

La marche



La marche est une activité que l'homme valide imagine simple car il l'exécute sans être obligé d'y penser.

Elle est, en fait, d'une grande complexité.

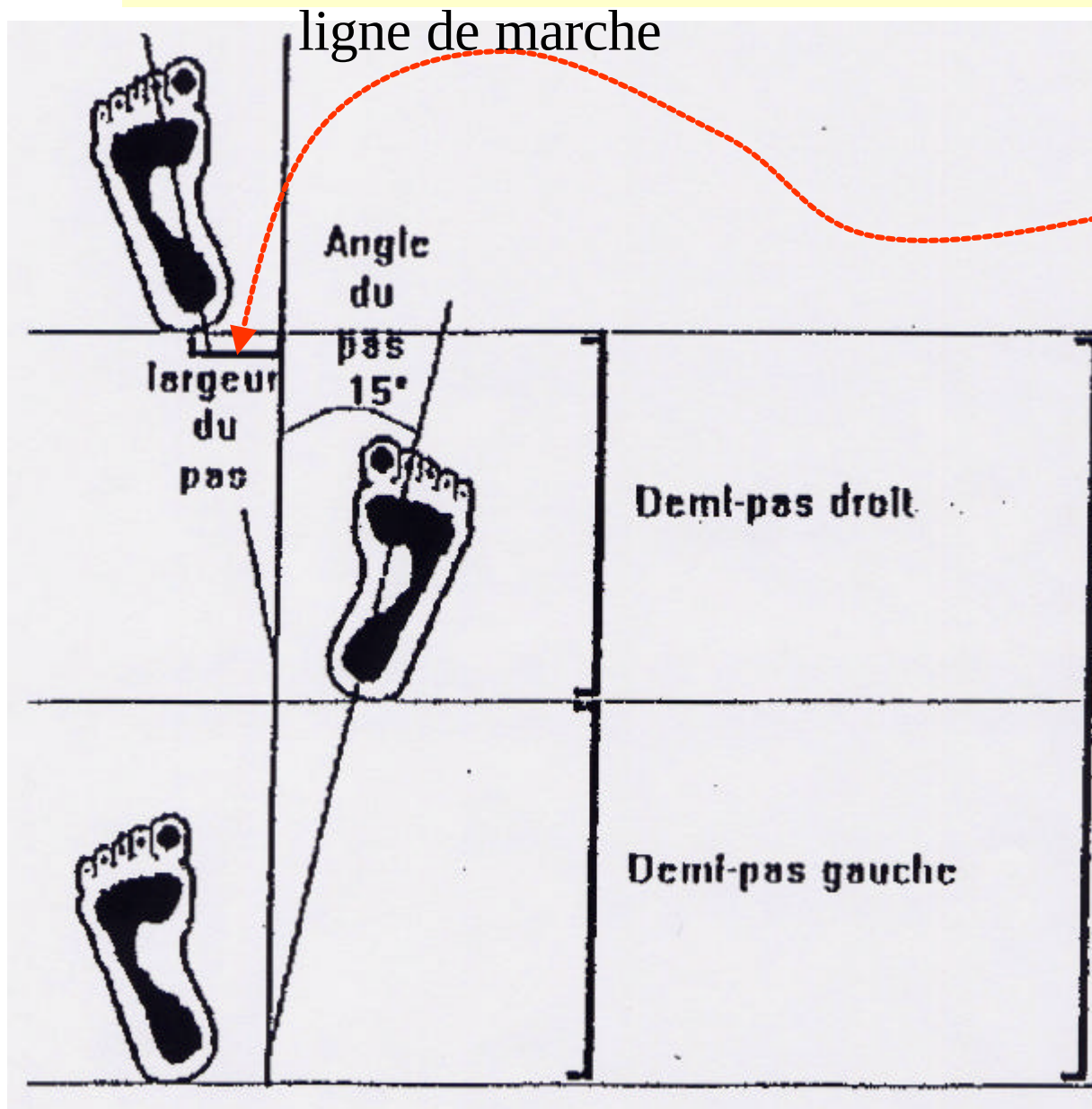
Marcher est un travail difficile, ancien : une expédition anthropologique dans la vallée de l'Afar a découvert que l'homme marchait il y a trois millions d'années (35).

Livre de référence : Éric Viel, La marche humaine, la course et le saut Biomécanique, explorations, normes et dysfonctionnements. Masson, Paris, 2000, 267p. Bibliothèque scientifique, WE 103 M316 2000.

Introduction

- La marche est une activité complexe apprise après un long processus d'essais et erreurs.
- Ce qui différencie la marche de la préhension est le fait qu'elle est globalement cyclique.
- Si sa nature cyclique lui confère une certaine uniformité, des éléments acycliques tels que virer ou trébucher se produisent régulièrement.
- Puisque la marche est responsable du transport du personnage d'un point à un autre et du maintien de son équilibre, la dynamique joue un rôle plus important dans la marche que dans la préhension.
- La description des principes de la marche est décrite dans la littérature de différentes disciplines :
 - médecine : le problème a été étudié pour la chirurgie et les prothèses,
 - robotique (biomécanique) : construction de systèmes artificiels se déplaçant en marchant.

Paramètres de la marche



- Longueur du demi-pas
- Largeur du pas
5 à 6 cm.
- Angle du pas
15° env.

Pas (intervalle séparant 2 appuis au sol du même pied)

Cadence de marche :

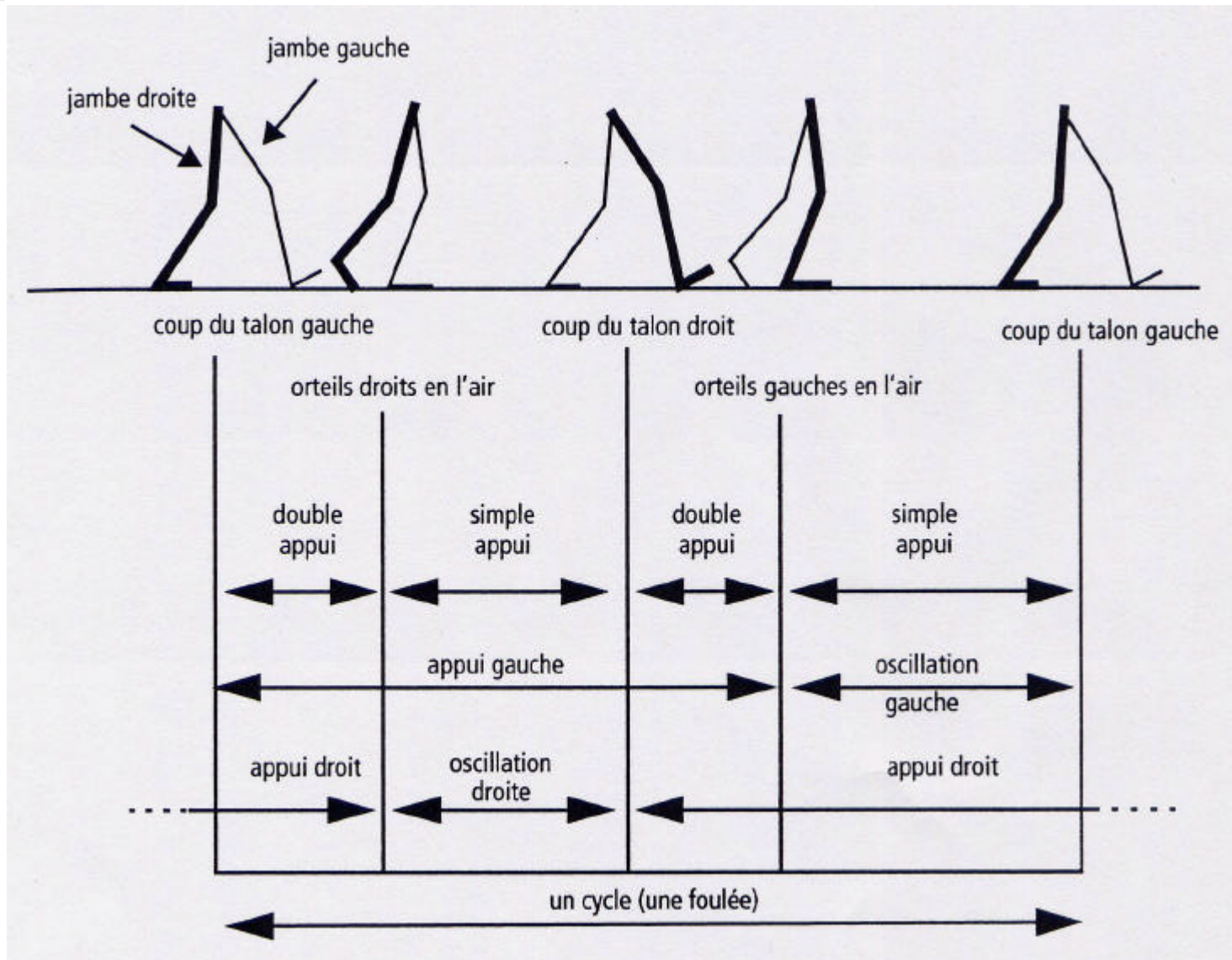
de pas effectués en une unité de temps.

Vitesse de marche :

distance parcourue en une unité de temps
ou encore
longueur moyenne du pas x cadence.

Cycle de la marche

Décomposé en plusieurs phases en fonction de la relation entre les pieds et leurs points de contact avec le sol.



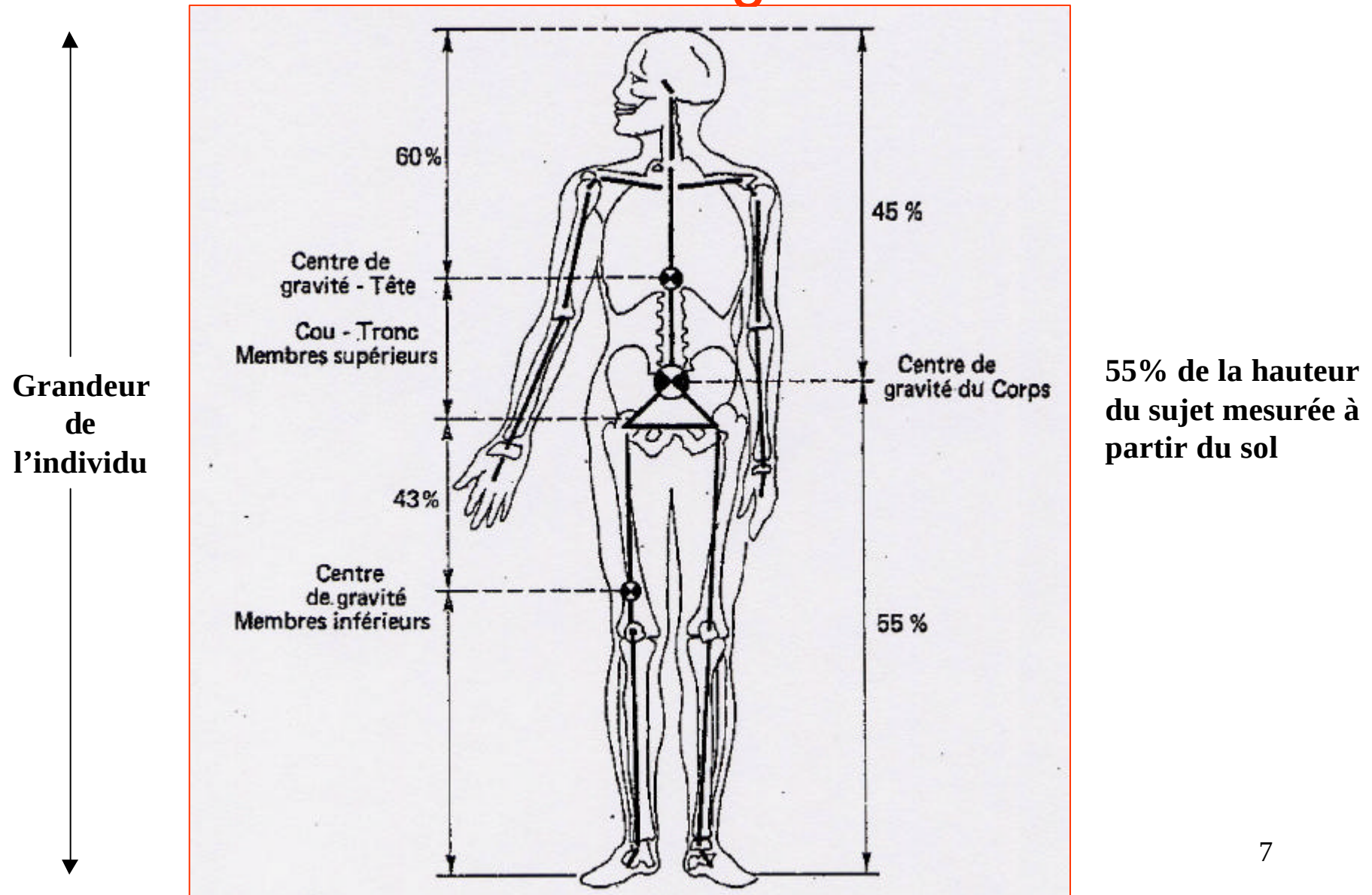
Description du cycle de la marche

La phase d'appui gauche d'une foulée

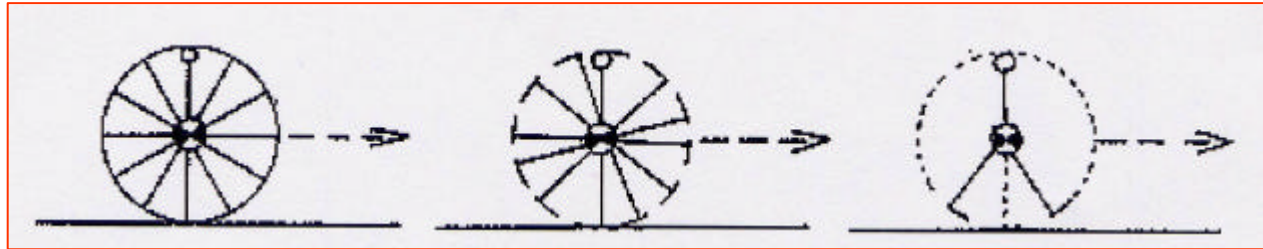
démarre avec le pied droit au sol et le talon gauche prêt à frapper le sol. Au cours de cette phase, le corps est soutenu par les deux pieds jusqu'à ce que le pied droit se plie vers le haut et que les orteils droits quittent le sol. Cette phase se poursuit avec le pied droit quittant le sol et commençant à s'élancer vers l'avant. Puis le talon droit frappe le sol et ensuite les deux pieds se retrouvent à nouveau sur le sol. Les orteils gauches quittant le sol terminent la phase d'appui gauche. La *phase d'oscillation droite* est la période au cours de laquelle les orteils droits quittent le sol, la jambe droite s'élance en avant et le talon droit frappe le sol. Notez que la phase d'oscillation droite est un sous-intervalle de la phase d'appui gauche. La fin de la phase d'oscillation droite marque le début de la phase d'appui droite. Des phases analogues se déroulent ensuite, les rôles des jambes droite et gauche étant inversés. Le cycle de la marche se caractérise par des périodes alternées de soutien simple et double.

Tiré de Rick Parent, *Animatique Algorithmes et techniques*. Vuibert, 2003, section 6.2.

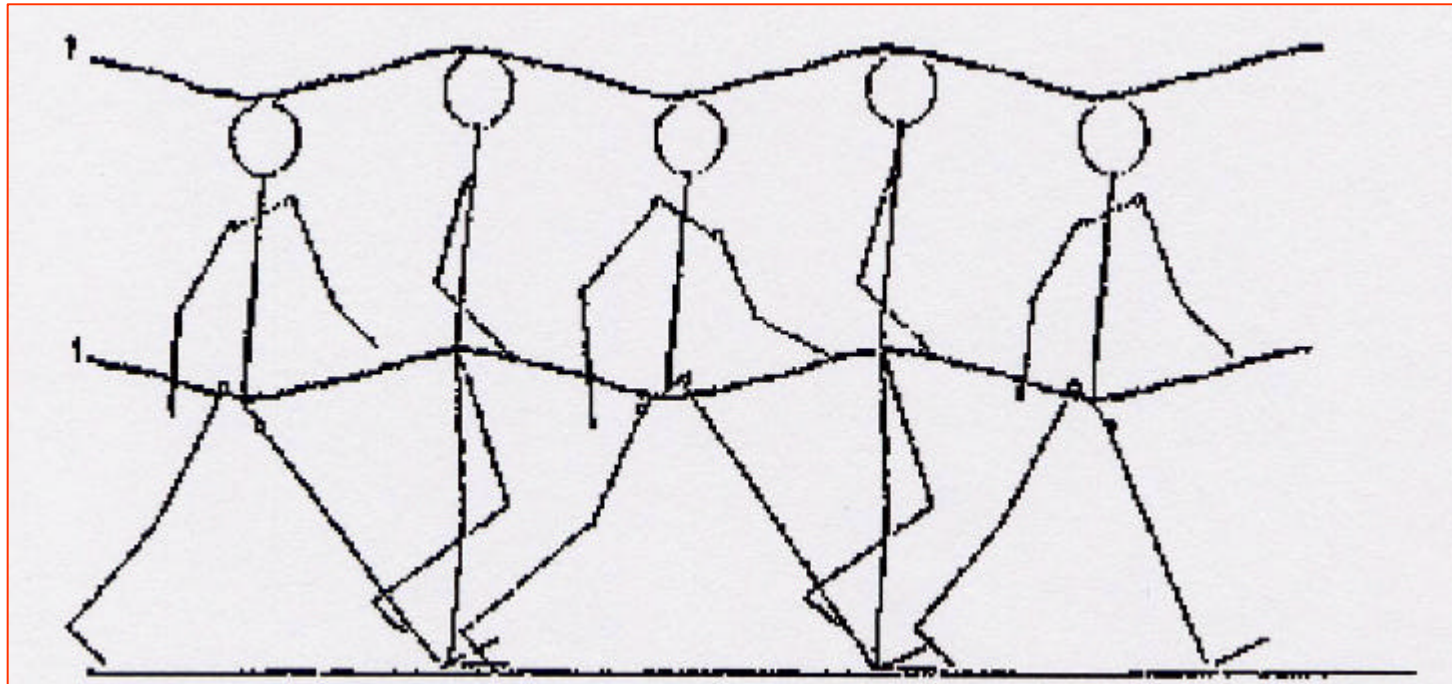
Effets du cycle de marche sur le centre de gravité



On peut alors assimiler le corps humain à une masse à déplacer en utilisant le modèle mécanique de la roue, où le noyau est le centre de gravité et les rayons, les membres inférieurs.

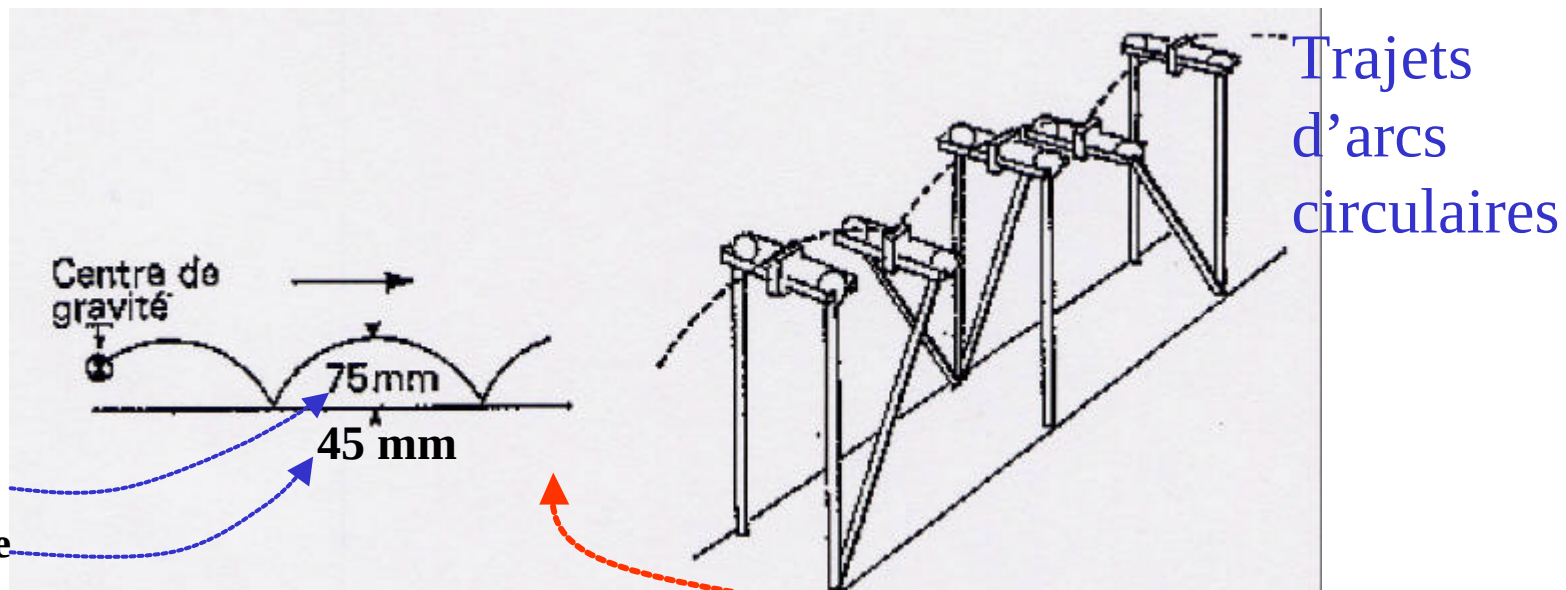


Plusieurs facteurs biomécaniques concourent à ce que la ligne de progression du centre de gravité soit la plus proche possible d'une droite.

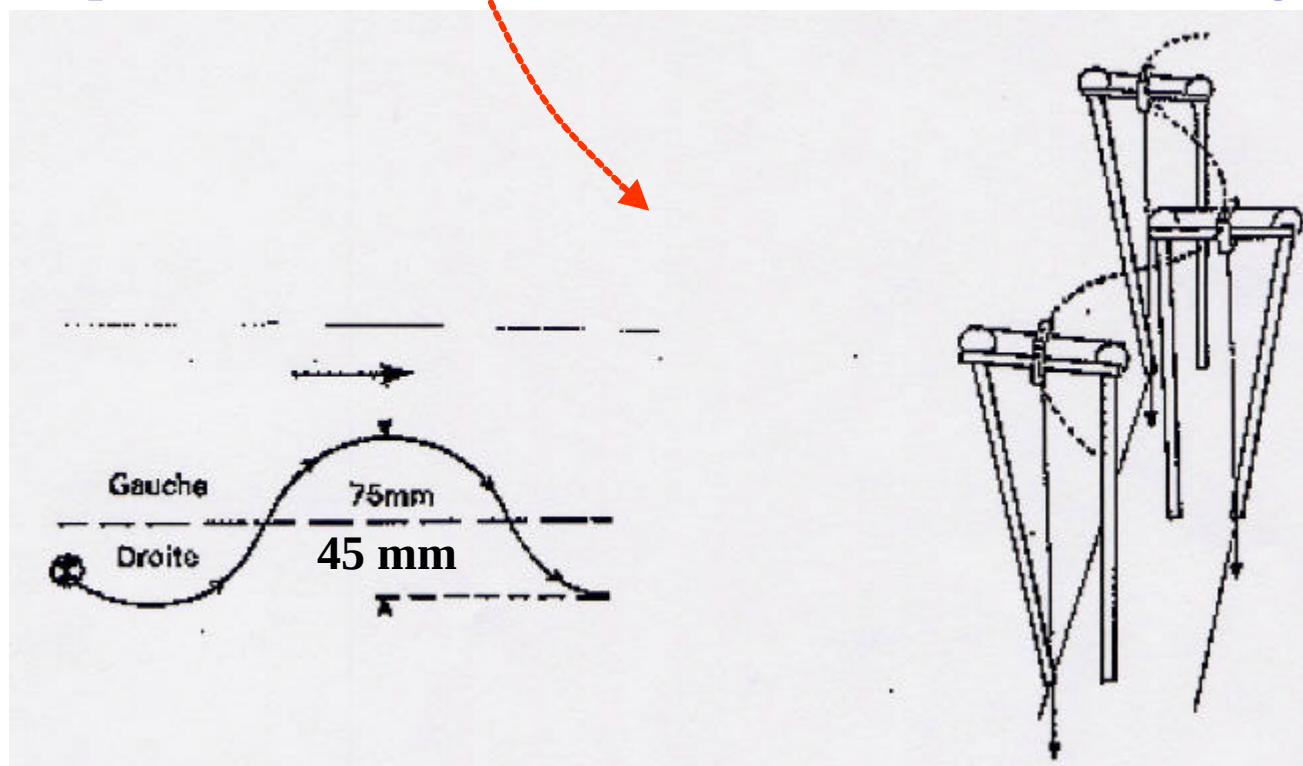


Déplacements horizontaux et verticaux du centre de gravité

en théorie
en pratique



Déplacements horizontal et vertical du centre de gravité



Flexion des genoux

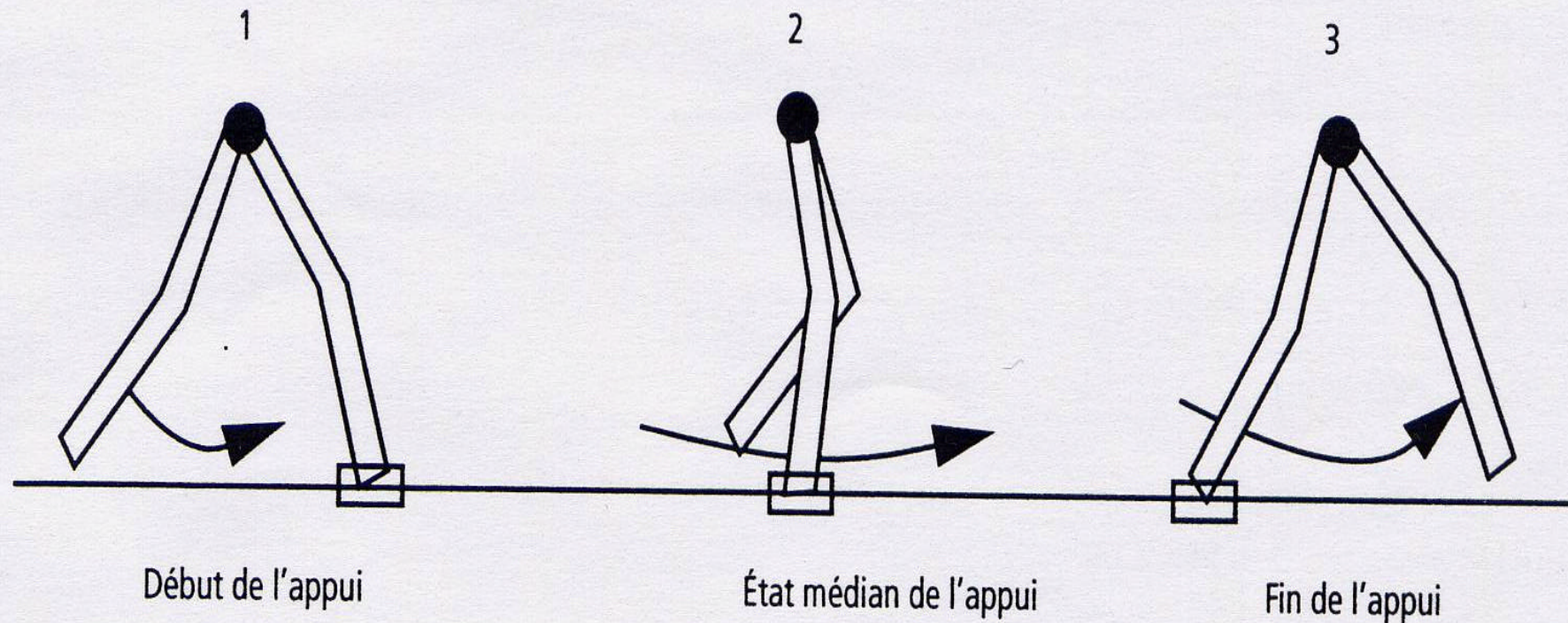
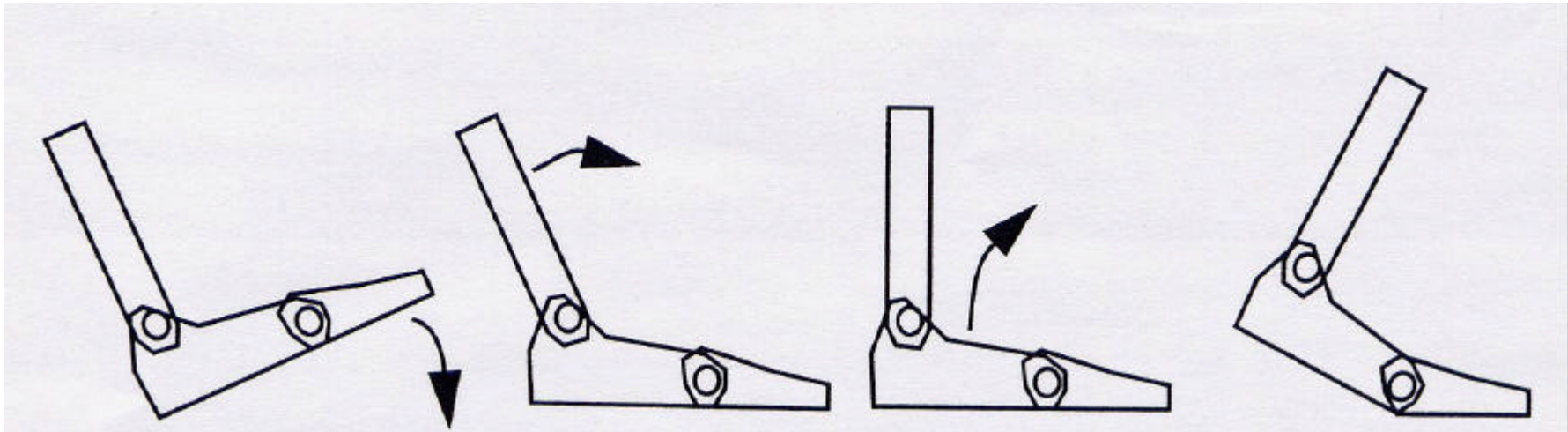


Figure 6.16 Flexion du genou permettant à la jambe d'oscillation de ne pas pénétrer dans le sol, de niveler le trajet du bassin au-dessus du point de contact et d'absorber une partie du choc (plan sagittal)

Tiré de Rick Parent, *Animatique Algorithmes et techniques*. Vuibert, 2003, section 6.2.1.

Articulations de la cheville et des orteils

- La cheville, les orteils et le pied comprennent un grand nombre de degrés de liberté.
- Cela peut être modélisé simplement par 2 articulations à charnière par pied.

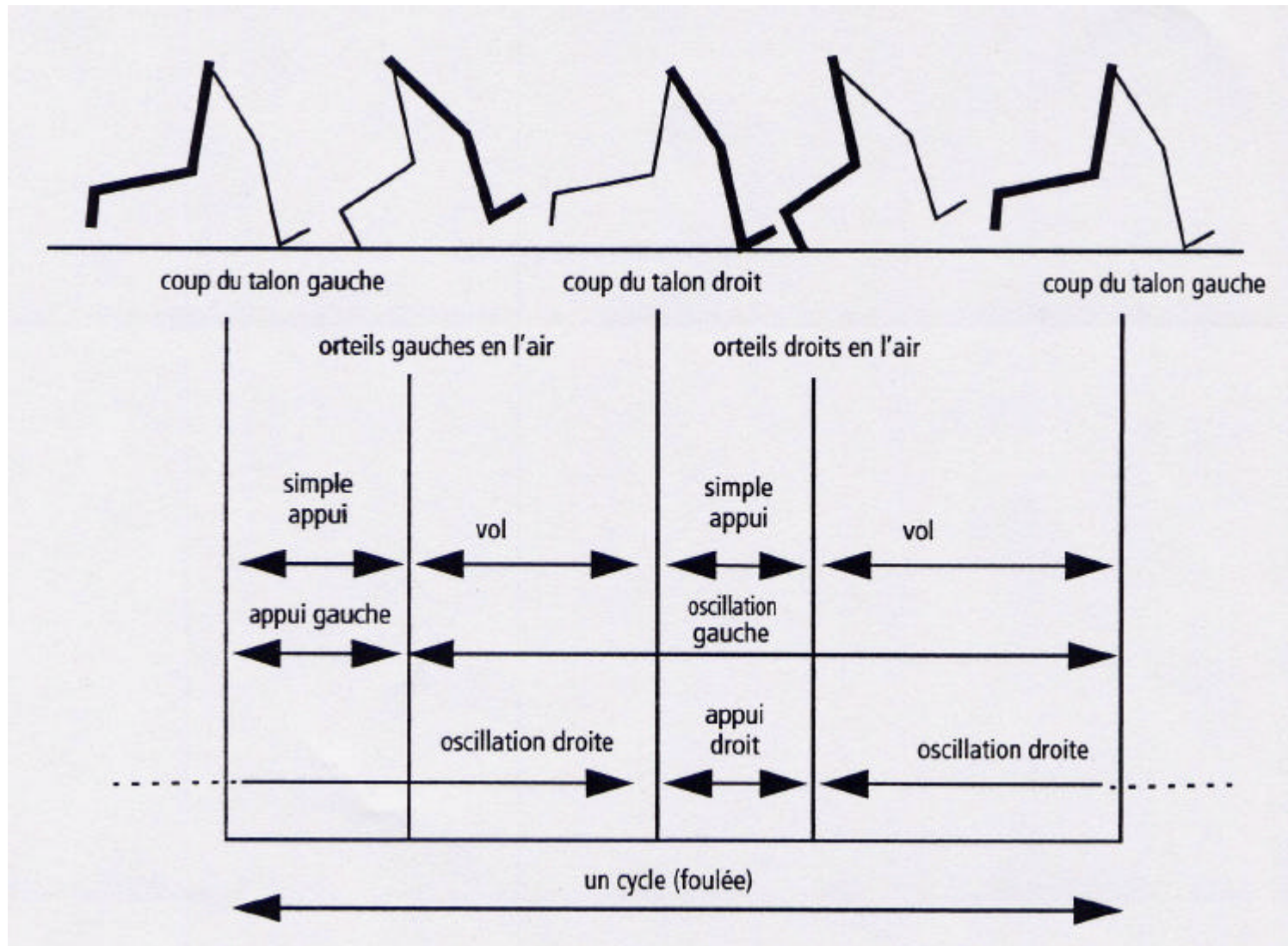


Tiré de Rick Parent, *Animatique Algorithmes et techniques*. Vuibert, 2003, section 6.2.1.

- Les articulations de la cheville et des orteils permettent :
 - d'aplanir la rotation du bassin au-dessus du pied et
 - d'absorber une partie du choc.

Cycle de la course

Se distingue du cycle de la marche par le fait que les deux pieds quittent le sol à un moment donné et qu'à aucun moment ils reposent au sol.



Description du cycle de la course

l'appui gauche, défini par le talon gauche touchant le sol et les orteils droits se soulevant, se caractérise par le pied droit en l'air. Cette phase est suivie par une période de *vol* au cours de laquelle les deux pieds quittent le sol avec le pied droit lancé en avant. Le vol se termine lorsque le talon droit touche le sol, *l'appui droit* débutant alors.

Tiré de Rick Parent, *Animatique Algorithmes et techniques*. Vuibert, 2003, section 6.2.

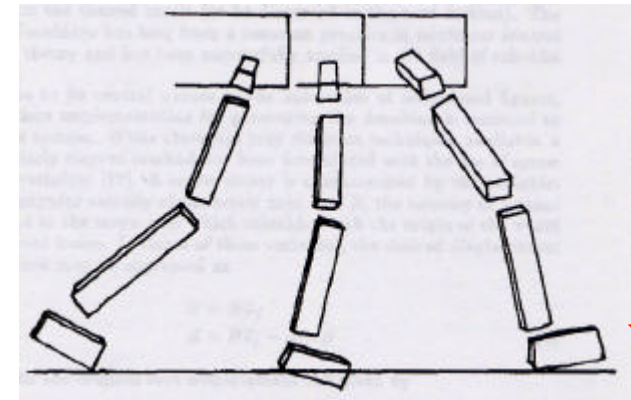
Note : Les appuis droit et gauche ne se chevauchent pas et sont séparés par des périodes de vol.

Cinématique de la marche

- ✚ L'approche de base pour générer le mouvement de la marche consiste à spécifier les courbes de valeurs d'angles d'articulations pour chaque **DDL**.
- ✚ $\exists$ différentes sources de données empiriques décrivant la cinématique de diverses formes de marche à différentes vitesses selon les âges.

V. Inman, H. Ralston and F. Todd, *Human Walking*. Williams & Wilkins, Baltimore, Md., 1981.
Bibliothèque scientifique, WE 103 157 1981.

- ✚ Méthodes de spécification de tous les angles d'articulation :
 - image par image,
 - interpolation de valeurs entre images clés,
 - cinématique inverse pour déterminer les angles des articulations intermédiaires.
 - cinématique inverse pour forcer des données cliniques à maintenir un bon placement des pieds sur le sol pendant la marche.



Utilisation de la dynamique pour produire un mouvement réaliste

- ✦ Permet de lier des actions et des contraintes spécifiques afin de rendre le mouvement plus précis d'un point de vue physique.

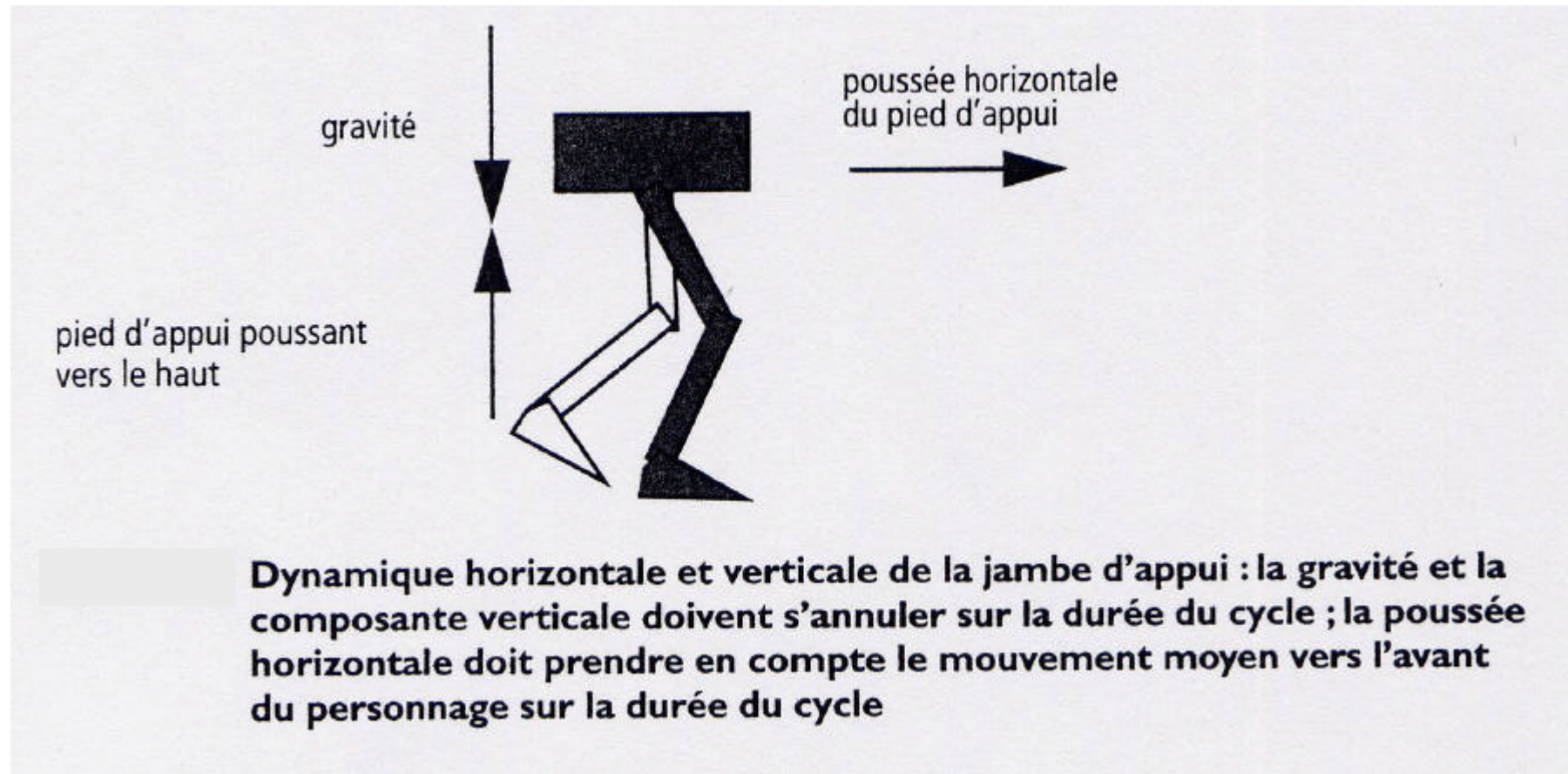
Toutefois,

- ✦ On doit faire en sorte que l'animateur puisse disposer d'un contrôle plus important sur le mouvement que celui qu'offre une simulation physique totale.



Appliquer les principes de la dynamique avec intelligence de façon à aider l'animateur et non pas devenir un obstacle qu'il doit surmonter.

- ✦ De plus, pour rendre les calculs réalisables, l'animateur doit pratiquement toujours simplifier la dynamique :
 - ignorer la poussée vers le haut de la jambe d'appui,
 - réduire le nombre de DDLs de chaque jambe,
 - etc.

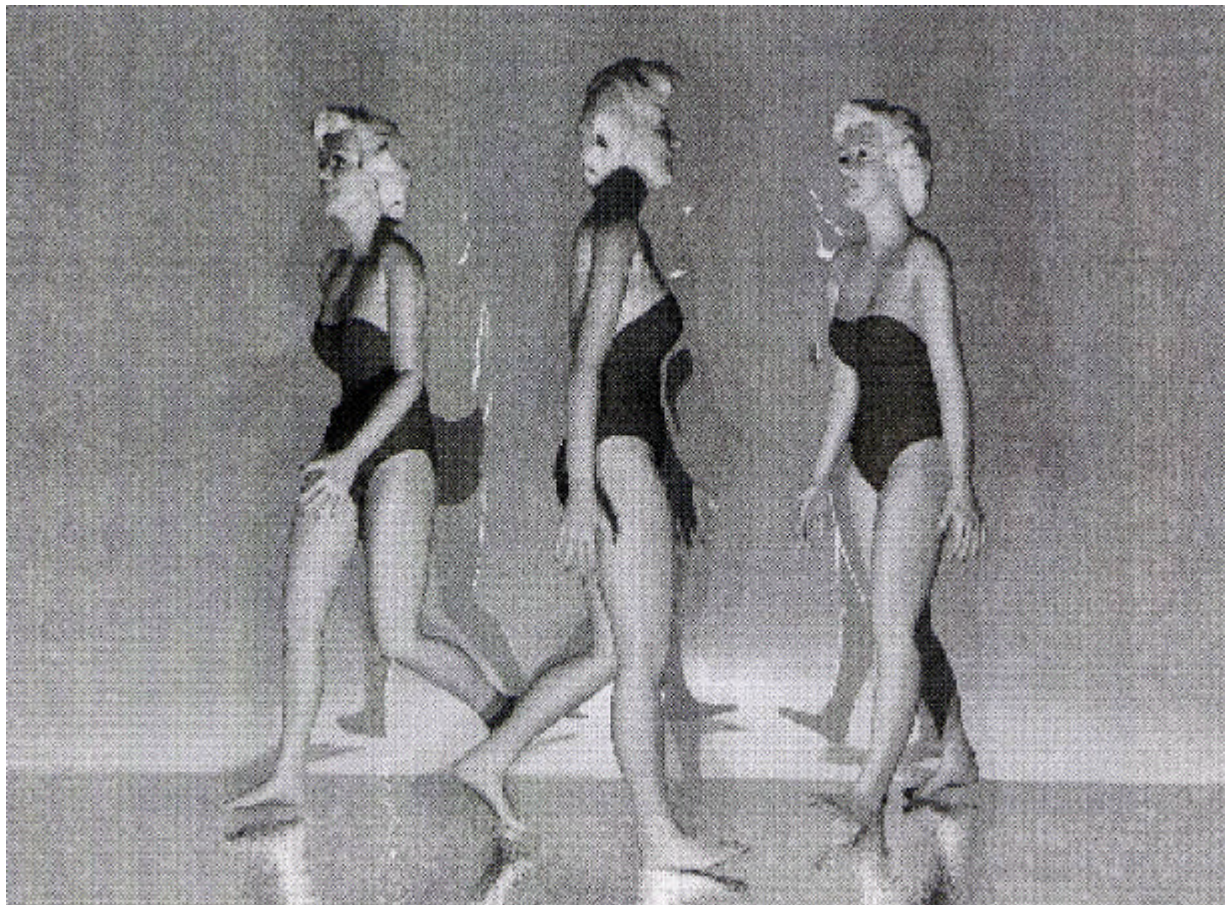


Tiré de Rick Parent, *Animatique Algorithmes et techniques*. Vuibert, 2003, section 6.2.

Modèle biomécanique

Tiré de Boulic R., Magnenat-Thalmann N. & Thalmann D. (1990) Human Free-Walking Model for a Real-Time Interactive Design of Gaits. Proc. Computer Animation '90, Springer-Verlag, Tokyo.

Modèle destiné à produire à chaque instant les valeurs des paramètres spatiaux, temporels et articulaires de la marche libre pour un sujet répondant à des proportions moyennes.



Caractéristiques :

H_t : longueur entre l'axe de flexion de la cuisse et la semelle du pied
(sa valeur moyenne est 53% de la hauteur totale de l'humain).

Soient V_m : vitesse moyenne du système
de coordonnées du corps,

V_r : vitesse relative théorique,

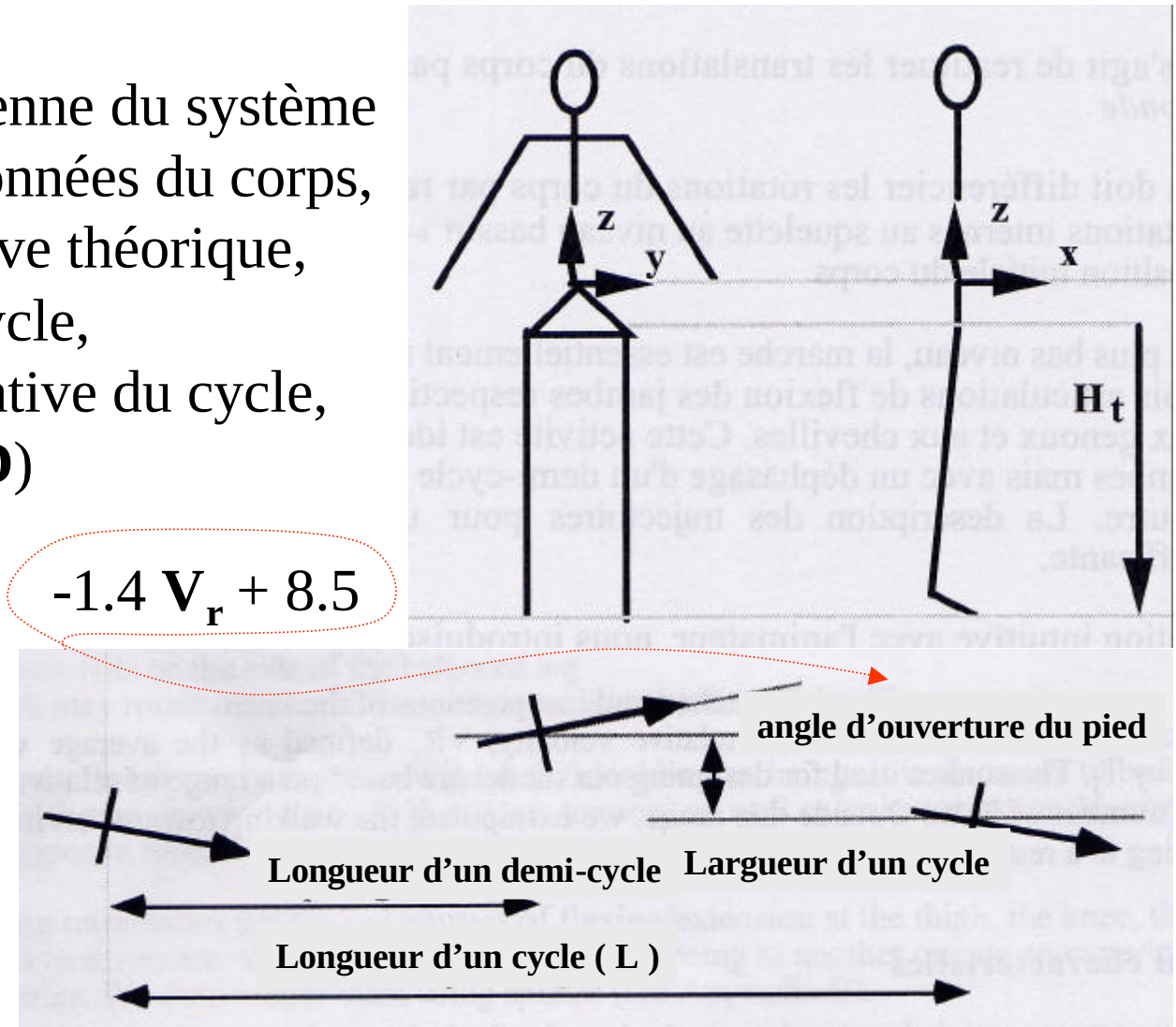
D : durée d'un cycle,

L_r : longueur relative du cycle,
($= V_r * D$)

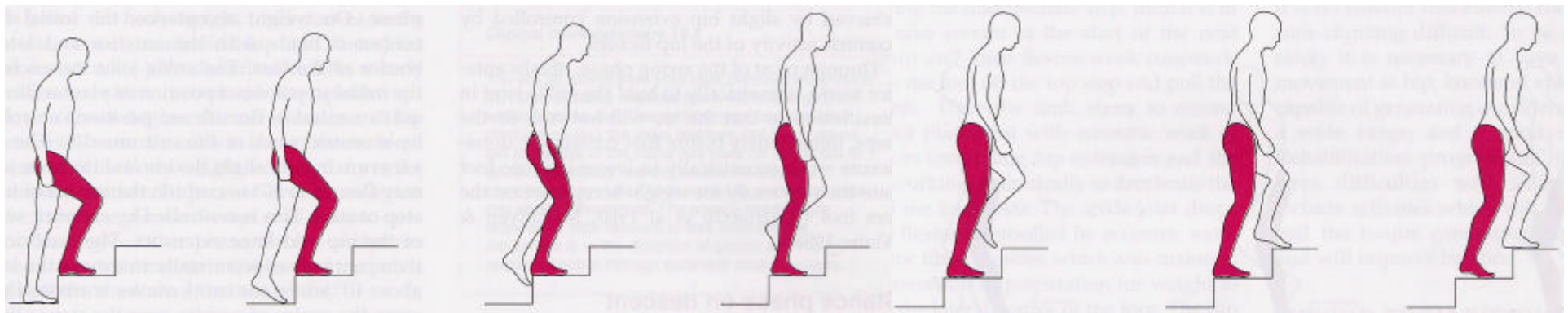
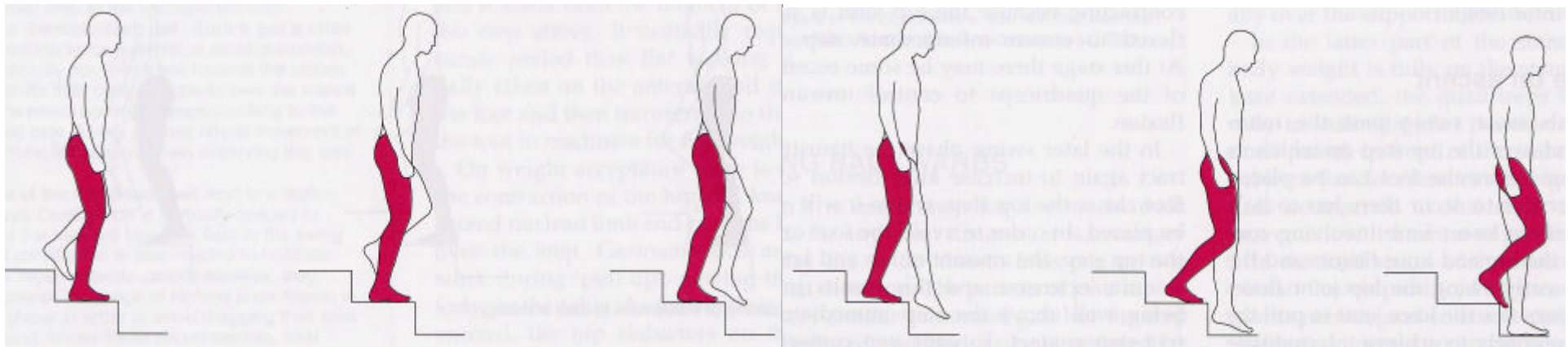
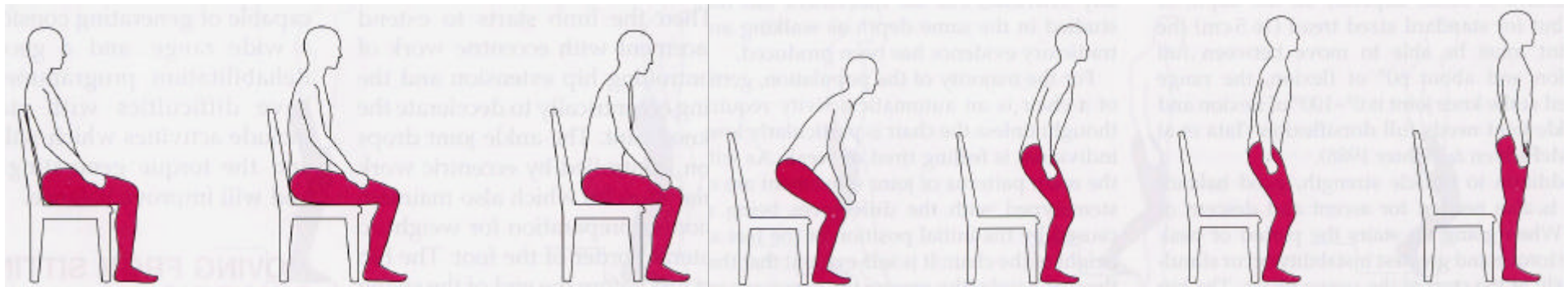
$$V_r = V_m / H_t,$$

$$L_r = 1.346 \sqrt{V_r},$$

etc.



Extension de la marche ...





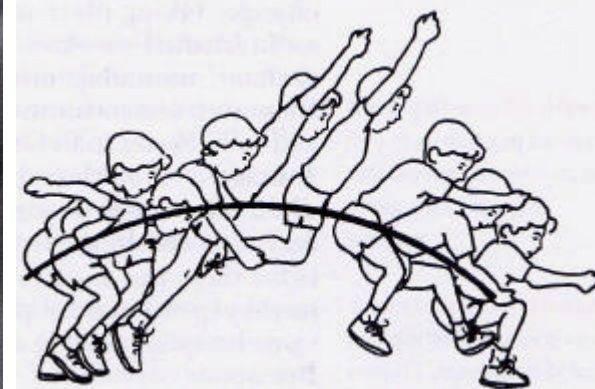
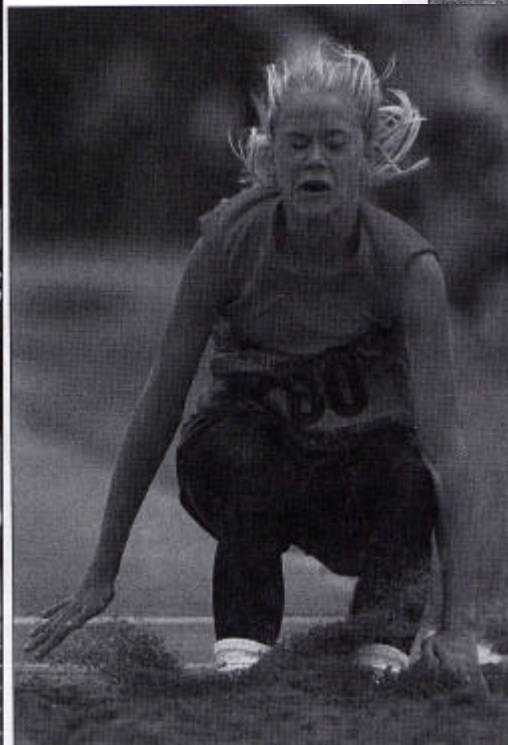
a



b



d



- gymnaste
- patineuse artistique
- nageuse • etc.

Conclusion

- ✚ Il existe des approches procédurales de la marche dans les logiciels 3D mais aucun d'eux ne permet de résoudre totalement le problème de la locomotion.
- ✚ De nombreux problèmes restent à résoudre.

Exemple :

- la marche sur un terrain inégal,
- le contournement d'obstacles complexes,
- la danse,
- la génération d'empreintes de pas d'animaux et reconstruction du mouvement des animaux,
- etc.