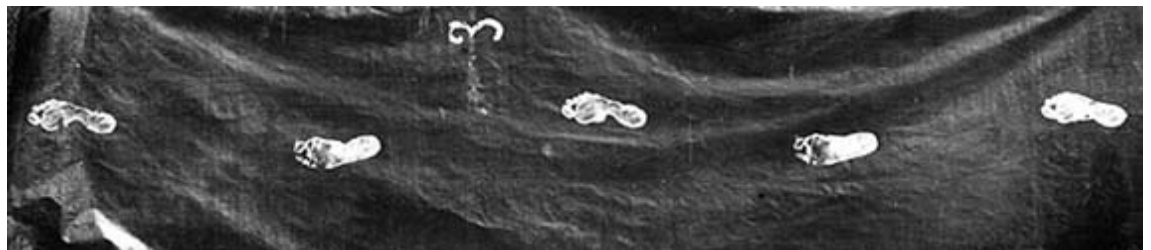
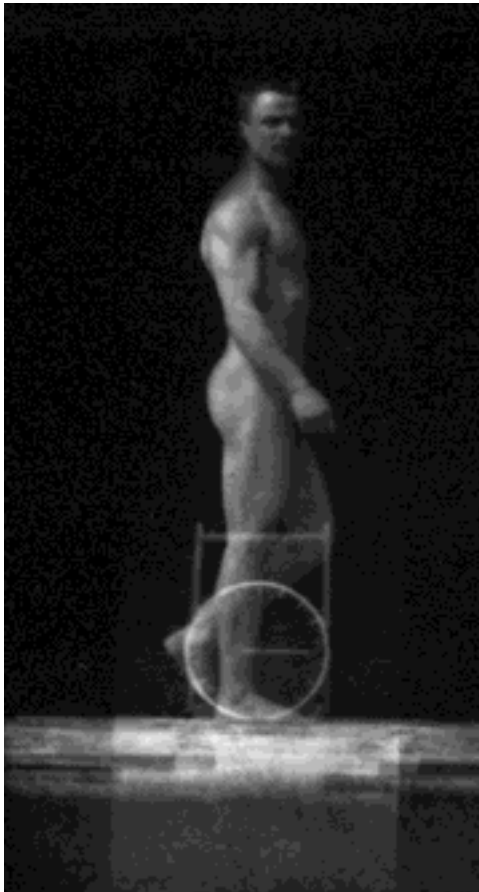


La marche normale ?



La marche anormale = pathologique ?

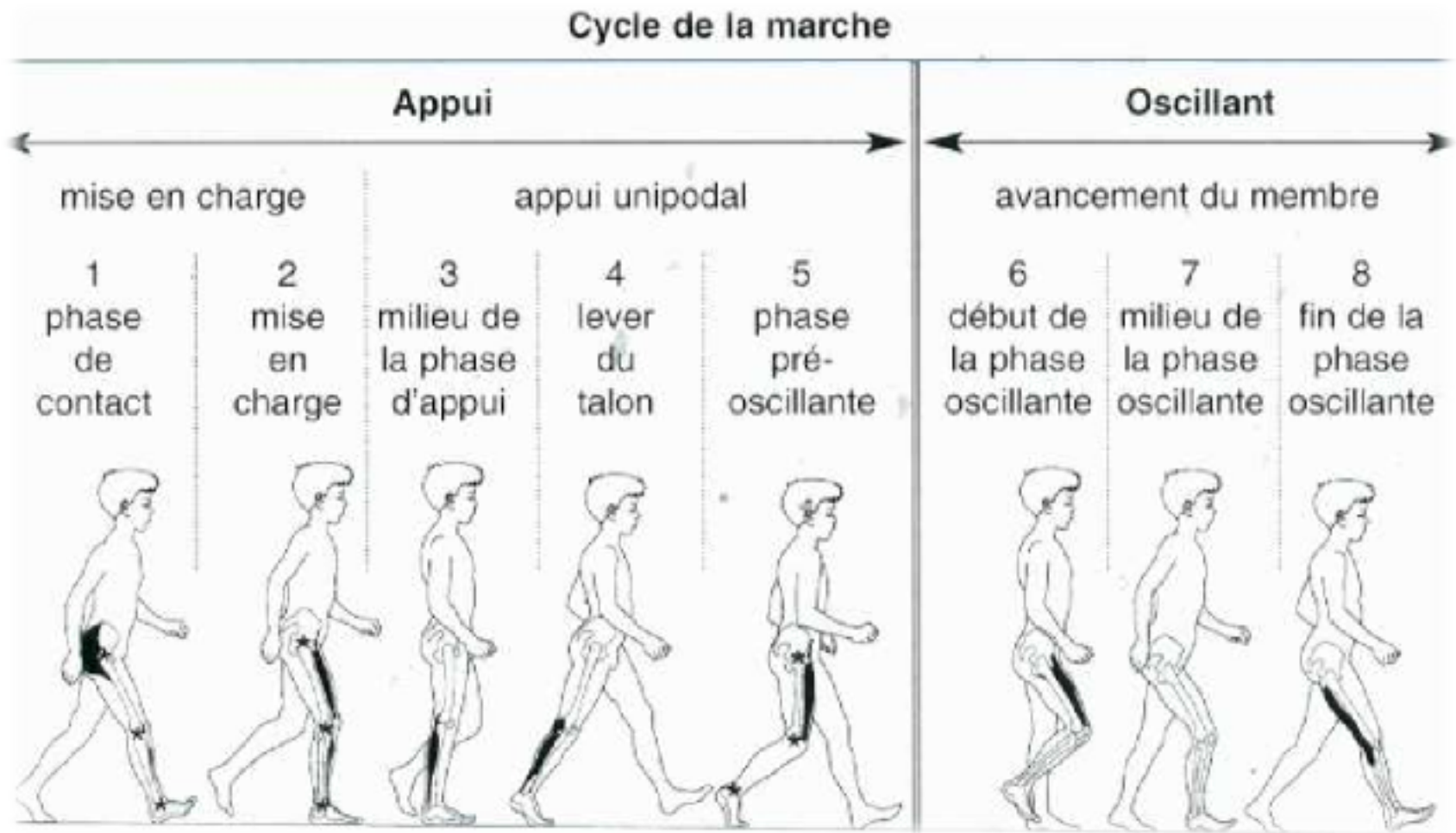


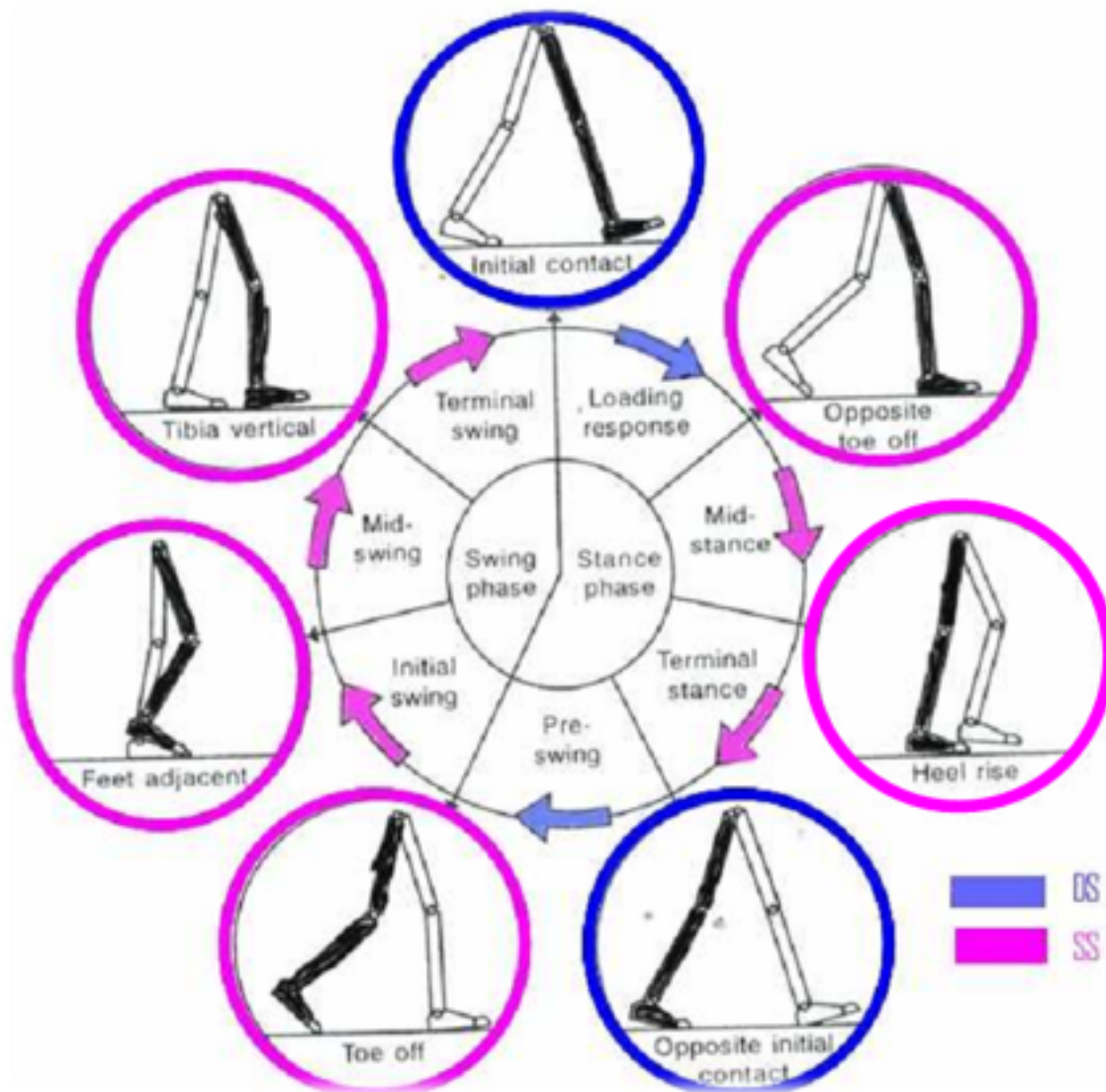
Les paramètres spatio-temporels

D.I.U. Analyse du mouvement

2017

Cycle de marche





Paramètres

SPATIO...

Longueur de pas

- est mesurée sur l'axe horizontal de la piste de marche du talon du pas considéré au talon du pas précédent sur l'autre pied.
- La longueur de pas peut être une valeur négative si le patient ne parvient pas à amener le point d'atterrissage du talon du pied en avant du point talon du pied fixe.

Longueur d'enjambée

- est mesurée sur la ligne de progression entre les contacts de deux pas consécutifs du même pied (gauche à gauche, droite à droite).

Pieds dedans / dehors

- est l'angle entre la ligne de progression et la ligne reliant le talon à la pointe avant de l'appui.
- Cet angle est positif pour « toe out » et négatif pour « toe in »

Base de support

- est la distance perpendiculaire du talon d'un appui à la ligne de progression du pied opposée.

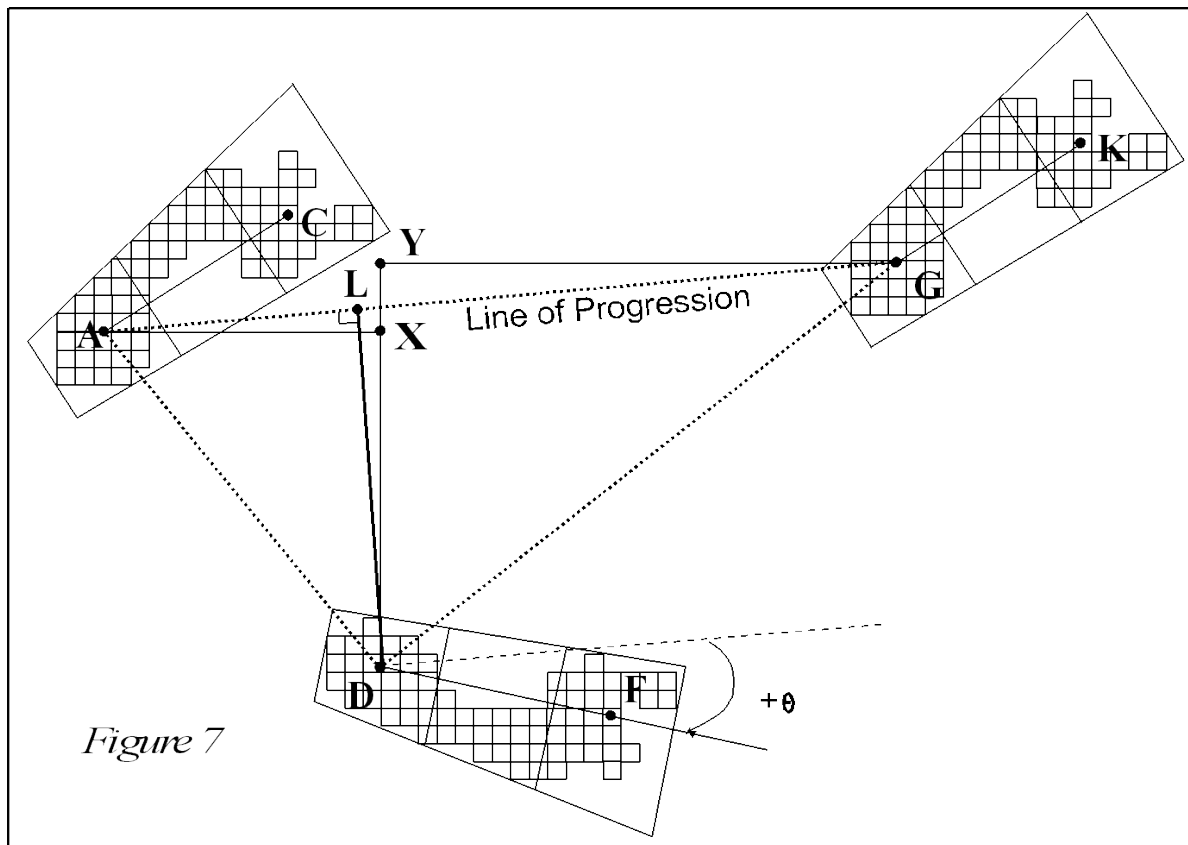


Figure 7

4.3.1 Heel Center

Points (A), (D) and (G) are the **heel centers** of each footprint.

4.3.2 Line of Progression

It is defined as the line connecting the heel centers of two consecutive footfalls of the same foot. Illustrated in Figure 7, the line of progression is formed by connecting point (A) to point (G).

4.3.3 Stride Length

It is measured on the line of progression between the heel points of two consecutive footprints of the same foot (left to left, right to right). In Figure 7, (AG) is the stride length of the left foot. The unit of measure is centimeters.

4.3.4 Step Length

It is measured along the length of the walkway, from the heel center of the current footprint to the heel center of the previous footprint on the opposite foot. In Figure 7, the length of line (AX) is the **step length** of the right foot, while the length of line (YG) is the **step length** of the second left foot. The step length can be a negative value if the subject fails to bring the landing foot heel point forward of the stationary foot heel point. The unit of measure is centimeters.

It is the vertical distance from heel center of one footprint to the line of progression formed by two footprints of the opposite foot. In Figure 7, the height of the triangle (ADG) is (DL) which is the base width of the right foot. The unit of measure is centimeters.

It is the angle between the line of progression and the midline of the footprint. In Figure 7, theta is the angle between the mid-line of the right footprint and the line of progression. Angle theta is zero if the geometric midline of the footprint is parallel to the line of progression; positive, toe-out, when the mid-line of the footprint is outside the line of progression and negative, toe-in, when inside the line of progression. The unit of measure is degrees.

It is measured on the horizontal axis from the heel center of the first footprint to the heel center of the last footprint. The unit of measure is centimeters.

It is measured in centimeters from the greater trochanter to the floor, bisecting the lateral Malleolus. Each leg should be measured separately. The unit of measure is centimeters.

It is defined as the Step Length divided by the Leg Length of the same leg. The result is an absolute number.

It is measured from the midline midpoint of the current footprint to the midline midpoint of the previous footprint on the opposite foot. In Figure 8, distance (XY) is the right step width, while distance (YZ) is the left step width. The unit of measure is centimeters.

It is the vertical distance from midline midpoint of one footprint to the line formed by midline midpoints of two footprints of the opposite foot. In Figure 8, the height of the triangle (XYZ) is (YP) which is the stride width of the right foot. The unit of measure is centimeters.



Paramètres

...TEMPORELS

Phase d'appui

- est le temps écoulé entre le premier contact et le dernier contact consécutif sur le même pied.
- Il est également présenté comme un pourcentage du cycle de marche du même pied (60 %).

Phase d'appui

- Simple appui + double appui

Le simple appui

- Le simple appui du pied gauche est le temps écoulé entre le dernier contact de l'appui droit et du prochain contact pied droit.
- Il est également présenté comme un pourcentage du cycle de marche du même pied (40 %).

Double appui

- est le temps écoulé entre le premier contact de l'appui considéré et le dernier contact de l'appui précédent, ajouté au temps écoulé entre le dernier contact de l'appui considéré et le premier contact de l'appui suivant.
- Il est également présenté en pourcentage du cycle de marche (20 % soit $2 \times 10\%$)

Phase oscillante

- Le simple appui du pied gauche est le temps écoulé entre le dernier contact de l'appui gauche et du prochain contact du pied gauche.
- Il est également présenté comme un pourcentage du cycle de marche du même pied (40 %).
- = au simple appui opposé

Durée du pas

- Temps écoulé depuis le premier contact d'un pied au premier contact du pied opposé.

Vitesse

- La vitesse est obtenue après divisant la distance par le temps de déambulation.
- $\text{Longueur du cycle (m)} \times \text{cadence (pas/min)} / 120$

Vitesse normalisée

- La vitesse moyenne normalisée est obtenu après avoir divisé la vitesse par la longueur des jambes moyenne et elle est exprimée en longueur de la jambe par seconde (L / sec).
- La longueur des jambes moyenne est calculée : $(\text{longueur de la jambe gauche} + \text{longueur de la jambe droite}) / 2$.

Cadence

- Nombre de pas par minute
- Soit de l'ensemble G/D
- Soit d'un côté uniquement

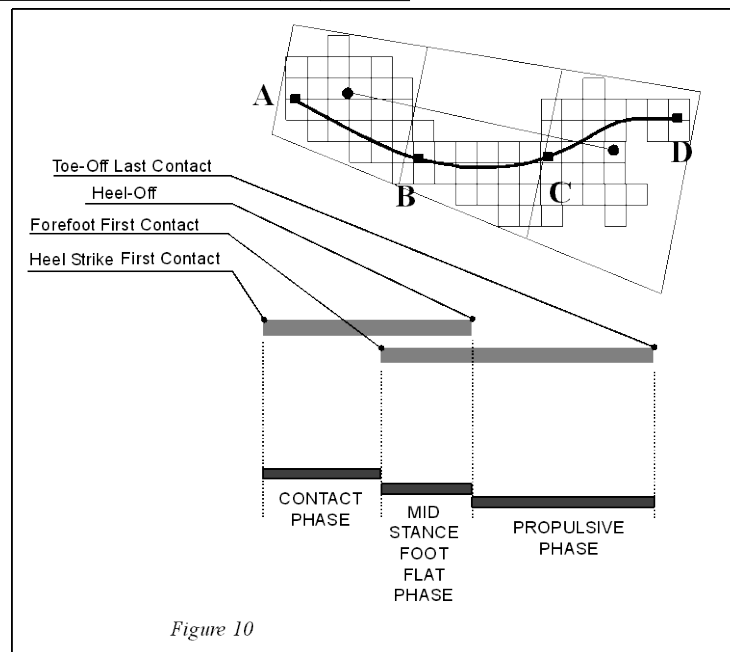
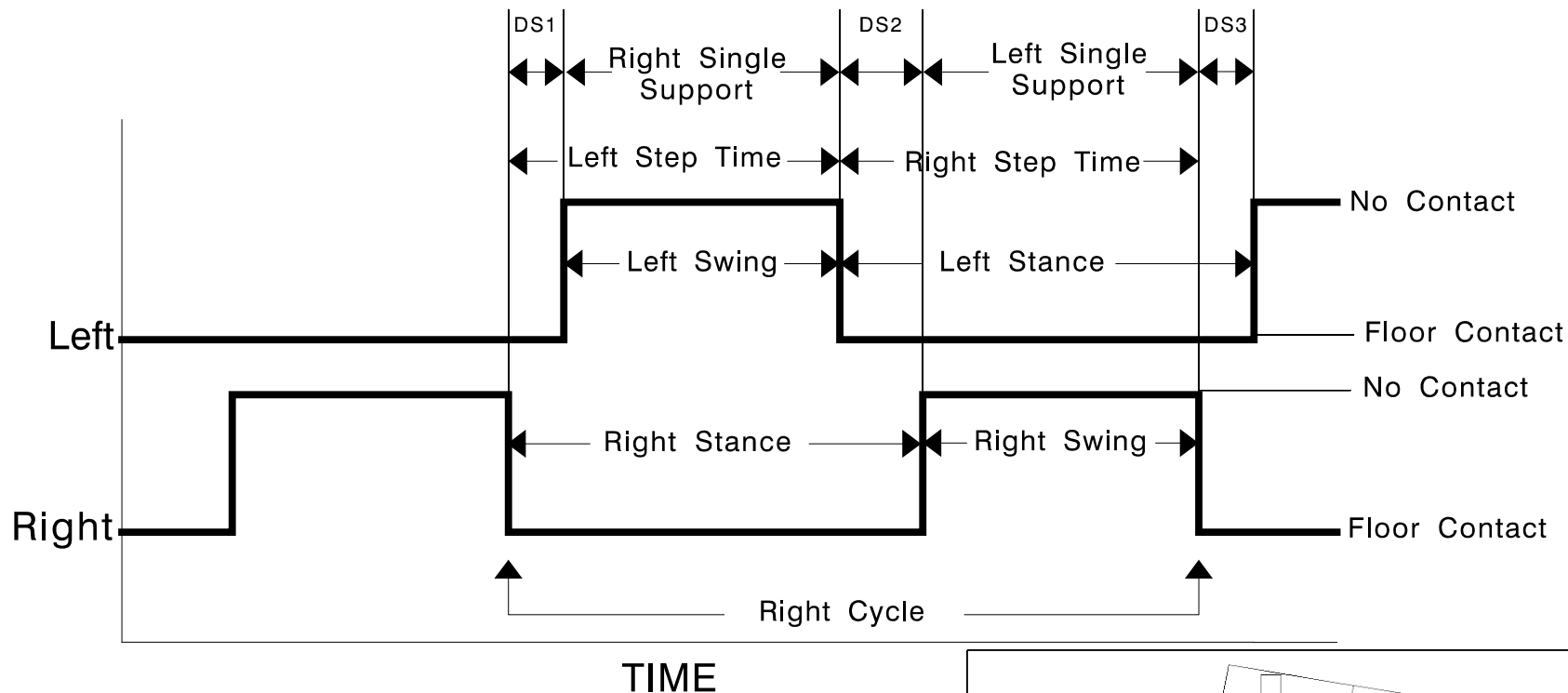
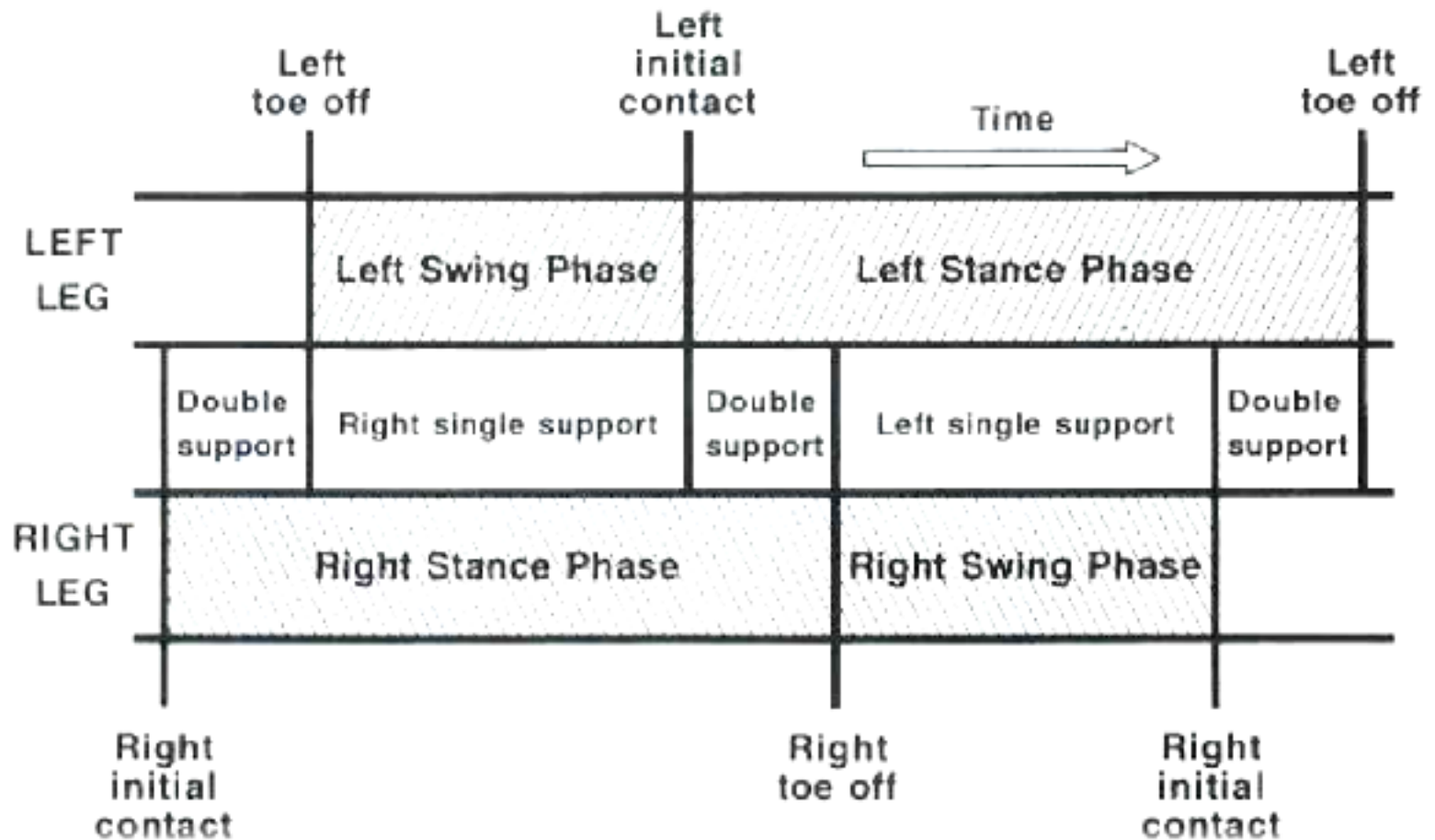


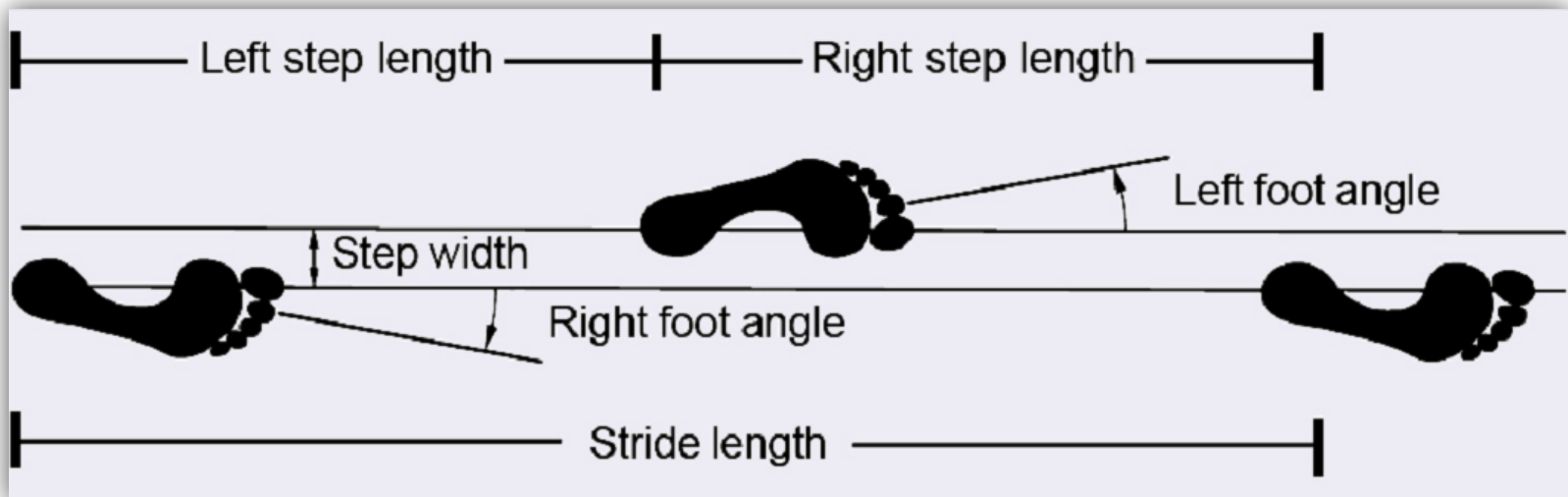
Figure 10

phase d'appui $60.0 \pm 1.94 \%$ Double appui $19.9 \pm 2.68 \%$
 phase oscillante (simple appui) $40.1 \pm 2.03 \%$



Mesurer autrement

- Step Length : Distance du pas mesurée entre les attaques des pieds droit et gauche (0.7 m)
- Stride Length : distance parcourue lors d'un cycle de marche (1.4 m)
(de l'attaque du pied à l'attaque du même pied)
- Cadence : nombre de pas par min. (117 + 13.1 steps/min)
- Vitesse : $\text{Stride Length (m)} \times \text{cadence (steps/min)} / 120$ (1.35 + 0.21 m/s)



Valeurs normales des PST adultes

-Pas (m) :

Adulte : 1.59 m

Enfant (6 à 7 ans) : 1.11 m

-Vitesse (m/s)

Très lente : 0,40 m/s

Modérée : 1,00 m/s

Rapide : 1,90 m/s

-Durée de simple et double appui (s) ou % cycle de marche

Simple appui : 40 % du cycle

Double appui : 2 x 10 % du cycle

Phase oscillante : 40 % du cycle

La cadence

Promenade du dimanche 60 à 66 pas/mn

Se diriger sans se hâter 80 à 100 pas/mn

Se rendre à son travail 120 pas/mn

En moyenne 90 à 110 pas/mn

Cadence féminine (117 pas/mn) > cadence masculine

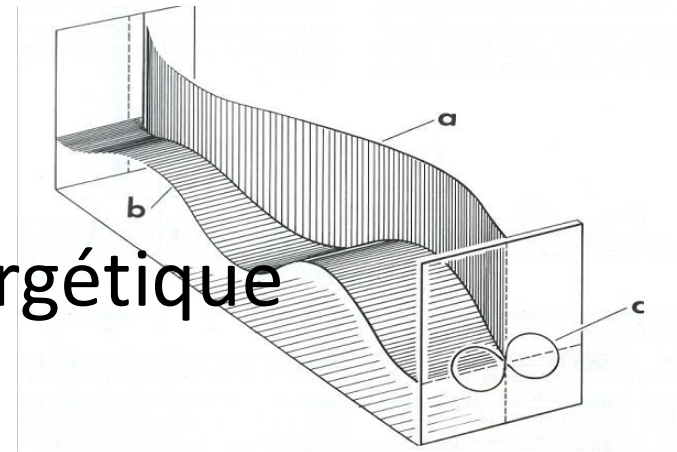
Cadence enfant : diminue avec l'âge

FONCTIONNALITÉ DE LA MARCHE

Les déterminants de la marche

Saunders et al. 1953

- Translation du centre de masse (CM) du corps
- Minimisation du débattement du CM
 - Latéralement (a)
 - Verticalement (b)
- Réduction de la dépense énergétique



Les déterminants de la marche

Gage, 1991

- stabilité de l'appui,
- aisance du passage du pas,
- Positionnement correct du pied à la fin de l'oscillation
- Longueur adéquate du pas
- efficience.

LES OUTILS DE MESURE

Piste de marche électronique

- Système GaitRite,
- Tapis de marche électronique comprenant plusieurs milliers de capteurs de pression



Algorithms

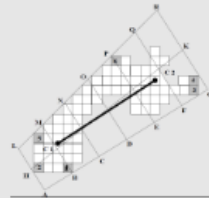
FOOTPRINT DETERMINATION

Way to identify footprints is one of the most important facts because it has a direct influence on all spatial parameters

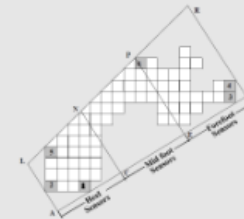


GAITRite™ first computes a trapezoid that bounds all the activated sensors belonging to the footfall. The trapezoid is then divided into three sections: heel, mid-foot and fore-foot.

All of GAITRite™'s spatial measurements are computed using either the heel center C1 coordinate or the midline's midpoint coordinate.



The center of the heel section is computed (C1) and the center of the fore foot section is computed (C2). GAITRite™ uses the line connecting C1 to C2 to approximate the midline of the foot.

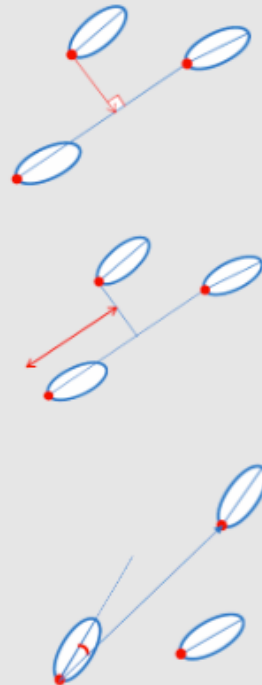
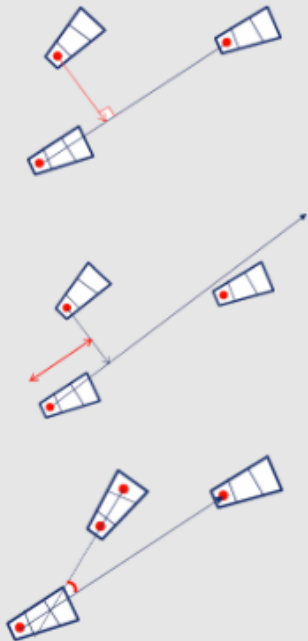


Minimum volume bounding ellipse:

- Computes ellipse with the smallest area that wholly encloses all sensors of a footfall
- Ellipse's major axis used to determine foot placement angle
- Reliable over gait patterns with anomalies
- Ellipse theory considers the shape of entire footfall
- Incomplete and asymmetric footfalls will display less error than competitive techniques
- All PKMAS spatial measurements are computed using the ellipse's heel coordinate.



Calculations



Base width:

perpendicular distance from heel reference point to the line connecting the heel reference points of the opposite side stride

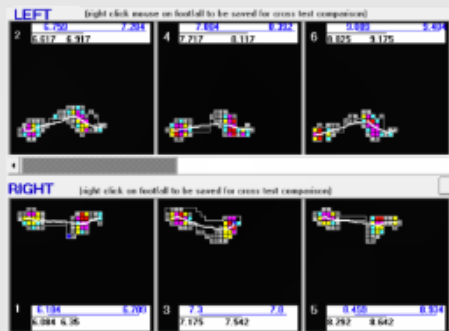
Step length:

PKMAS determines step length relative to the opposite stride, while GAITRite determines step length relative to the walkway. Thus PKMAS takes into account the instantaneous direction of progression while GAITRite does not.

Foot angle:

Defined as the angle between the line of progression and the midline of the foot.
In GAITRite, the midline is the line between the center of the heel section and the center of the forefoot section of the footfall trapezoid.
In PKMAS, it is the major axis through the ellipse bounding the footprint.

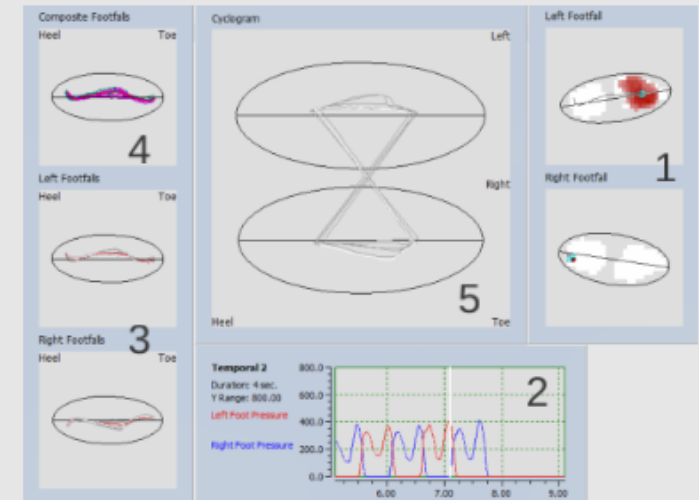
Pressure / CoP



GAITRite provides a color map of the foot based on 8 levels and pathway of the center of pressure

PKMAS provides:

- 1. color map based on 16 levels
- 2. temporal display for both feet, left foot or right foot pressure waveforms (as for the "other" sensors)
- 3. center of pressure for both feet or individual footfalls
- 4. composite footfall display to illustrate L/R symmetry
- 5. symmetry of propulsion (cyclogram)
- path efficiency measurements

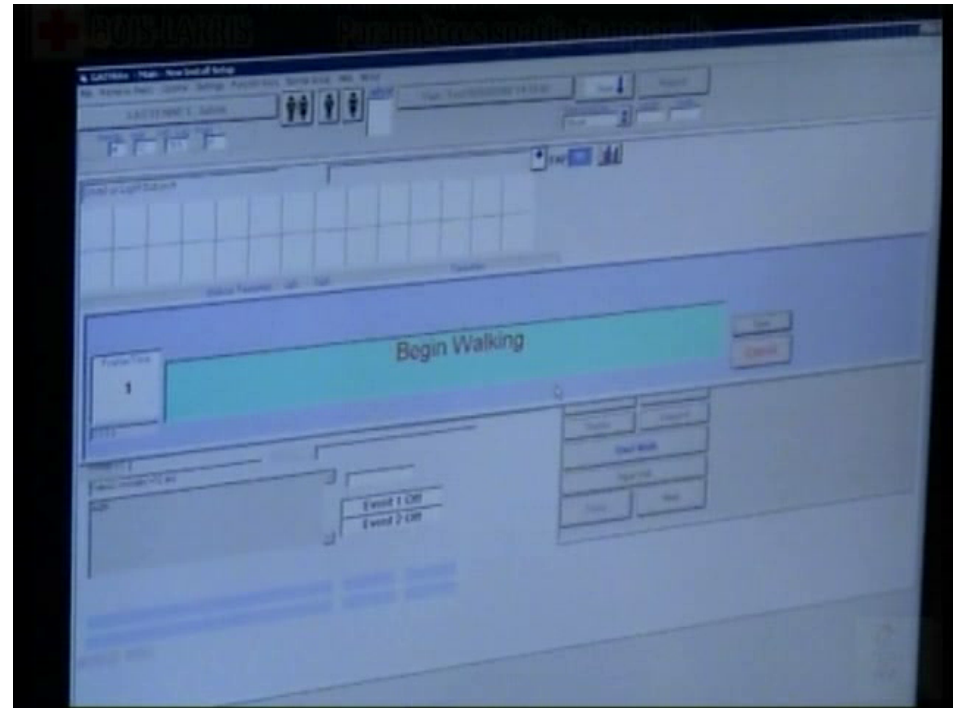


Exclusive Center of Mass estimated (in blue) algorithm based on velocity and direction of pressure sensor activation



Algorithm tested in varying conditions against state of the art motion capture systems at two major US research institutions

Piste de marche électronique



Piste de marche électronique

Paramètres

Distance (cm)	964.4
Temps d'ambulation(s)	15.48
Vitesse (cm/s)	62.3
Vitesse moyenne normalisée	.93

Profil de déambulation fonctionnelle (FAP): 76

Cadence (pas/mn)	81.4
Différentiel de temps pas (seg)	.29
Différentiel de longueur pas (cm)	9.95
Différentiel de temps cycle(s)	.00

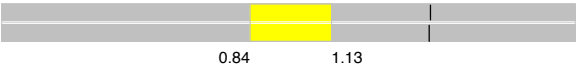
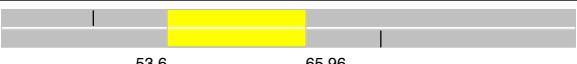
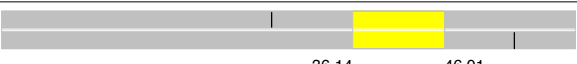
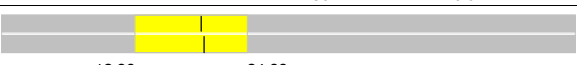
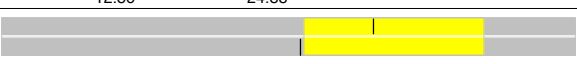
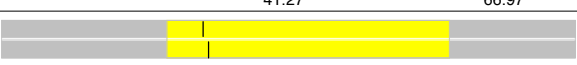
N° passages / n° contacts pied	G/D	Moyenne(%CV)	Valeurs normales 8-9 ans
Temps pas (s)	G	.874(5.0)	
	D	.587(7.0)	
Temps cycle(s)	G	1.461(4.0)	
	D	1.457(4.0)	
Temps phase oscillante (s) / %CM	G	.763(9.0) /52.2	
	D	.403(6.0) /27.7	
Appui (s) / %CM	G	.698(5.0) /47.8	
	D	1.053(6.0) /72.3	
Simple appui (s) / %CM	G	.403(6.0) /27.6	
	D	.763(9.0) /52.4	
Double appui(s) / %CM	G	.298(11.0) /20.4	
	D	.301(8.0) /20.7	
Longueur pas (cm)	G	50.663(6.0)	
	D	40.713(6.0)	
Longueur enjambée (cm)	G	90.915(6.0)	
	D	91.709(5.0)	
Base de support (cm)	G	9.41(14.0)	
	D	9.61(13.0)	
Pied en dedans/en dehors (deg)	G	5(.0)	
	D	6(.0)	

Plate-forme de force zebris

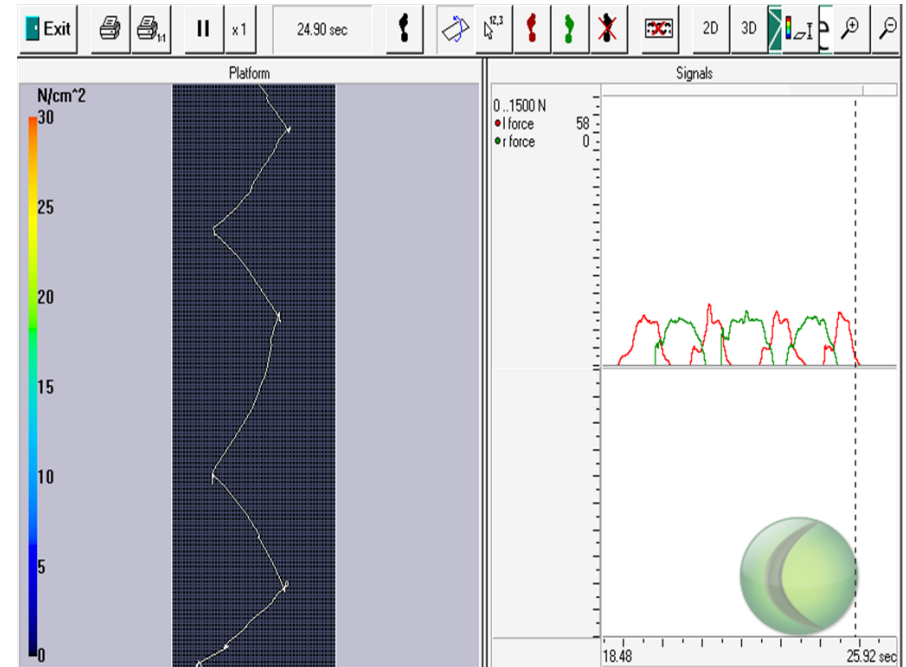
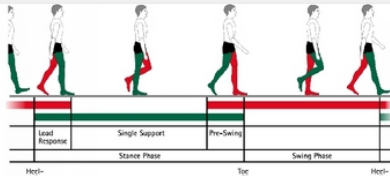
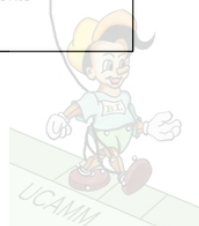


Plate-forme de force zebris

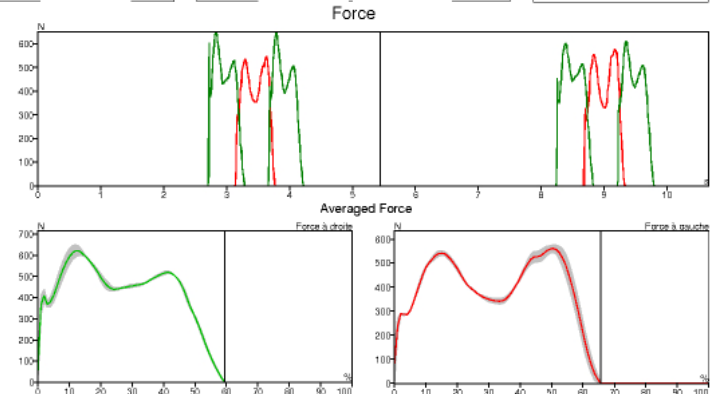
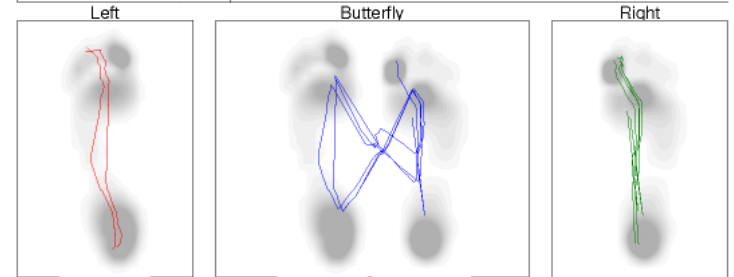


Parameters

Parameters			
Longueur du pas (Step length), cm	Gauche	63±1	130
	Droite	56±1	130
Foot rotation, deg	Gauche	3.3±0.1	80
	Droite	-4.7±0.7	80
Durée du pas (Step time), sec	Gauche	0.43±0.00	3
	Droite	0.53	3
Phase d'appui (Stance phase), %	Gauche	65.8±0.9	100
	Droite	59.6±0.2	100
Réponse de charge, %	Gauche	14.5±0.1	100
	Droite	10.3	100
Simple appui, %	Gauche	40.4±0.2	100
	Droite	35.1	100
Pré-oscillation, %	Gauche	10.9±0.6	100
	Droite	14.5±0.1	100
Phase oscillante (Swing phase), %	Gauche	34.2±0.9	100
	Droite	40.4±0.2	100
Double appui, %		25.2±0.6	100
		118±1	200
Longueur du double pas (Stride length), cm		118±1	200
		0.56±0.00	3
Durée du double pas (Stride time), sec		0.56±0.00	3
		7±1	100
Step breadth, cm		7±1	100
		62±0	100
Cadence, pas/min		62±0	100
		4.47±0.70	10
Velocity, km/h		4.47±0.70	10
		16	100
Patient Comments		Record Comments	



Butterfly Parameters		
Paramètre, mm	Gauche	Droite
Jeux de la ligne de marche, mm	209±3	176±16
Jeux lors du simple appui, mm	138±5	132±6
Position Ant/Post, mm		140
Variabilité Ant/Post, mm		10
Symétrie latérale, mm		9
Variabilité latérale, mm		5

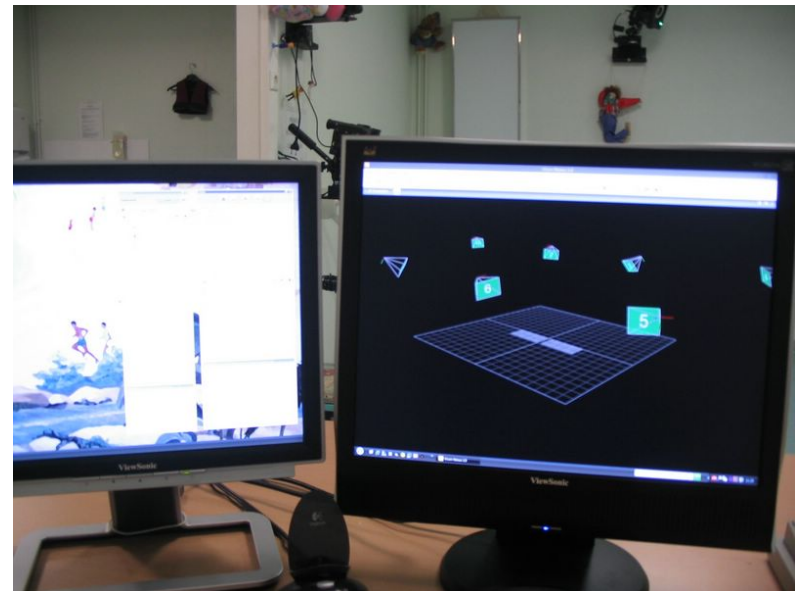


Les systèmes de capture 3D du mouvement

Matériel



Système Vicon

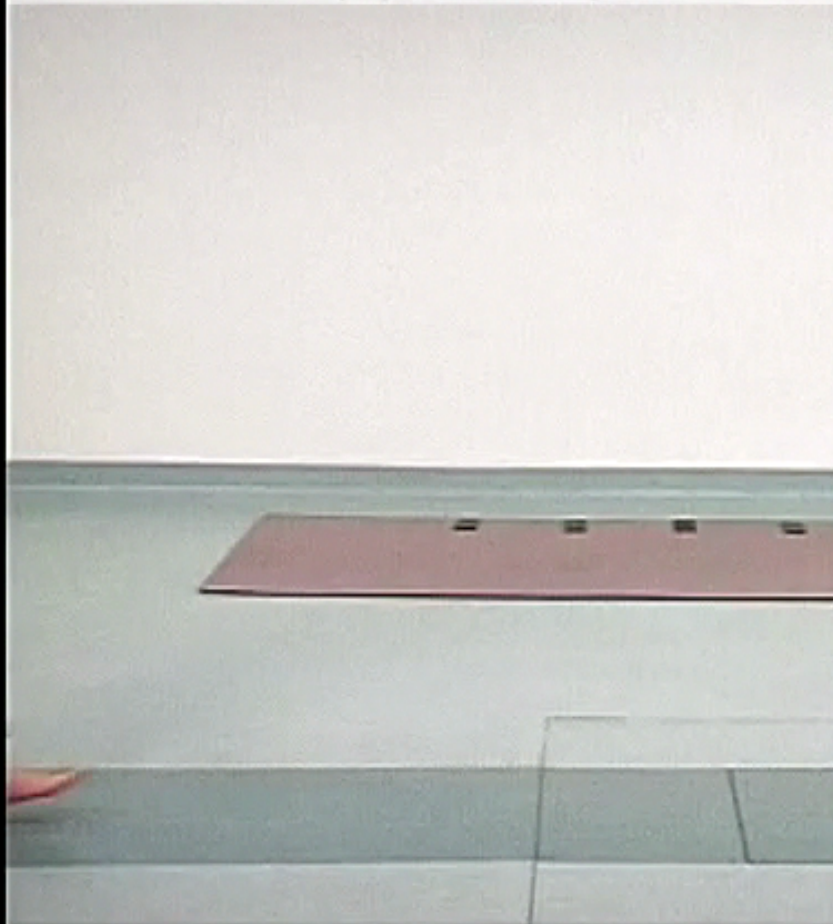


le 05 mars 2012

Louise 10 ans

Centre de Médecine Physique et de Réadaptation de Bois-Larris

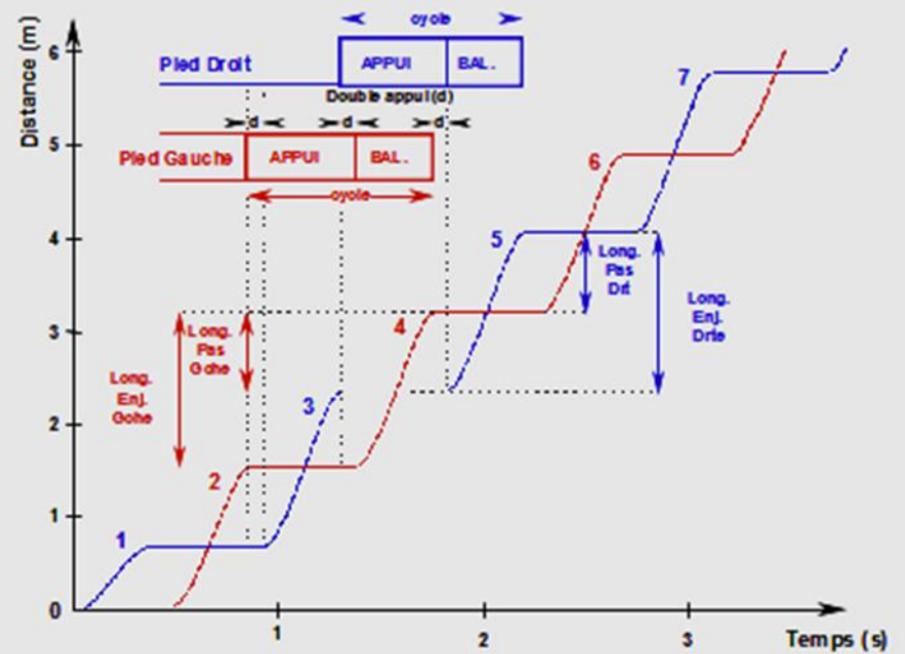
croix-rouge française





Le Locomètre

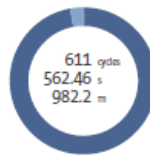
PARAMÈTRES SPATIO-TEMPORELS DE LA MARCHÉ







24/11/2014



All captured cycles		
	Time[s]	Cycle
Initiation/Termination	1.875	2
Forward Gait	544.31	593
Turning	16.275	16

Physilog
firmware version 4.1.2

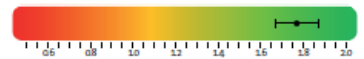
Files
LF095217.BIN

Options
Discard Initiation &
Termination: 2



Speed
Walking Stride Velocity

1.77 ± 0.10 m/s
mean SD

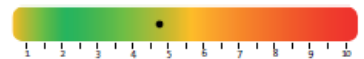


Color based on reference study by Studenski et al.



Variability
Coefficient of variation of
the gait cycle time

4.75 %
mean



Color based on reference study by Hausdorff et al.

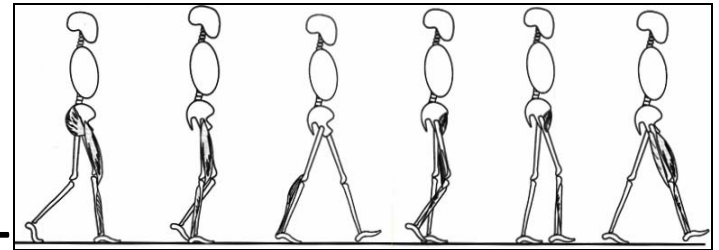
Spatio-temporal

Parameter:	Cycle duration	Cadence	Stance	Swing	Foot flat	Stride length	Stride velocity	Strike angle
unit	seconds	steps/minute	% of cycle duration	% of gait cycle	% of stance	meters	meters/s	degree
Mean	0.920	130.54	59.00	41.00	49.96	1.613	1.768	29.55
STD	0.044	3.77	0.99	0.99	3.65	0.071	0.102	2.38
Min	0.890	64.17	50.54	28.34	30.00	0.708	0.620	4.30
Max	1.870	134.83	71.66	49.46	77.99	1.835	2.105	34.62
CV(%)	4.747	2.89	1.67	2.41	7.31	4.433	5.749	8.05

STABILITÉ – RISQUE DE CHUTE

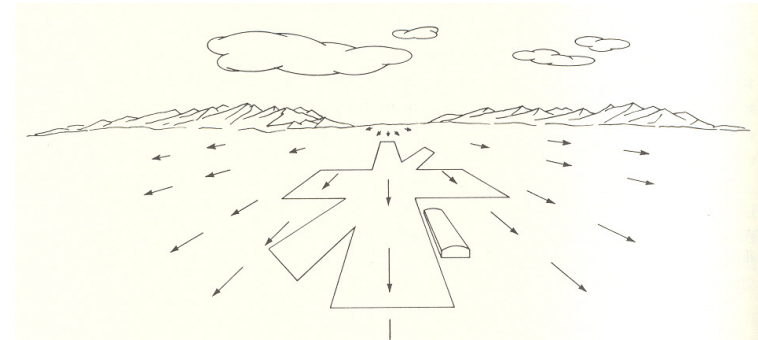
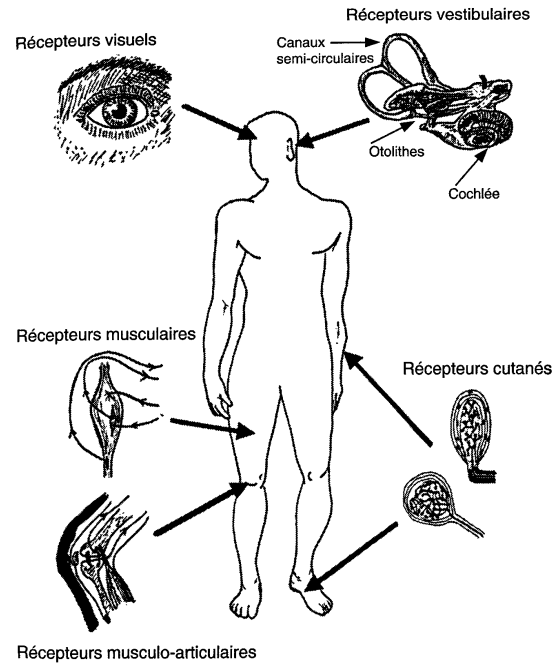
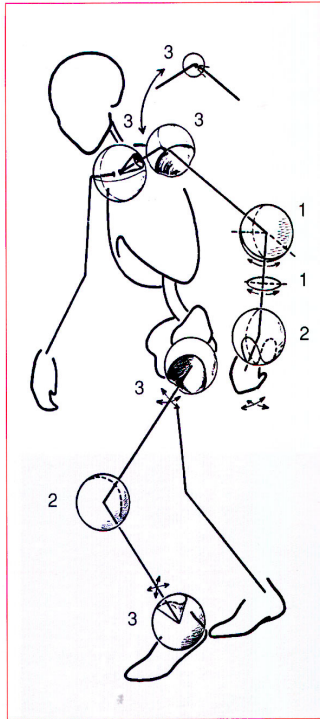
La marche

- Coordonner, dans le temps et dans l'espace, l'ensemble des composants corporels en relation avec la tâche et le milieu
- Efficace
- Efficiente
- Mettre un pied devant l'autre pour aller d'un point à un autre, encore et encore...



Perry & Burnfield 2010

D'après Berthoz, 1997



D'après Gibson, 1979

Bouisset et Maton, 1995 (d'après Dempster, 1955).

La notion de degrés de liberté

Paramètre « libre » (disponible ?) pour spécifier l'état d'un système (pas seulement biomécanique)



Degrés de liberté

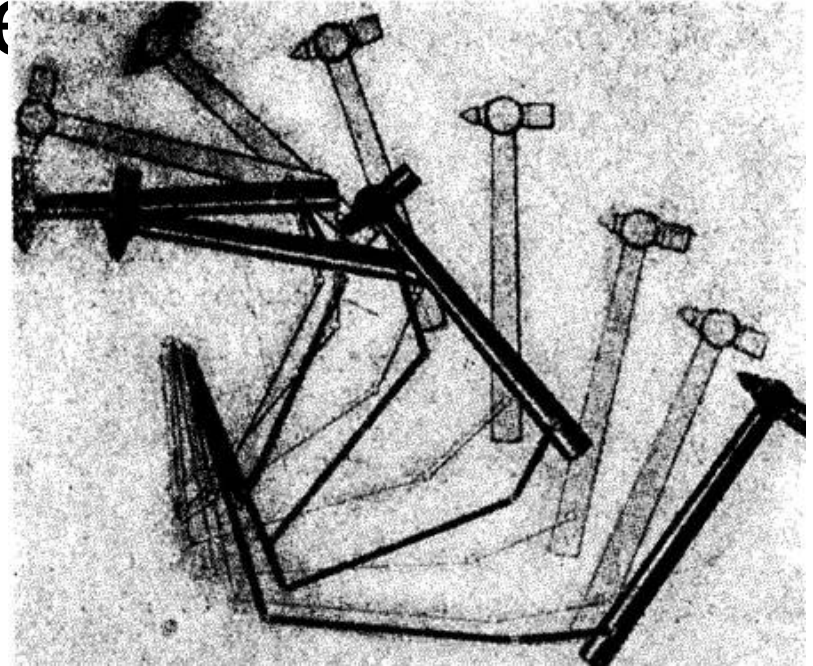


Nicholaï A. Bernstein (1896-1966)
Physiologiste et biomécanicien russe

Les références classiques :

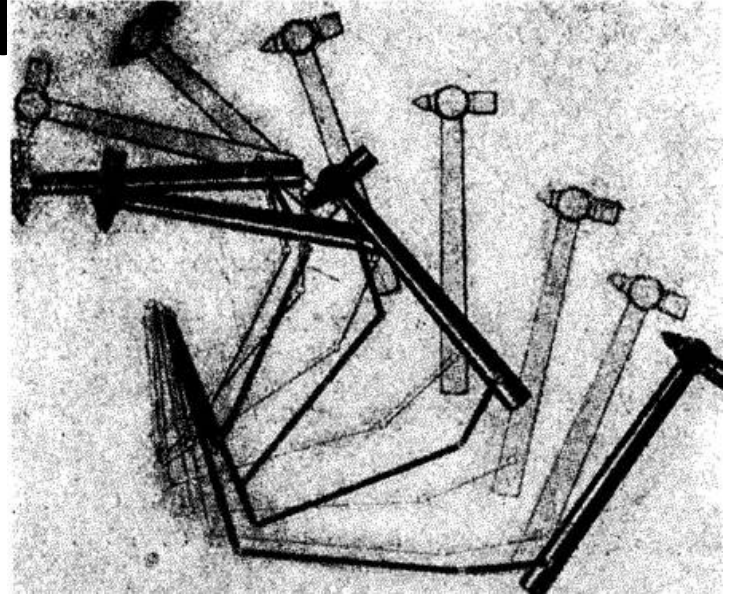
On construction of movements (1947)

The co-ordination and regulation of movement
(1966)



les différentes articulations impliquées agissent en lien
les unes avec les autres afin de s'auto-corriger pour
permettre un mouvement uniforme du marteau
(*kimocyclographie*)

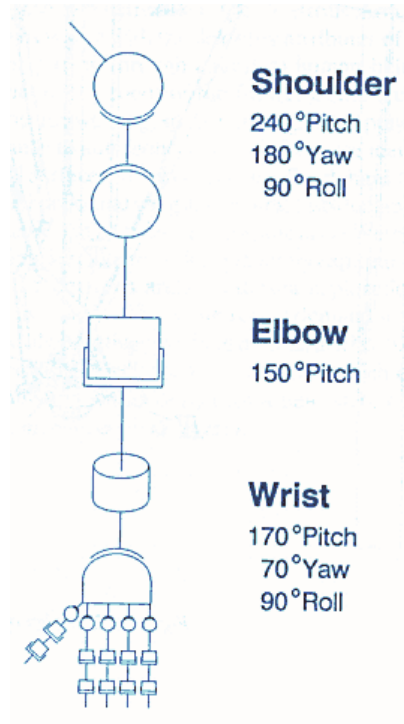
Degrés de liberté



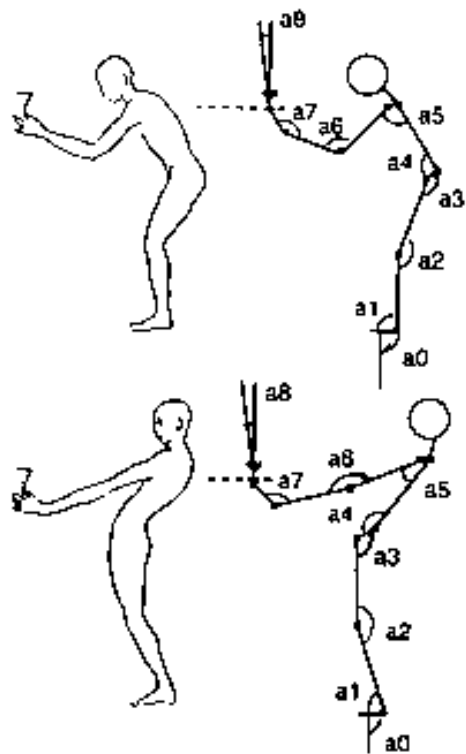
Le problème du contrôle du mouvement :
la maîtrise de la redondance des degrés de liberté

→ Cette maîtrise passe par la formation de synergies afin de
diminuer le nombre de paramètres indépendants à contrôler

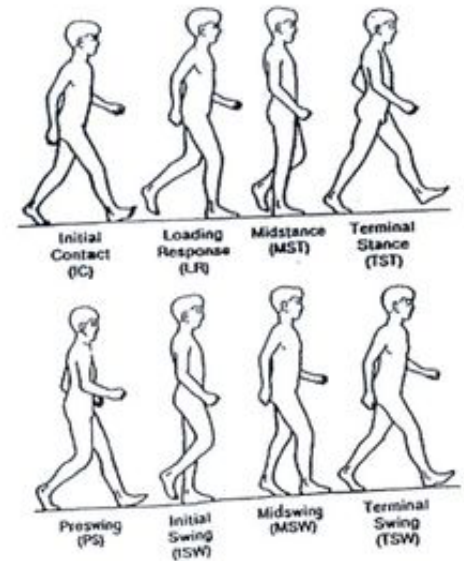
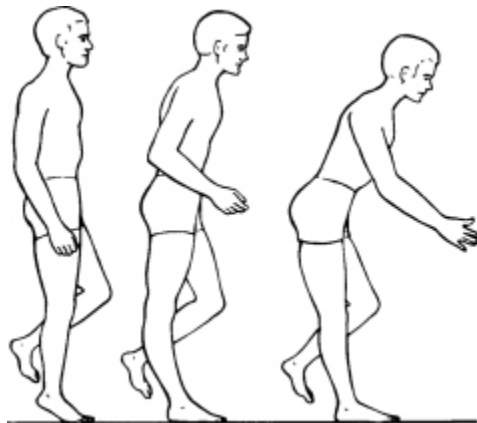
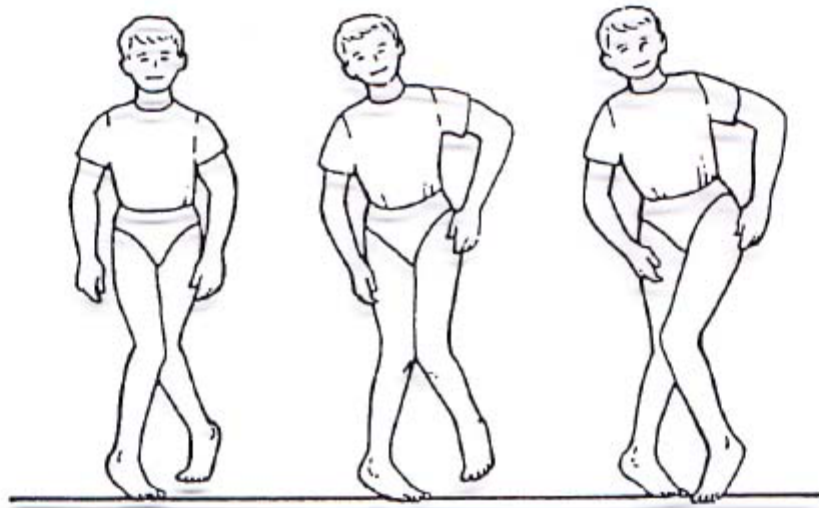
Degrés de liberté



- Le bras a 7 degrés de liberté
- Mais si la main est fixée ?
- Réduction des degrés de liberté
- Mais mouvement toujours possible
- Redondance de degrés de liberté



(d'après Droulez et Berthoz, 1986).

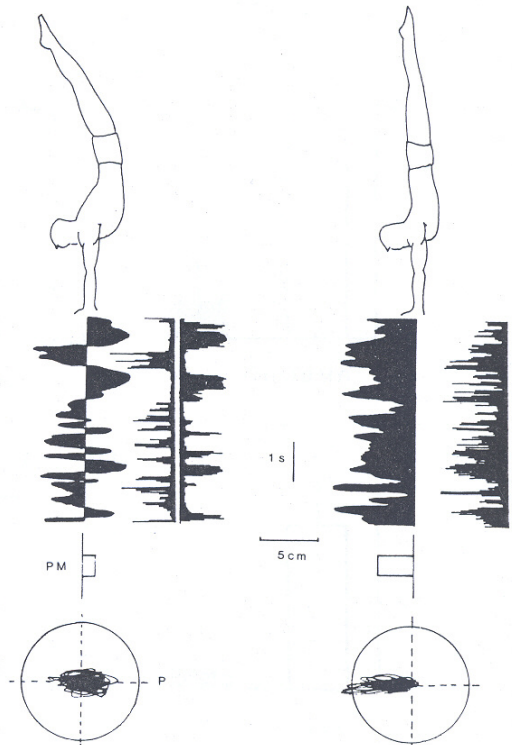


The Descriptive Stages of the Golf Cycle

La synergie

- Notion neuro-biomécanique
- Réduction des degrés de liberté à contrôler
- Le terme synergie renvoie l'idée que plusieurs choses se passent en même temps et se **coordonnent** pour aboutir à un

Relation stratégie-synergie



D'après Pozzo & Clément, 1988.

L'apprentissage selon Bernstein

- Le problème du débutant est de gérer la redondance des degrés de liberté
- Dans un premier temps, le débutant « gèle » la plupart des degrés de liberté et réalise la tâche avec les degrés de liberté résiduels
- Dans un second temps, le sujet « libère » les degrés de liberté et les intègre dans une synergie

Emprunté à Pier-Giorgio ZANONE

⇒ Freezing and freeing degrees of freedom

⇒ Free(z)ing

Quelles contraintes sur les Degrés de liberté ?

- Contraintes neurologiques (commande, spasticité, sélectivité...)
- Contraintes perceptives (troubles sensoriels)
- Contraintes articulaires/musculaires (muscles courts, faibles, déformations osseuses)
- La douleur
- La peur

- Tant qu'il reste des degrés de liberté mobilisables et adéquats à la tâche, je peux encore m'adapter
 - Augmentation du coût énergétique
- Quand je ne peux plus m'adapter...
 - Je chute

Stabilité

Stationnarité

- Un corps est stable lorsque celui-ci, initialement en équilibre ou en état stationnaire, retourne à cet état après une perturbation
- Variabilité
- Modification visible du pattern de marche (Murray et al., 1969 ; Gehlsen et al., 1990)
- Symétrie, écart à la norme



Flexibilité du système



Robustesse du système

Stationnarité

Walk # / Footfall #	L/R	Mean(%CV)	Valeurs normales adultes 18 à 59 ans
Step Time (sec)	L	.697(7.0)	
	R	.688(8.0)	
Cycle Time (sec)	L	1.369(6.0)	
	R	1.398(6.0)	
Swing Time (sec) / %GC	L	.456(11.0) /33.3	
	R	.433(15.0) /31.0	
Stance (sec) / %GC	L	.913(11.0) /66.7	
	R	.965(11.0) /69.0	
Single Support (sec) / %GC	L	.433(15.0) /31.6	
	R	.456(11.0) /32.6	
Double Support (sec) / %GC	L	.480(23.0) /35.1	
	R	.457(11.0) /32.7	
Step Length (cm)	L	39.744(17.0)	
	R	42.087(11.0)	
Stride Length (cm)	L	85.174(7.0)	
	R	81.934(11.0)	
Base of Support (cm)	L	20.67(32.0)	
	R	19.46(24.0)	
Toe In / Out (deg)	L	4(.0)	
	R	2(.0)	



la variabilité comme une signature du
fonctionnement des systèmes (Slifkin &
Newell, 1998)

Stabilité, variabilité, flexibilité

Variabilité inhérente aux comportements moteurs

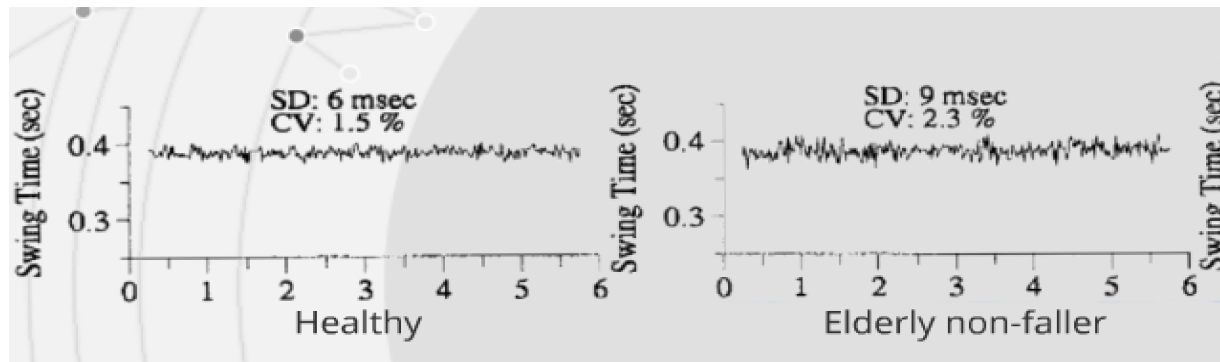
↗ Var. peut refléter la capacité à réguler les perturbations

Cas de la marche lancée non obstruée

Répétitions parfaites du cycle impossibles (*Hatze 1986*) mais **variabilité réduite**

↗ Var., reflet d'un système dont la capacité de maintenir une relation entre le COM et la BOS est compromise.

Chez les adultes sains, fluctuations relativement faibles et CV de nombreux paramètres de l'ordre de quelques pourcents.



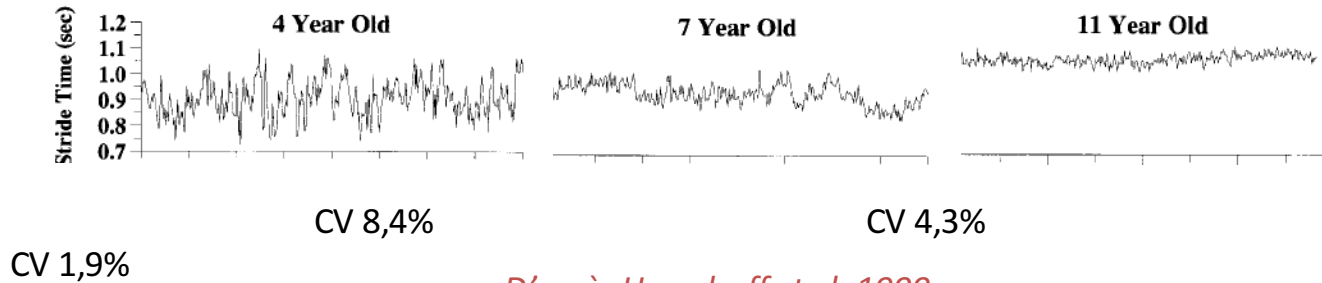
Hausdorff, Rios & Edelberg (2001)

Emprunté à Gouelle

Neuromaturation et croissance

Variabilité + élevée chez les enfants que les adultes (*Stolze et al. 1998*)

Diminution surtout jusque 7 ans (*Diop et al. 2004*), mais pas encore complètement matures (*Hausdorff et al. 1999*)

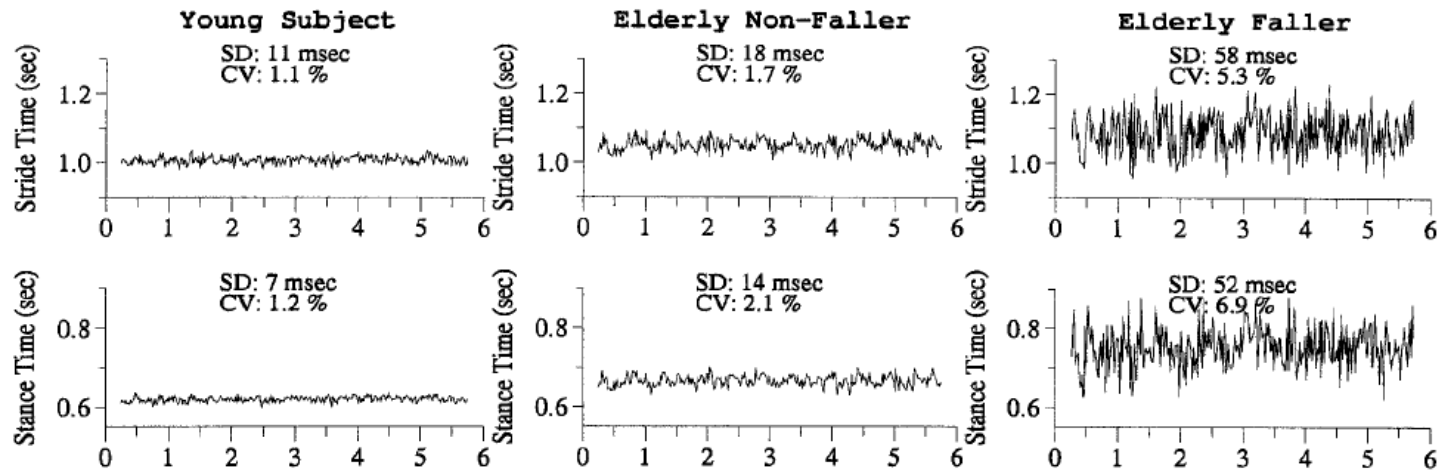


D'après Hausdorff et al. 1999

Problématique

Suivi des progrès d'un même enfant à des âges différents

Même paramètres normalisés par longueur (jambe ou taille), différences dues à la neuromaturation

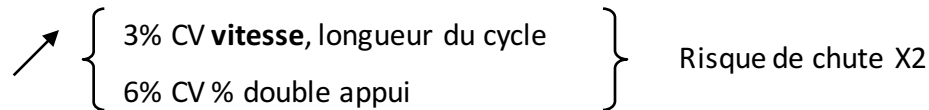


Fluctuations temporelles des durées de cycle (en haut) et d'appui (en bas) chez un sujet jeune, un individu âgé non chuteur et un chuteur âgé (in Hausdorff et al., 1997a).

La variabilité comme marqueur du risque de chute ?

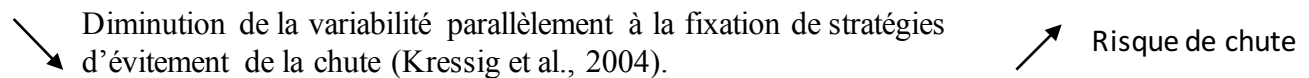
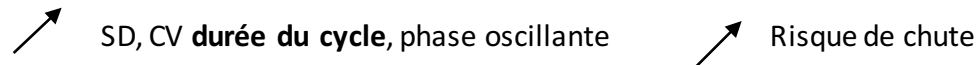
B.E. Maki. Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear.
Journal American Geriatrics Society 1997;45(3):313–20.

Footswitches & Footprints, 8-m walkway (4X)



J.M. Hausdorff et al. Increased gait unsteadiness in community-dwelling elderly fallers.
Archives of Physical Medicine and Rehabilitation 1997;78(3):278–283

Footswitches, 6 minutes



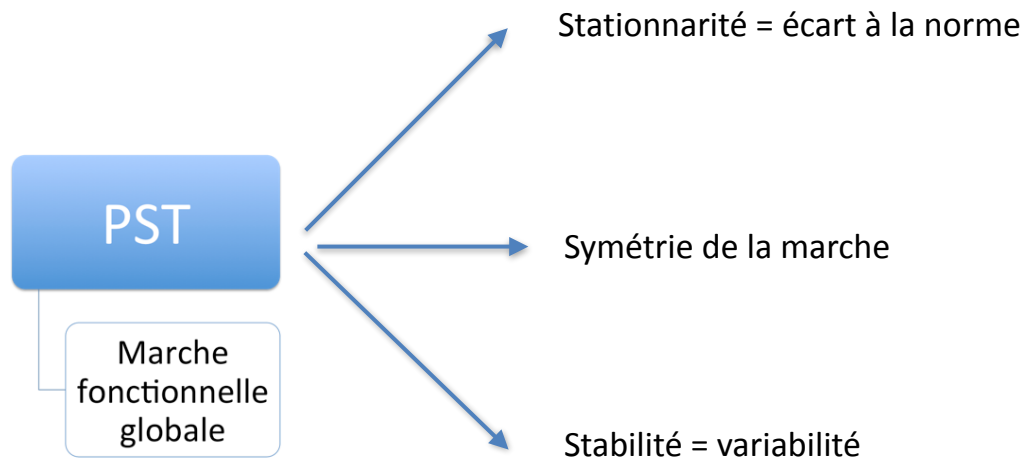
Problématique

Différents troubles, différentes compensations,
différents protocoles



Pas toujours le même meilleur
prédicteur de chute

**Utilisation combinée de plusieurs
paramètres pour obtenir une indication
plus fine**



Caractéristiques cliniques imposées

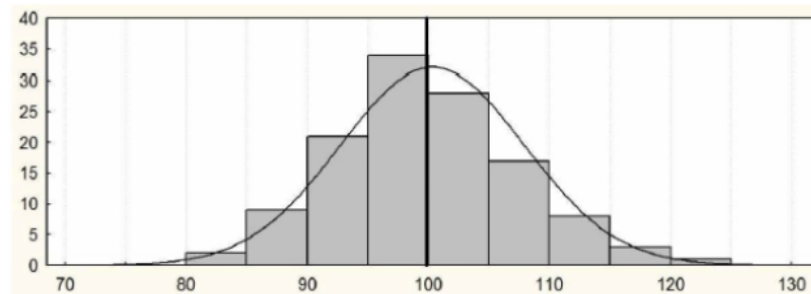
Pratiques :

- AQM complète non-nécessaire
- Applicable à la plus large population de patients
- Simplicité de lecture
- Base normale pré-intégrée

Conceptuelles

- Prise en compte de la grandeur ET de la dynamique des fluctuations
- Paramètres pondérés

Norme et interprétation



Gamme : 83-124

Interprétation :

$GVI \geq 100$	aussi variable que la population normale (aussi stable)
$GVI \searrow$	+ variable que la population normale (moins stable)

Nécessite un minimum de 5 valeurs successives pour chaque paramètre soit 13 pas consécutifs

Gouelle, 2011

Gouelle, A., Mégrot, F., Presedo, A., Husson, I., Yelnik, A., & Penneçot, G.-F. (2013). The Gait Variability Index: A new way to quantify fluctuation magnitude of spatiotemporal parameters during gait. *Gait and Posture*, 38(3), 461-465. [doi:10.1016/j.gaitpost.2013.01.013](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.01.013). (IF2015 = 2.286; AERES A2; Citation #18)

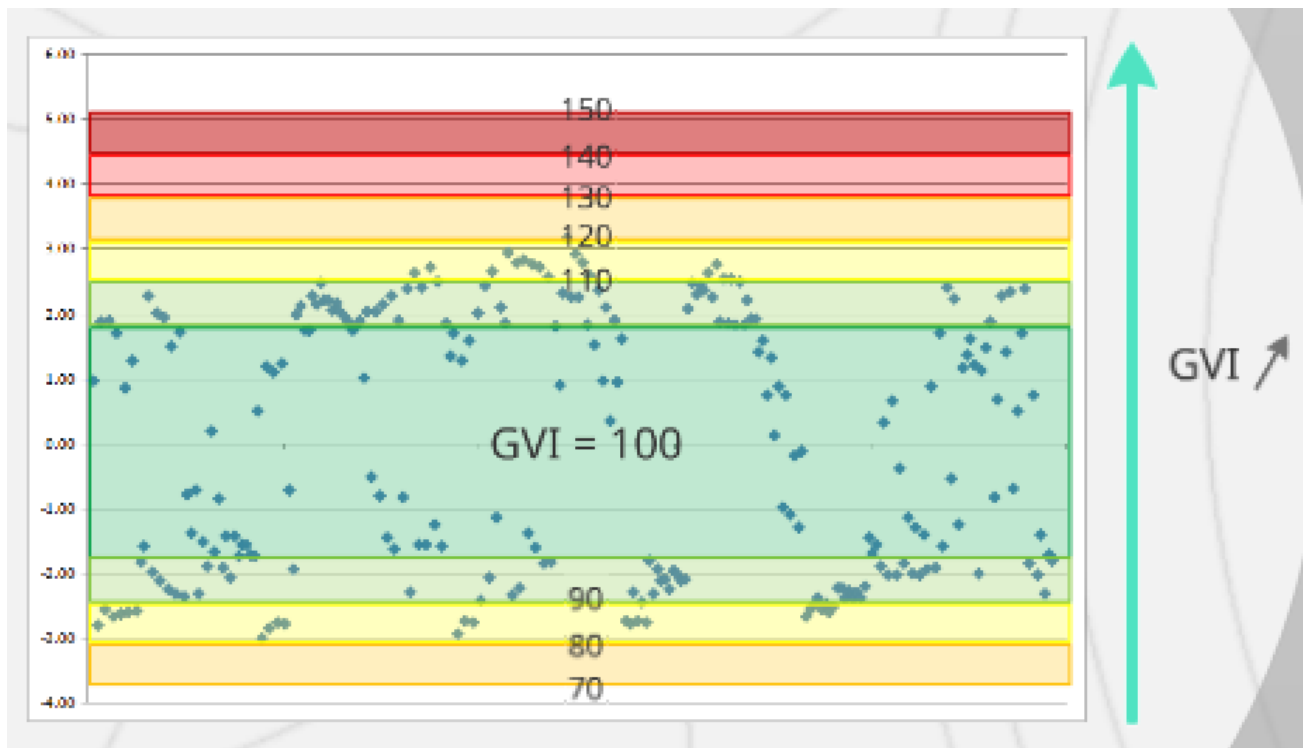
Balasubramanian, C.K., Clark, D.J., & Gouelle, A. (2015). Validity of the Gait Variability Index in older adults: effect of aging and mobility impairments. *Gait and Posture*. 41(4), 941-946. [doi:10.1016/j.gaitpost.2015.03.349](https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2015.03.349). (IF2015 = 2.286; AERES A2; Citation #4)

Gouelle, A., Leroux, J., Bredin, J., & Mégrot, F. (2016). Changes in gait variability from first steps to adulthood: normative data for the Gait Variability Index. *Journal of Motor Behavior*. 48(3), 249-255. [doi:10.1080/00222895.2015.1084986](https://doi.org/10.1080/00222895.2015.1084986). (IF2015 = 1.573; AERES A2; Citation #0)

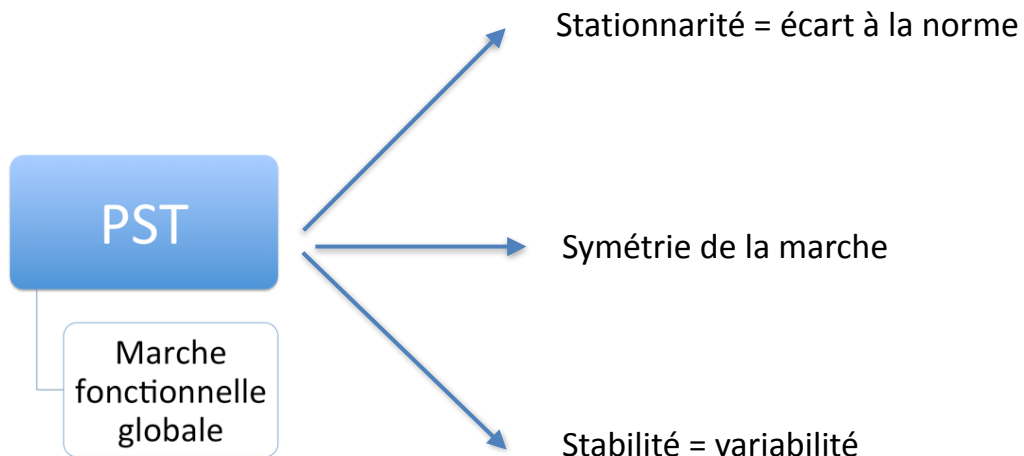


Le DIRECTIONAL-GVI

- Fixe les problèmes liés à l'utilisation du logarithm survenant lorsque la variabilité du sujet est très proche de la variabilité du groupe contrôle de référence.
- Améliore la différenciation gauche/droite (asymétrie de la variabilité)
- Ajoute une direction à la variabilité :



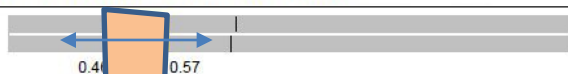
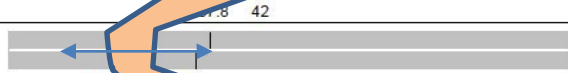
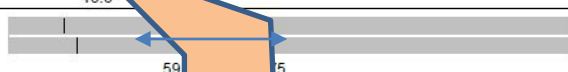
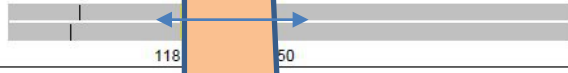
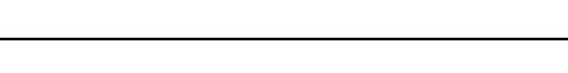
Emprunté à Gouelle



FAPS SCORE
Gretz et al., 1998.

GVI ou GVI2
Gouelle et al., 2013

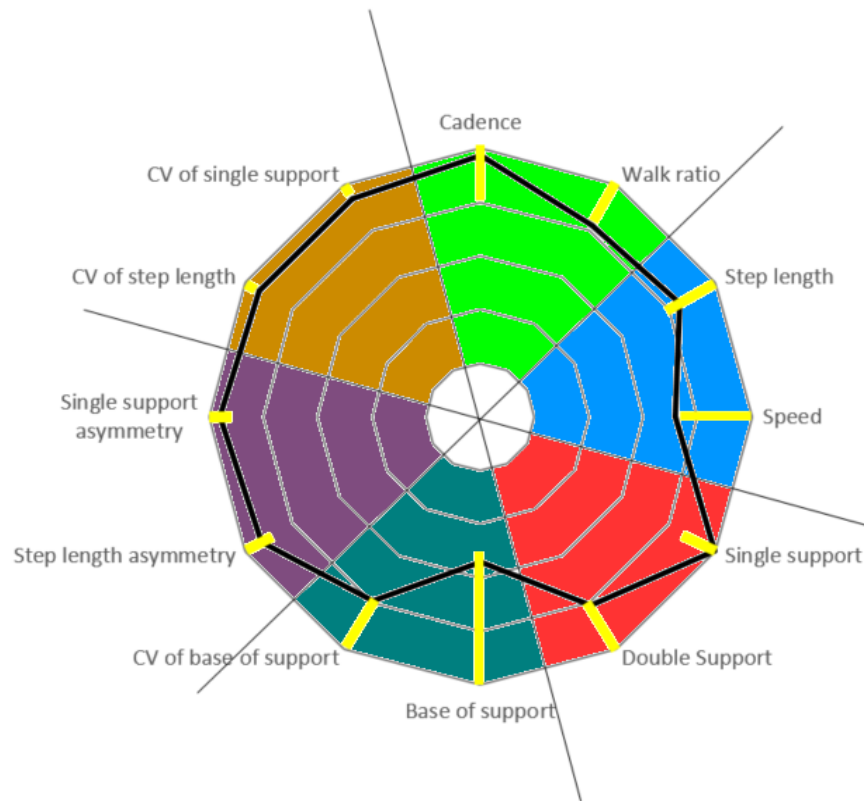
RÉFLEXIONS EN COURS

Walk # / Footfall #	L/R	Mean(%CV)	Valeurs normales adultes 18 à 59 ans
Step Time (sec)	L	.697(7.0)	
	R	.688(8.0)	
Cycle Time (sec)	L	1.369(6.0)	
	R	1.398(6.0)	
Swing Time (sec) / %GC	L	.456(11.0) /33.3	
	R	.433(15.0) /31.0	
Stance (sec) / %GC	L	.913(11.0) /66.7	
	R	.965(11.0) /69.0	
Single Support (sec) / %GC	L	.433(15.0) /31.6	
	R	.456(11.0) /32.6	
Double Support (sec) / %GC	L	.480(23.0) /35.1	
	R	.457(11.0) /32.7	
Step Length (cm)	L	39.744(17.0)	
	R	42.087(11.0)	
Stride Length (cm)	L	85.174(7.0)	
	R	81.934(11.0)	
Base of Support (cm)	L	20.67(32.0)	
	R	19.46(24.0)	
Toe In / Out (deg)	L	4(.0)	
	R	2(.0)	

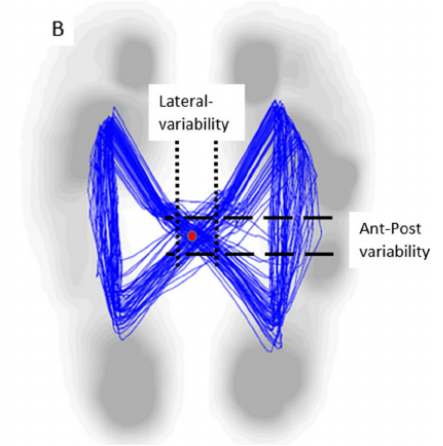
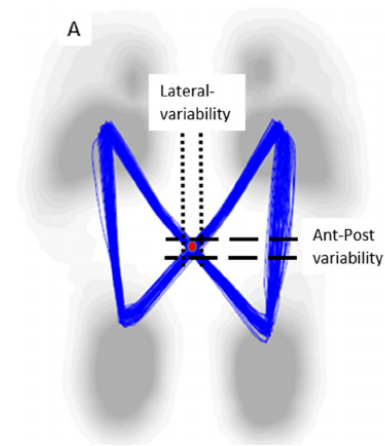
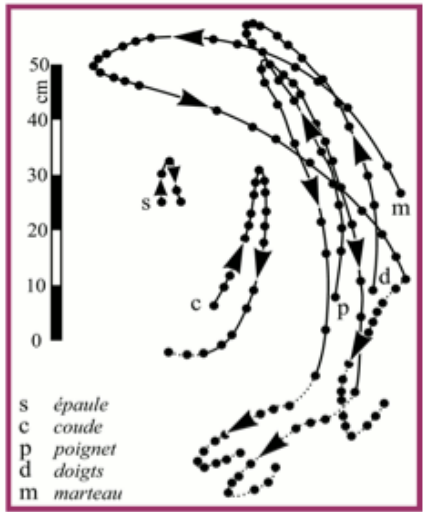
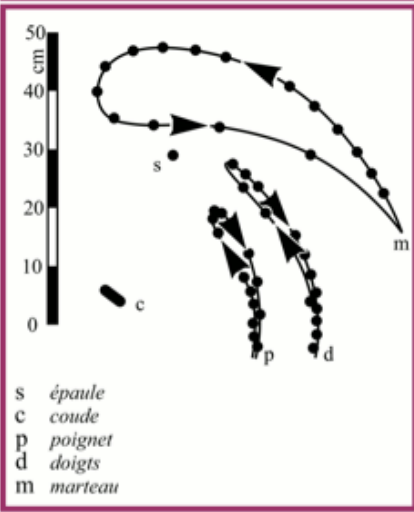
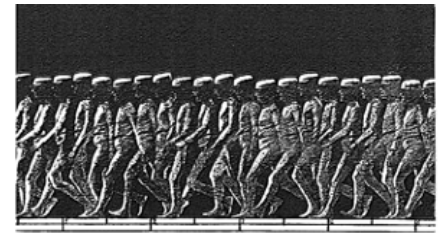
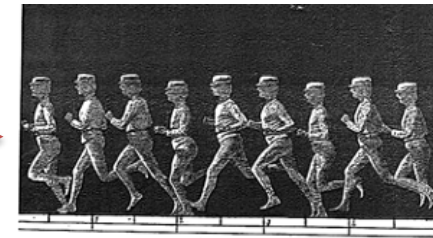
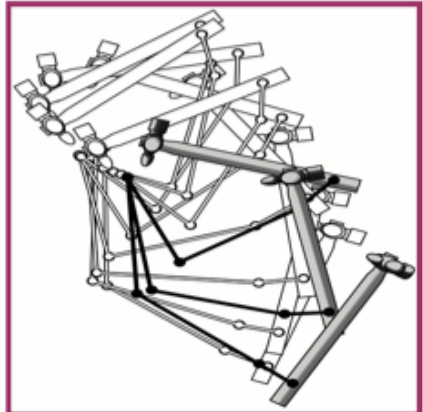
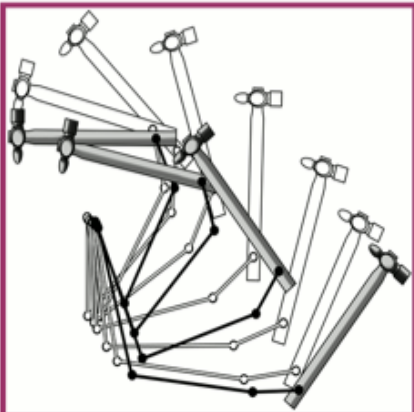
Walk # / Footfall #	L/R	Mean(%CV)	Valeurs normales adultes 18 à 59 ans
Step Time (sec)	L	.697(7.0)	
	R	.688(8.0)	
Cycle Time (sec)	L	1.369(6.0)	
	R	1.398(6.0)	
Swing Time (sec) / %GC	L	.456(11.0) /33.3	
	R	.433(15.0) /31.0	
Stance (sec) / %GC	L	.913(11.0) /66.7	
	R	.965(11.0) /69.0	
Single Support (sec) / %GC	L	.433(15.0) /31.6	
	R	.456(11.0) /32.6	
Double Support (sec) / %GC	L	.480(23.0) /35.1	
	R	.457(11.0) /32.7	
Step Length (cm)	L	39.744(17.0)	
	R	42.087(11.0)	
Stride Length (cm)	L	85.174(7.0)	
	R	81.934(11.0)	
Base of Support (cm)	L	20.67(32.0)	
	R	19.46(24.0)	
Toe In / Out (deg)	L	4(.0)	
	R	2(.0)	

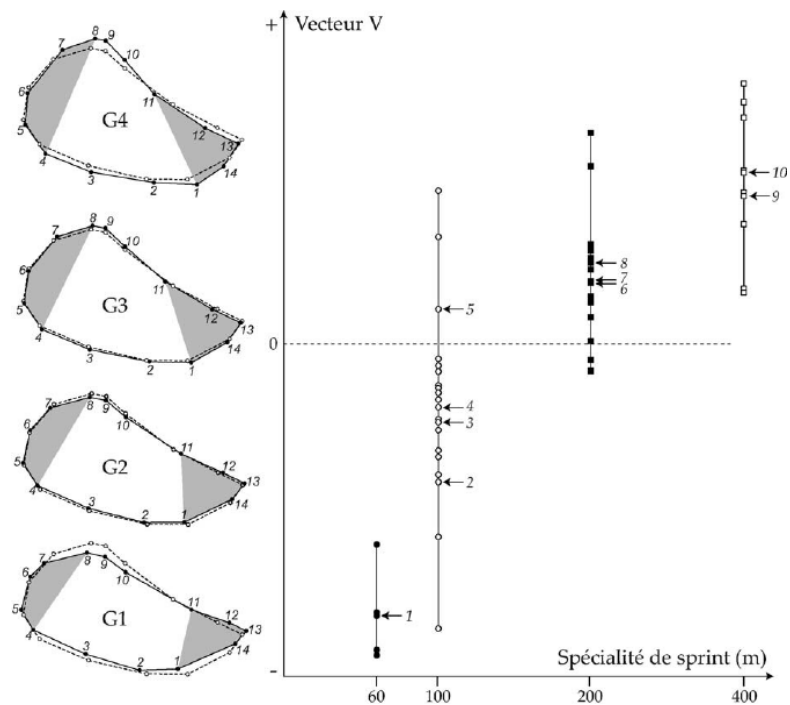
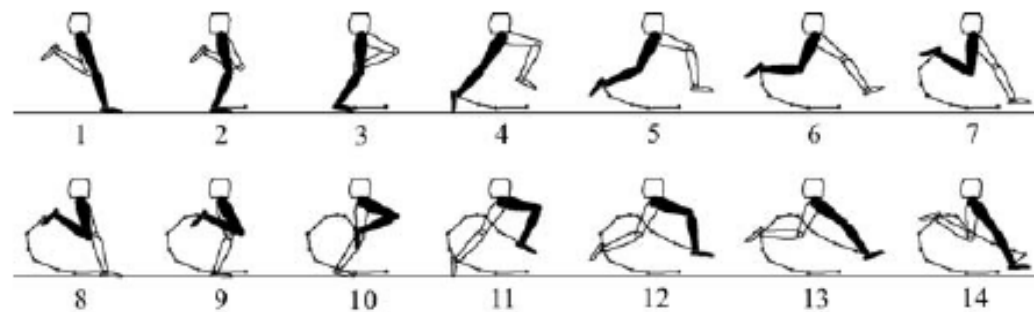
Walk # / Footfall #	L/R	Mean(%CV)	Valeurs normales adultes 18 a 59 ans
Step Time (sec)	L	.697(7.0)	
	R	.688(8.0)	
Cycle Time (sec)	L	1.369(6.0)	
	R	1.398(6.0)	
Swing Time (sec)	L	.456(11.0) /33.8	
	R	.433(15.0) /31.0	
Stance (sec)	L	.913(11.0) /66.7	
	R	.965(11.0) /69.0	
Single Support (sec)	L	.433(15.0) /31.5	
	R	.456(11.0) /32.6	
Double Support (sec)	L	.480(23.0) /35.0	
	R	.457(11.0) /32.7	
Step Length (cm)	L	39.744(17.0)	
	R	42.087(11.0)	
Stride Length (cm)	L	85.174(7.0)	
	R	81.934(11.0)	
Base of Support (cm)	L	20.67(32.0)	
	R	19.46(24.0)	
Toe In / Out (deg)	L	4(.0)	
	R	2(.0)	

Stationnarité, Variabilité → robustesse



Robustesse du système en sortie
Sur un plan temporel
Sur un plan spatial





Decker et al., 2006

TRAINING

<http://www.analysedelamarche.fr>

FIN