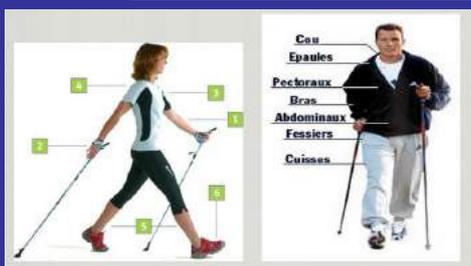
- Quasi constant et indépendant de la vitesse 20 km/h
- De l'ordre de 4.8 kJ/kg x m
- ↑ 5 – 8% chez l'enfant et le coureur non entraîné (Monod, 2000)



Un newton est la force capable de communiquer à une masse de 1 kilogramme une accélération de 1 m/s<sup>2</sup>. Il faut donc 1 newton pour augmenter la vitesse d'une masse de 1 kg

Le Joule est le travail d'une force motrice d'un newton dont le point d'application se déplace d'un mètre

## 1988 1993 Marche nordique



W coordination  
W des ceintures  
Rachis corrigé  
Augmente / ventiel 60%>

dépense énergétique >67% (400Cal/h contre 280C/h) et conso O2 >de 18%

W des MS & MI  
décharge P Minf avec les poles (batons)  
Les poles augmentent la foulée



## Marche nordique

**2a) Travail des bras actif**  
Le mouvement commence à l'épaule, le bras supérieur est activement impliqué dans le mouvement.

**2b) D'extension de bras**  
Le bras est loin derrière la hanche.

**3a) Main fermée**  
Joignez la poignée juste avant le pôle touche le sol.

**3b) Ouvrez votre main**  
La main est ouverte sur la hauteur de la hanche en rentrant. La pression est alors donnée par les sangles.

**4a) Le pôle touche le sol**  
Les extrémités polaires touchent le sol en dessous du centre du corps de la gravité.

**4b) Angle du pôle**  
L'angle du pôle doit être comprise entre 60 et 70°. Les pôles forment trois axes parallèles avec la jambe arrière.

**5a) Longueur de la foulée**  
Utilisation des pôles étend la longueur de la foulée par rapport à la marche normale.

**5b) Travail à pied Actif**  
Pieds touchent le sol avec les talons et sont activement déroulé via le métatarse.

## Matériel & contraintes



**taille des poles = 0,68T**



	Marche Nordique	Marche énergique	Marche
Vitesse	1,90 m/s	1,99 m/s	1,3 m/s
Freinage au sol	1,25 x poids Corporel	1,35 x poids Corporel	1,2 x poids Corporel
Propulsion	1,1 x poids Corps	1,1 x poids Corps	1,2 x poids Corps

## ski de fond raquettes



### ski de fond:

importance du quad et psoas ds le pas ant  
Plus de travail d'équil lateral (reequil avec Msup)

Raquette: renforce psoas quad et fessiers

### poussée:

Ds les 2 cas rôle ++ / abducteurs de hche

## patinage

### **trois phases**

propulsion avec un patin,  
propulsion double-appui  
et glisse sur un patin



### **trois zones de frottement**

Jer ant  
Scaphoïde  
Td/ triceps,



## patinage

### Importance des couples:

add / abd de hche

Triceps et flex en poussée

Stabilisateurs latéraux en virage et arrêt lat

*Importantes contraintes en torsion de la sous astragalienne*

Dissociation haut et bas du corps

Indépendance des 2 mbres inf

## patinage

### L'asymétrie sur l'axe rachidien

provoquée par ce type de mouvement,  
combinée à la vitesse de rotation entraîne

des déséquilibres musculaires,

**nécessitant une prévention**

ligamento-tendino-articulaire avec:

Renforcement de l'équilibre et

un rééquilibrage permanent des agonistes/antagonistes.

Course/ marche

### Marche ou course: différences biomécaniques

**Le marche**

phase d'appui (65%)      balancement (35%)

**La course**

phase d'appui (40%)      appui (15%)      balancement (30%)      suspension (15%)

On peut comparer les phases de la marche à celles de la course. L'allure de la course diffère de celle de la marche par l'accroissement du temps de balancement des membres, qu'on appelle suspension, par la diminution de la phase d'appui et par l'accroissement du balancement.

(Ann. J. Sports Med. 1988, 14, 497-500)

2 f Composantes

Verticales et ant post

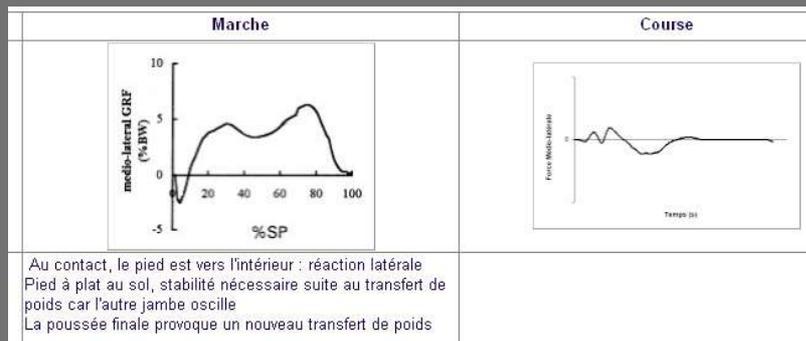
Composante antéro-postérieure	<b>Marche et Course</b>	
Allures de la courbe en fonction du temps		
Caractéristiques	Composante de la force de réaction au sol négative : le sujet pousse vers l'arrière (action freinatrice) Composante nulle : le pied est à plat au sol Composante positive : le sujet a une action vers l'avant (action propulsive)	

Composante verticale	<b>Marche</b>	<b>Course</b>
Allure de la courbe en fonction du temps		
Caractéristiques	La plus importante. Entre les 2 pics, la composante de la force verticale chute (red à plat au sol)	Supérieure aux valeurs de la marche

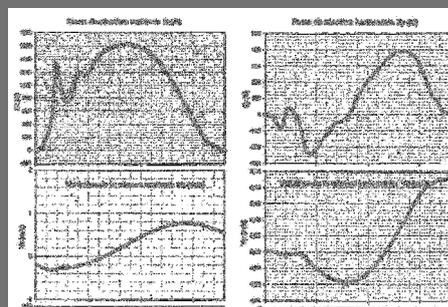
### 3 eme Composante



#### medio-laterale



### Forces et vitesses



# Amortissement

## Contact pied - sol

- Amortissement: dissipation de l'énergie par les parties molles du talon, les muscles de la loge ant et les fléchisseurs du genou
- Equilibration - pivotement: bord externe du pied → métarpes → 1er rayon

## / Course

- Propulsion: bord externe du pied, région MP, puis gros orteil

Group	Calcaneum (Amortissement)	Avant-pied (Propulsion)	Mésopied (Préparation à la propulsion)
15-18 km/h : athlète confirmé	35%	35%	30%
10-12 km/h : joggeur	25%	50%	25%

Coureur = moins de t / amorti calca plus de temps MP AvtP

# Foulée

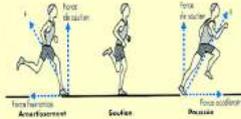
## bond compris entre 2 contacts successifs

Revoir sur you tube video: pied amortisseur univ Lyon  
<https://www.youtube.com/watch?v=-MAxyf6SzVE>

# foulée

## Biomécanique de la foulée

- **APPUI:**
  - Amortissement: phase frénatrice centre gravité à l'arrière
  - Soutien: centre gravité aplomb
  - Poussée: phase motrice vers l'avant
- **SUSPENSION:**
  - Phase aérienne, aucune modification possible du mouvement
  - Influencée par vitesse initiale et angle d'envol



# foulée et appuis

## Equilibre du pied...

The diagram is a 3x3 grid. The columns are labeled 'Vitesse élevée', 'Vitesse moyenne', and 'Vitesse basse'. The rows are labeled 'Phase d'amortissement', 'Phase d'appui', and 'Phase de propulsion'. Each cell contains a diagram of a foot and a small image of a shoe. The diagrams show the foot's position and the center of gravity relative to the foot during each phase and at different speeds.

C arr



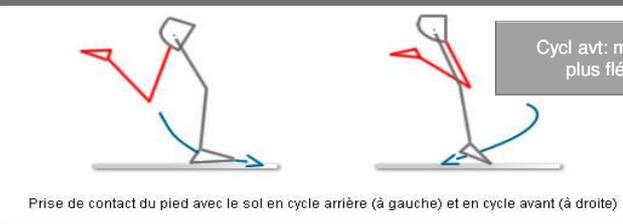
C avt



Le pied s'achève au sol. Le membre porteur est en flexion. L'angle cuisse-jambe se ferme. L'amplitude de la foulée s'affaiblit. Le membre libre est en arrière du membre porteur.

Le pied est en appui sur la plante. Le membre porteur est en hyper-flexion. La cuisse du membre libre est en avant du membre porteur. Le bassin est haut et placé.

## cycles



Cycl avt: membre oscillant plus fléchi & groupé

Prise de contact du pied avec le sol en cycle arrière (à gauche) et en cycle avant (à droite)

Cycl Arr: ←

Jbe d appui en retard  
G en arr  
Pied bute en avt = freine

Cycl Avt: →

Jbe d appui en avance  
G +en avt  
Pied en pte= accell

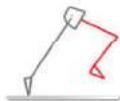
## foulée



La Foulée



La poussée

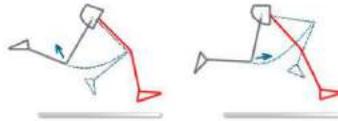



la poussée est complète.  
L'angle entre le segment inférieur et le sol est réduit ce qui signifie que le membre inférieur est penché en avant.  
Le membre libre n'a pas encore atteint son niveau le plus haut

la poussée est moins nette, la jambe peut ne pas être complètement dans le prolongement de la cuisse.  
Le membre libre est prêt à engager son mouvement de retour vers le sol.

## foulée

### Le retour avant

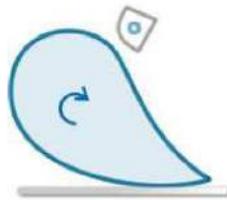


Première phase : la jambe remonte, la cuisse s'élève vers l'arrière.  
Deuxième phase : le retour vers l'avant.  
Le secteur balayé d'arrière en avant par le genou est réparti également de part et d'autre d'un axe vertical passant par le bassin

Première phase : la cuisse s'engage rapidement vers l'avant.  
Deuxième phase : le secteur balayé est situé très avant.

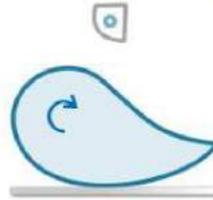
## foulée: 2 modalités

C arr



Technique privilégiée des coureurs de fond, sans doute plus économique.

C avt



Technique privilégiée des sprinter ou des efforts, augmentation importante de la longueur des foulées

Dans les deux cas ne pas négliger :  
Le placement de la tête et du regard  
Le rôle des bras dans l'équilibre et régulateur de l'action des jambes  
L'expiration cadencée et ajustée (du 3/5 au 1/1)

## PARAMETRES

Longueur de la foulée  
2t: appui 40%, suspension 60%  
Fréquence  
Alignement cst : pied bassin épaule

## Amplitude et foulée

**$A = 1,2 \times \text{la taille}$**   
**L'amplitude « possible » est en relation avec la taille.**

Si l'amplitude n'est pas assez grande :  
cela est du à un manque de souplesse,  
de force, de relâchement.

*C'est aussi, souvent le résultat d'un problème de coordination motrice.*

## foulée vitesse

Amplitude foulée x cadence = vitesse

### Entrainement:

une cadence ↓ à la minute et une amplitude ↑ m.

Ex:

En janvier, votre vitesse de footing est de 11 km/h soit 183 m/mn et votre cadence de foulée de 90 à la minute. Votre amplitude de foulée est donc  $183/90 = 2,03$  m d'amplitude (vitesse / cadence).

En mars, vous comptez une cadence de 85 à la minute soit une amplitude de 2,16 m.

## adaptation: foulée vitesse

### avec l'effort

une cadence ↑ à la minute et une amplitude ↓ m.

Ex:

Tout comme le cycliste change de vitesse  
Braquet inférieur mais fréquence augmentée

*un couple cadence-amplitude (qui vous donne la vitesse), en parfaite harmonie vous permet de consommer moins d'énergie par mètre parcouru.*

# paramètres Course

**Paramètres Myotest Run**

**Duree**

Temps écoulé entre deux appuis sur le bouton "Stop". Ce temps sur la distance donne la vitesse.

**La mesure est proposée sur 100m.**  
Une mesure sur 400m augmente également la régularité sans affecter les autres paramètres.

10 km/h → 35"	18 km/h → 22"
12 km/h → 30"	20 km/h → 18"
15 km/h → 24"	24 km/h → 15"

**Pas par minute (fréquence)**

À une vitesse donnée, ce paramètre et celui qui suit, sont corrélés à la longueur de la foulée.

**Longueur de la foulée (du pas)**

Distance entre un appui et le suivant.

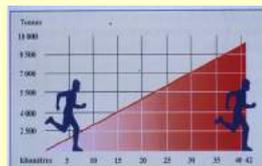
On obtient communément le terme "longueur de foulée" alors que "longueur de pas" est plus juste techniquement.

10 km/h → 12 km/h
160 à 180
18 km/h → 12 km/h
160 à 180

# contraintes biomécaniques

## Stress biomécanique

- Impact vertical au sol: 200-300% PC
- Cisaillement-stabilisation latérale: 10% PC
- Propulsion vers l'avant: 50% PC
- Pour un marathon:
  - entre 35 et 40'000
  - charge amortie totale: minimum 7'000 tonnes



Un athlète de 65 kg, lors d'un marathon (42,195 km), aura "encouru" à l'arrivée une pression totale équivalente 9000 tonnes.

## analyse musculaire / course

au départ 3flexion = mise en tension  
Ceinture scapulaire en avt 15°  
Tronc 45° vers le sol

Poussée avec:  
biceps  
quad jumeaux

## acceleration

action simultanée des 2 minf

1 coté

grd fessier  
quad  
Ischioj biceps  
jumeaux

Coté opposé

Psoas iliaq  
Flech m inf

Augmentation du t d'amortissement

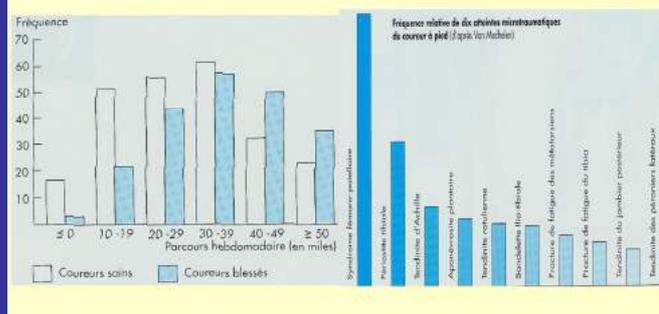
## analyse musculaire / course

<https://www.youtube.com/watch?v=VF6bRunt4OE>

Video de JB BERNEZ  
Analyse d'une course de 100m

## Freq lésionnelle / course

### Epidémiologie des lésions





## Conclusions:

De bons appuis

Une posture adaptée

Une coordination optimale.

Une adaptation fréquence amplitude/ foulée

*permettent une optimisation des résultats et une  
prévention des lésions*