

## **ANALYSE CINEMATOGRAPHIQUE DU MOUVEMENT HUMAIN**

### **1. INTRODUCTION**

### **2. LES OUTILS DE MESURE UTILISES POUR L'ANALYSE CINEMATOGRAPHIQUE DU MOUVEMENT HUMAIN**

- 2.1. La vision humaine
- 2.2. Le caméscope
- 2.3. Les systèmes spécifiques

### **3. LA MODELISATION DU CORPS HUMAIN**

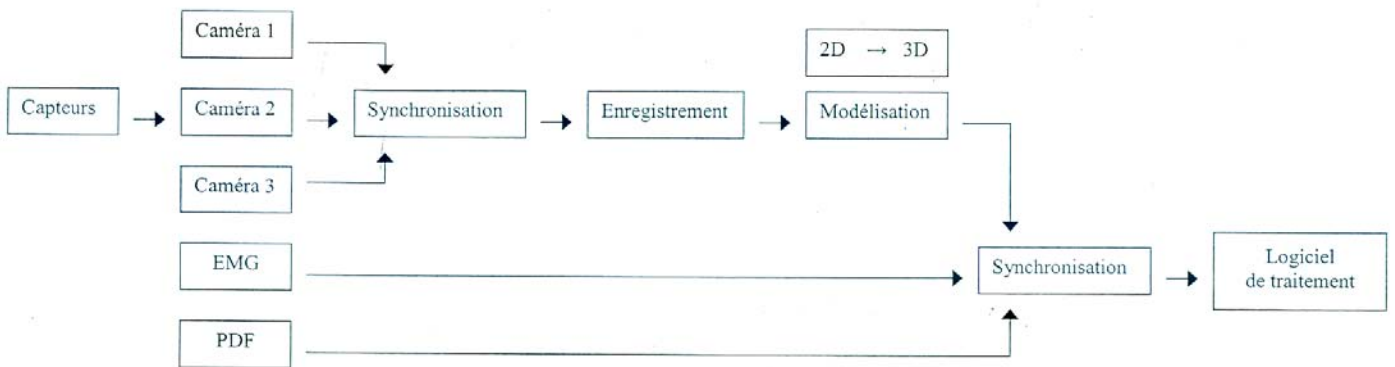
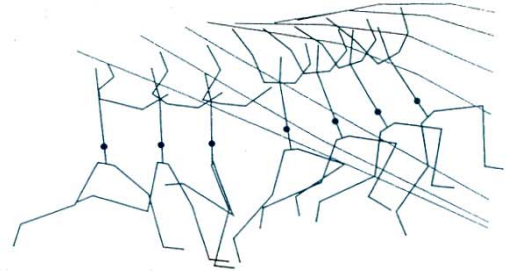
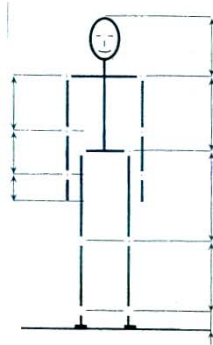
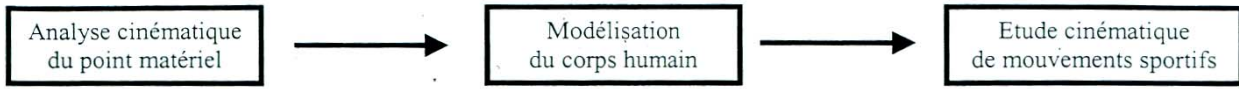
- 3.1. Introduction
- 3.2. Les repères anatomiques
- 3.3. Calcul de la masse de chaque segment
- 3.4. Calcul de la position du centre de gravité de chaque segment
- 3.5. Calcul de la position du CG du corps
- 3.6. Calcul du rayon de giration d'un segment
- 3.7. Calcul de l'énergie cinétique du corps

### **4. EXEMPLE D'ANALYSE CINEMATOGRAPHIQUES REALISEES A PARTIR DE CAMESCOPES**

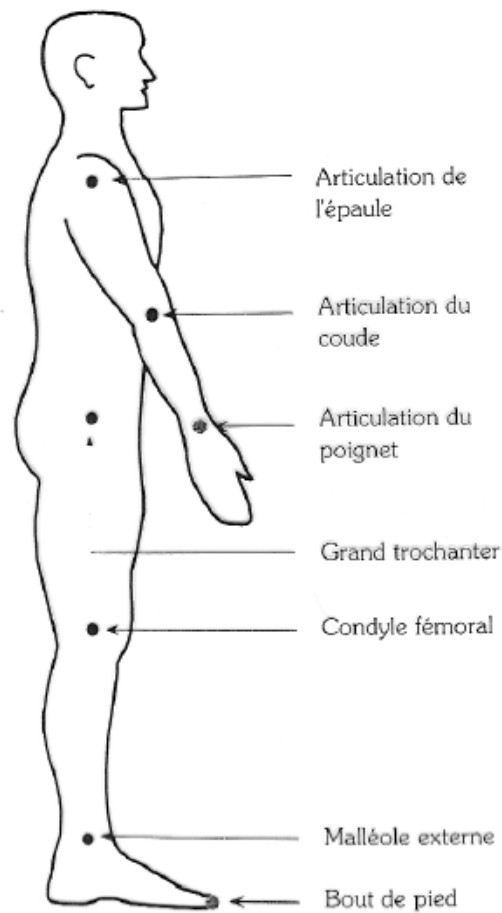
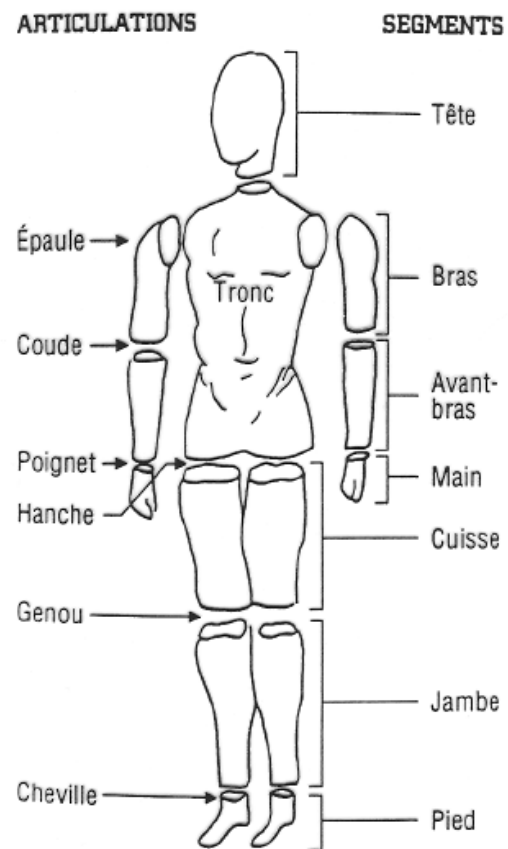
- 4.1. Etude du mouvement de pédalage sur ergocycle
- 4.2. Etude d'un saut en longueur

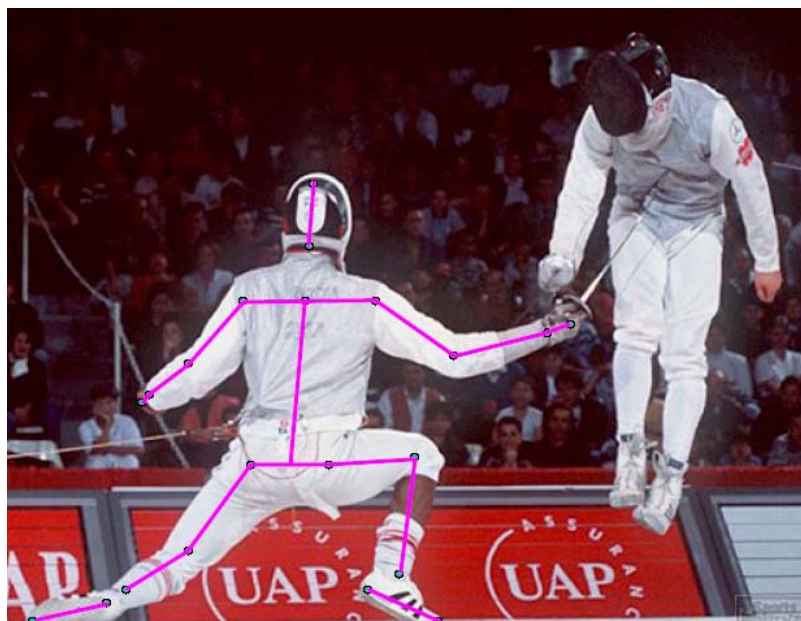
### **5. ANALYSE CINEMATOGRAPHIQUE : EXEMPLE DE LA COURSE A PIED**

- 5.1. Caractéristiques de la course
- 5.2. Le temps de contact du pied au sol
- 5.3. La foulée
- 5.4. Le pas



Le modèle de Winter





Les repères anatomiques :

<b>Main</b>	<b>Bout des doigts</b>	<b>Axe de l'articulation du poignet</b>
Avant-bras	Axe de l'articulation du poignet	Axe de l'articulation du coude
Bras	Axe de l'articulation du coude	Axe de l'articulation de l'épaule
Pied	Bout du pied	Malléole latérale
Jambe	Malléole latérale	Condyle fémoral
Cuisse	Condyle fémoral	Grand trochanter
Tronc	Grand trochanter	Axe des épaules
Cou et Tête	Axe des épaules	Dessus de la tête

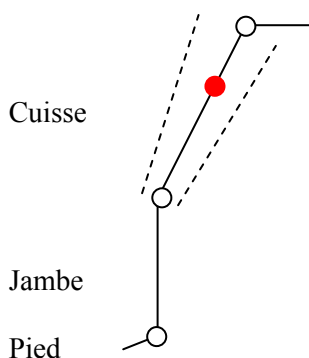
Calcul de la masse et de la position du centre de gravité d'un segment :

<b>Membre</b>	<b>Segment</b>	<b>Masse seg./ masse corp.</b>	<b>Distance du CM/longueur du segment</b>	
			<b>Proximale</b>	<b>Distale</b>
Main	Poignet/2 <sup>e</sup> articulation du majeur	0,006	0,506	0,494
Avant-bras	Coude/poignet	0,016	0,430	0,570
Bras	Épaule/coude	0,028	0,436	0,564
Membre supérieur	Épaule/poignet	0,050	0,530	0,470
Pied	Malléole lat./MTP II	0,0145	0,500	0,500
Jambe	Genou/malléole méd.	0,0465	0,433	0,567
Cuisse	Hanche/genou	0,100	0,433	0,567
Membre inférieur	Hanche/malléole méd.	0,161	0,447	0,553

$$m_i = m \times (\% \text{ masse seg./masse corp.})$$

$m_i$  : masse du segment i

$m$  : masse corporelle du sujet



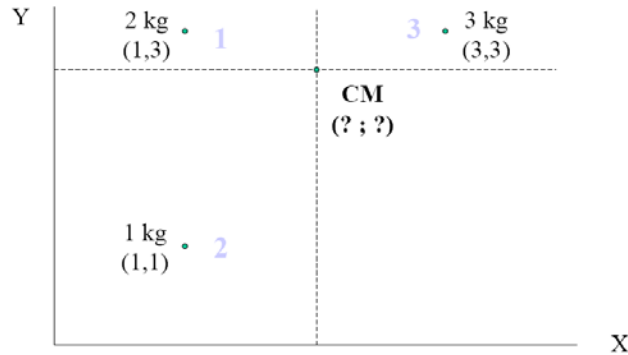
Si longueur de la cuisse = L

La distance bassin – CG = 0,433 \* L

La distance genou – CG = 0,567 \* L

$$\begin{aligned} X_{CGi} &= X_{prox\ i} + (\text{coef proximal } i) \times (X_{dist\ i} - X_{prox\ i}) \\ Y_{CGi} &= Y_{prox\ i} + (\text{coef proximal } i) \times (Y_{dist\ i} - Y_{prox\ i}) \\ X_{CGi} &= Z_{prox\ i} + (\text{coef proximal } i) \times (Z_{dist\ i} - Z_{prox\ i}) \end{aligned}$$

Calcul de la position de du CG du corps : calcul du barycentre des 14 segments de masse M.



Quelle est la position du centre de masse (ou de gravité) ?

$$M * X_{cm} = X_1m_1 + X_2m_2 + X_3m_3 \dots + X_nm_n$$

$$\begin{aligned} X_{cm} &= (1*1 + 1*2 + 3*3) / 6 \\ &= 12/6 \\ &= 2 \end{aligned}$$

$$M * Y_{cm} = Y_1m_1 + Y_2m_2 + Y_3m_3 \dots + Y_nm_n$$

$$\begin{aligned} Y_{cm} &= (1*1 + 3*2 + 3*3) / 6 \\ &= 16/6 \\ &= 2,66 \end{aligned}$$

Donc CG (2 ; 2,66)

Pour le calcul de la position du centre de gravité du corps c'est le même principe mais avec 14 points (14 segments caractérisés par la position de leur centre de gravité et de leur masse :

$$X_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i x_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad Y_{cm} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i y_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

Ou  $m_i$ ,  $x_i$  et  $y_i$  sont respectivement la masse, l'abscisse et l'ordonnée du CG du segment  $i$

Calcul du rayon de giration d'un segment :

Segments	Masse segmentaire/ masse corporelle	Rayon de giration/longueur du segment		
		Centre de masse	Proximal	Distal
Main	0,006	0,297	0,587	0,577
Avant-bras	0,016	0,303	0,526	0,647
Bras	0,028	0,322	0,542	0,645
Membre supérieur	0,050	0,368	0,645	0,596
Pied	0,0145	0,475	0,690	0,690
Jambe	0,0465	0,302	0,528	0,643
Cuisse	0,100	0,323	0,540	0,653
Membre inférieur	0,161	0,326	0,560	0,650

$$k_i = L_i * \text{coef giration}_i.$$

avec  $k_i$  et  $L_i$  : rayon de giration et longueur du segment  $i$ .

Calcul de l'énergie cinétique du corps humain :

$$E_{\text{Corps}} = 1/2 M V_{G/R}^2 + \underbrace{\sum_{i=1}^{14} m_i V_{G_i/R}^2 + \sum_{i=1}^{14} I_i \omega_{i/R_i}^2}_{E_c \text{ de gesticulation}}$$

Avec :

$E_{\text{Corps}}$  : énergie cinétique totale du corps en mouvement

$M$  : masse du sujet

$V_{G/R}$  : vitesse du centre de gravité dans l'espace (ou la pièce)

$m_i$  : masse du segment  $i$

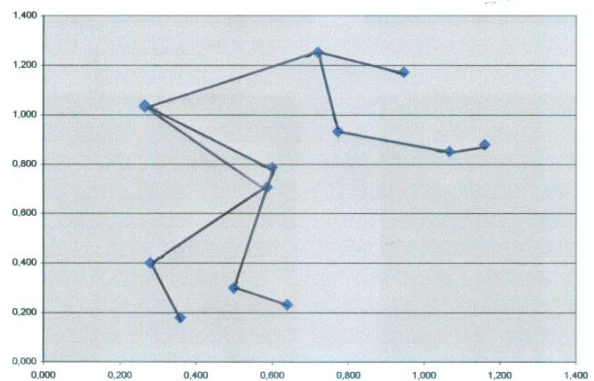
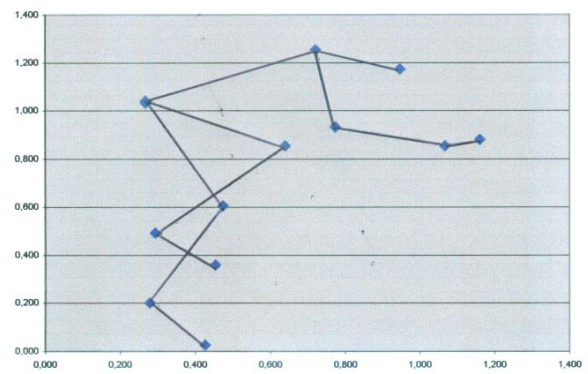
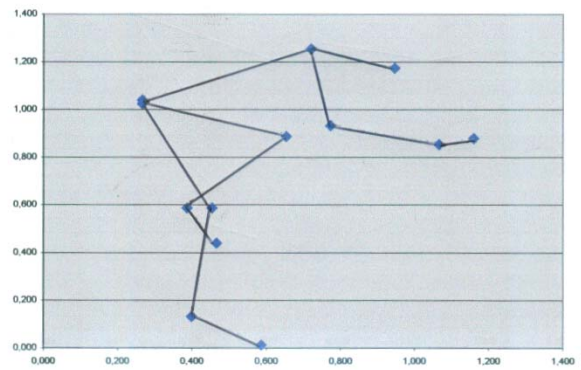
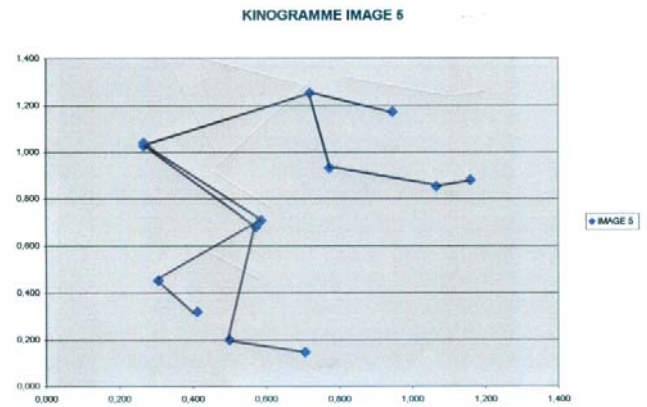
$V_{G_i/R}$  : Vitesse du centre de gravité du segment  $i$  par rapport au centre de gravité du corps

$I_i$  = moment d'inertie du segment  $i$ , lié à la rotation autour de son centre de gravité

$\omega_{i/R_i}$  : vitesse angulaire du segment  $i$  (rotation autour de son centre de gravité)

Exemples d'analyse de mouvement sportifs réalisé à l'aide de camescopes :

1. Analyse cinématographique d'un mouvement de pédalage



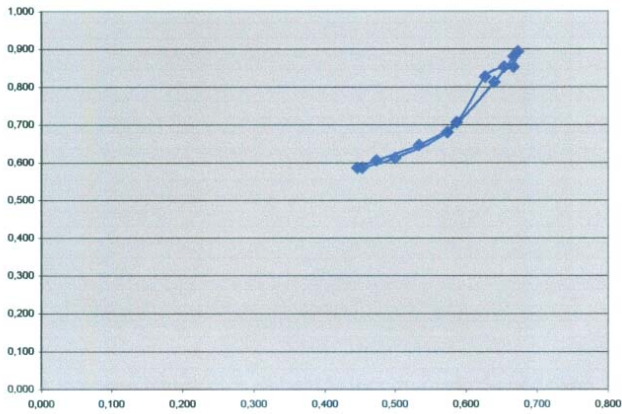


Calculs associés :

Trajectoire de différentes articulation :

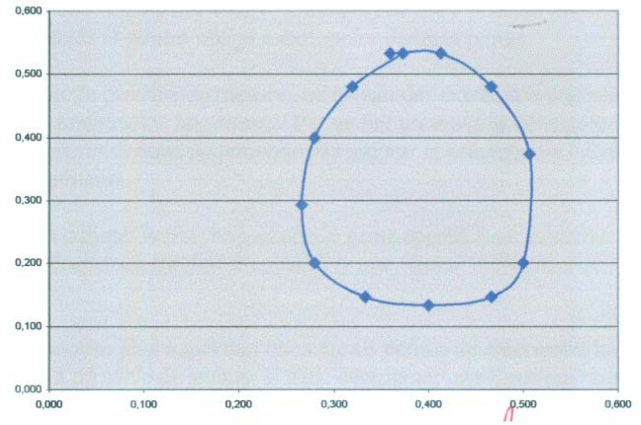
**1. Trajectoire de l'articulation du genou :**

Déplacement du genou droit au cours du pédalage

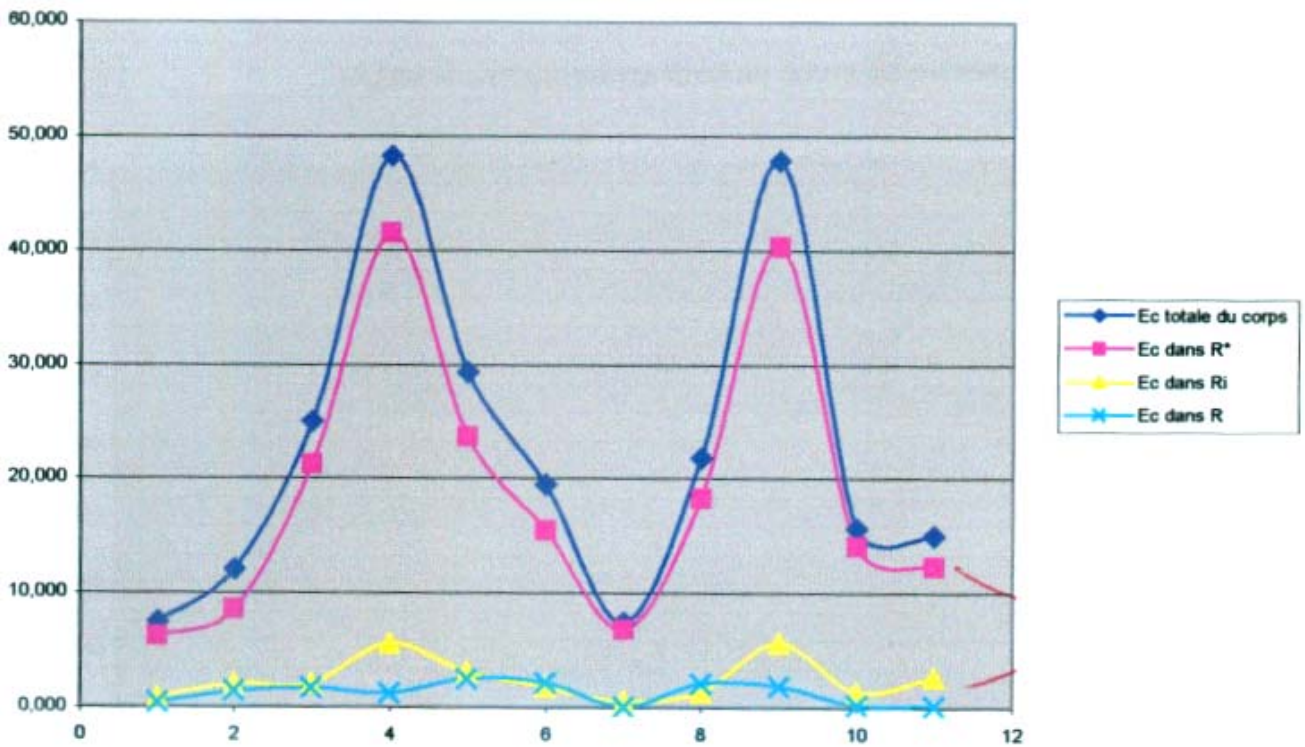


**2. Trajectoire de l'articulation de la cheville :**

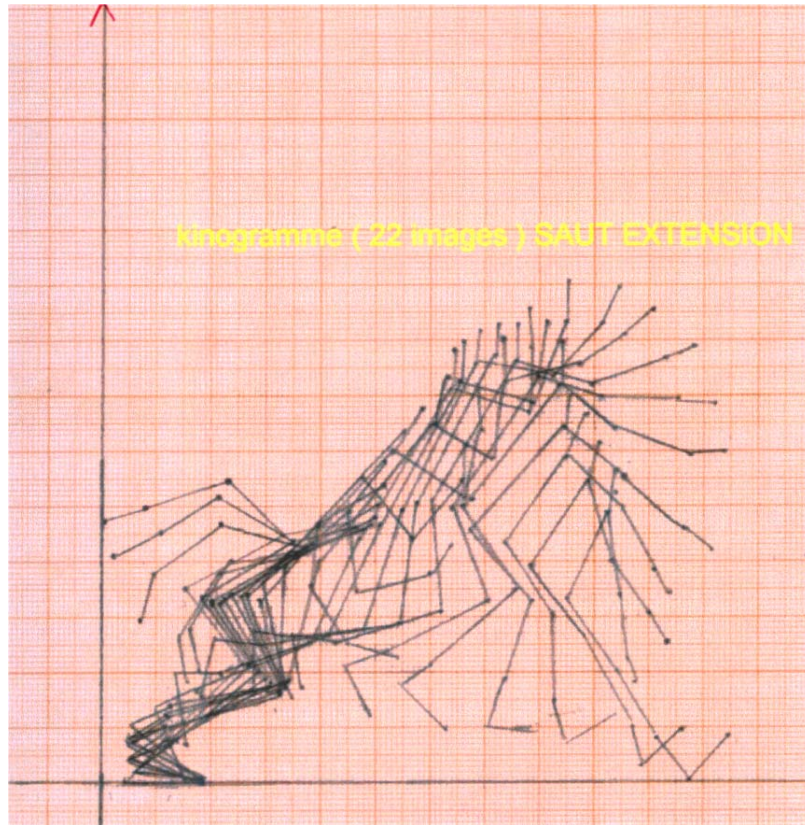
Déplacement de la cheville droite au cours du pédalage



**Evolution des différentes Ec du corps au cours du pédalage**



### 1. Analyse cinématographique d'un saut en longueur



évolution du centre de gravité

