

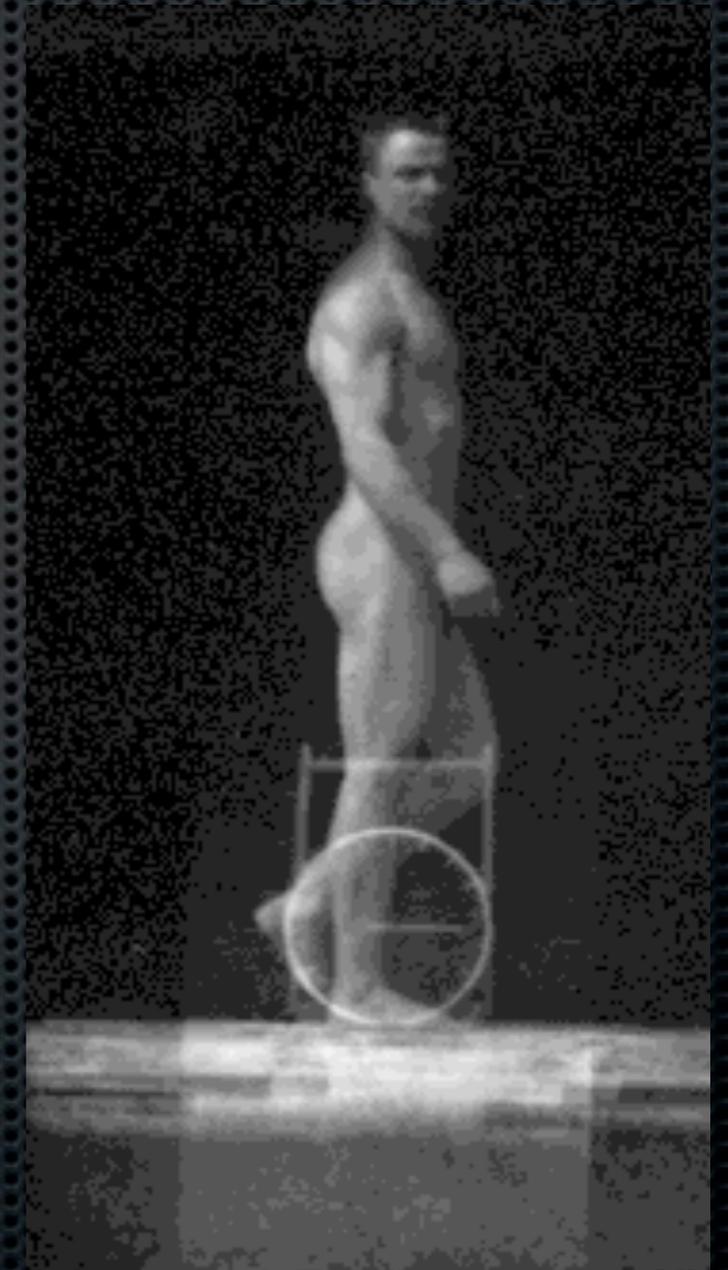


La marche



La marche

Normale



?

5 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 déterminants de la marche - Saunders et al. 1953

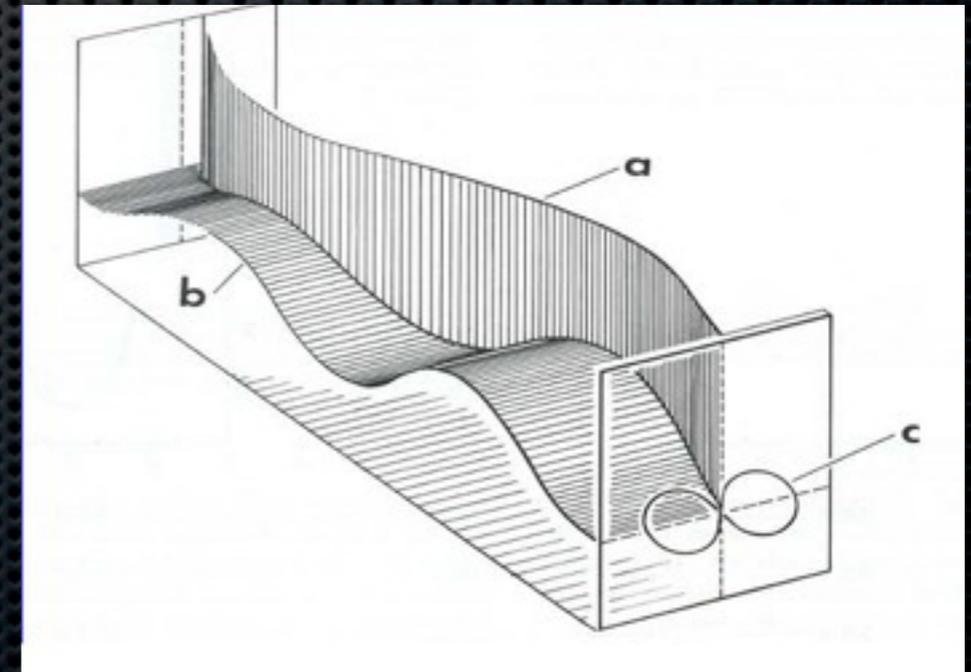
Translation du centre de masse (CM) du corps

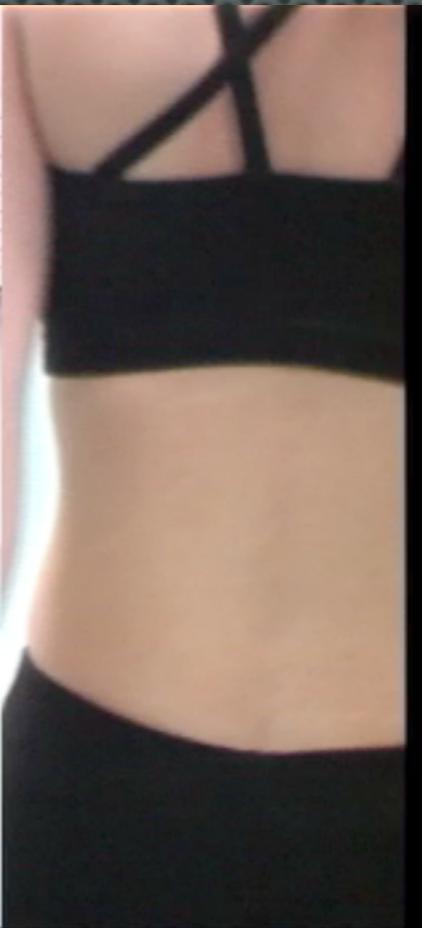
Minimisation du débattement du CM

– Latéralement (a)

– Verticalement (b)

– Réduction de la dépense énergétique





La marche anormale = pathologique ?

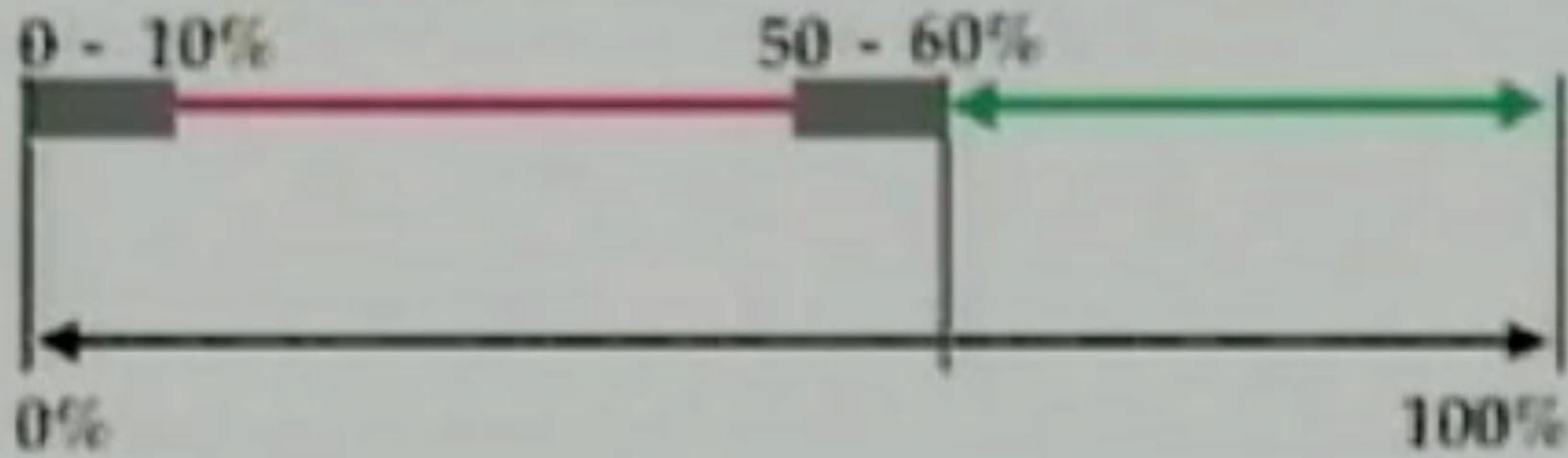


La marche anormale = pathologique ?



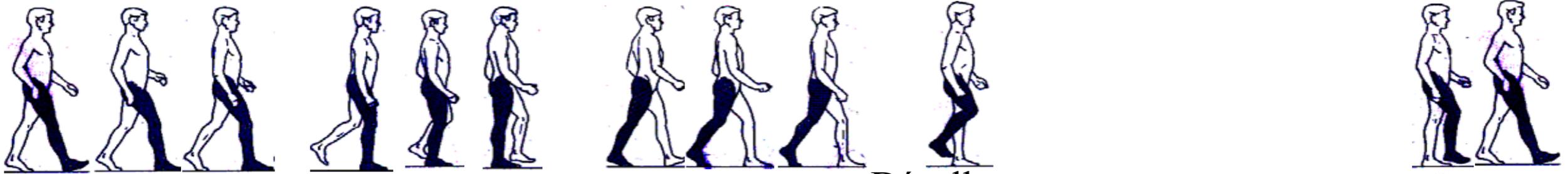






0

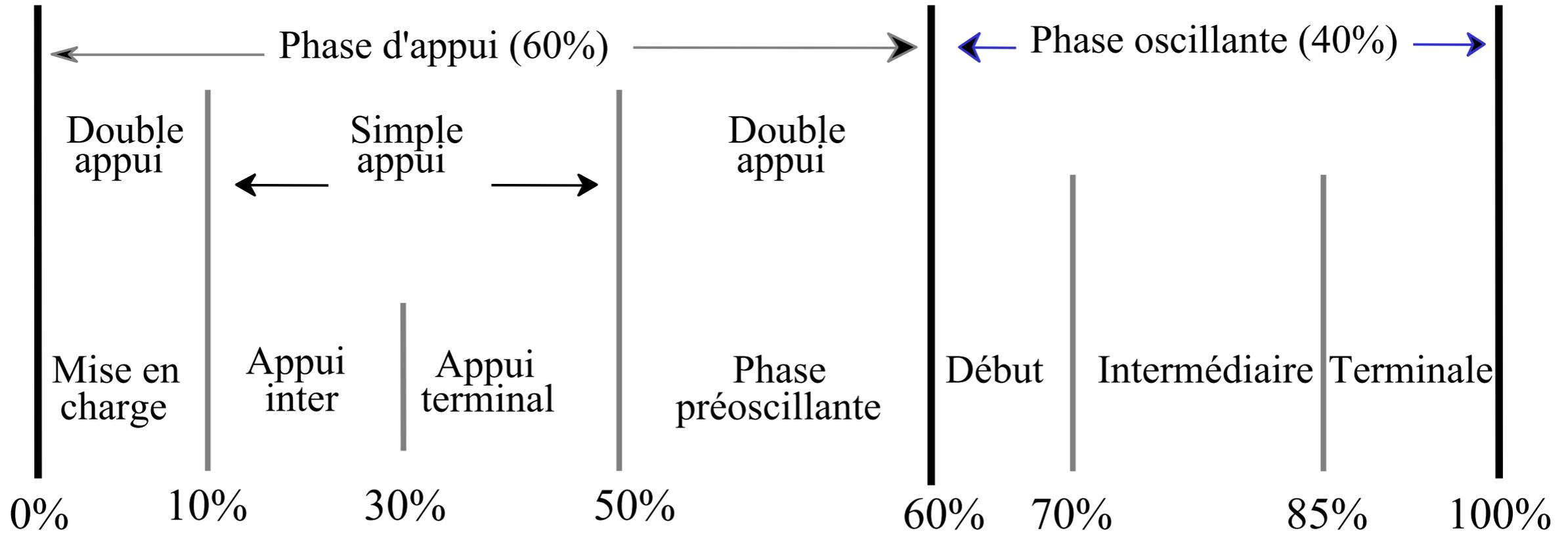
100



Contact initial

Décollement des orteils

Contact final



Les paramètres spatio-temporels

- ✦ Reflet du contrôle global de la marche
- ✦ Très étudié chez l'adulte
- ✦ Peu étudié chez l'enfant
- ✦ Sans rapport systématique avec l'aspect de la marche

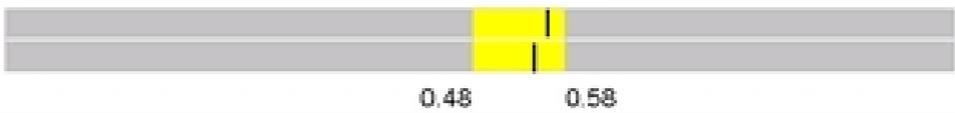
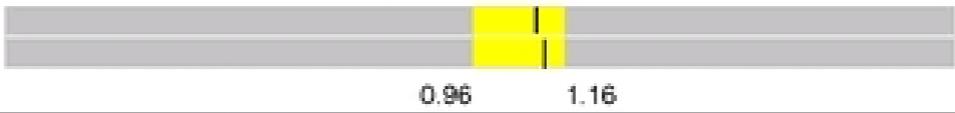
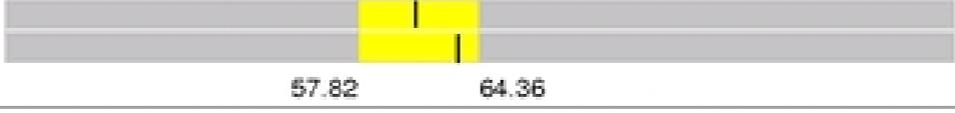
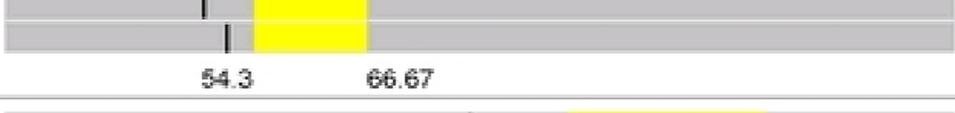
Les paramètres spatio-temporels

Paramètres

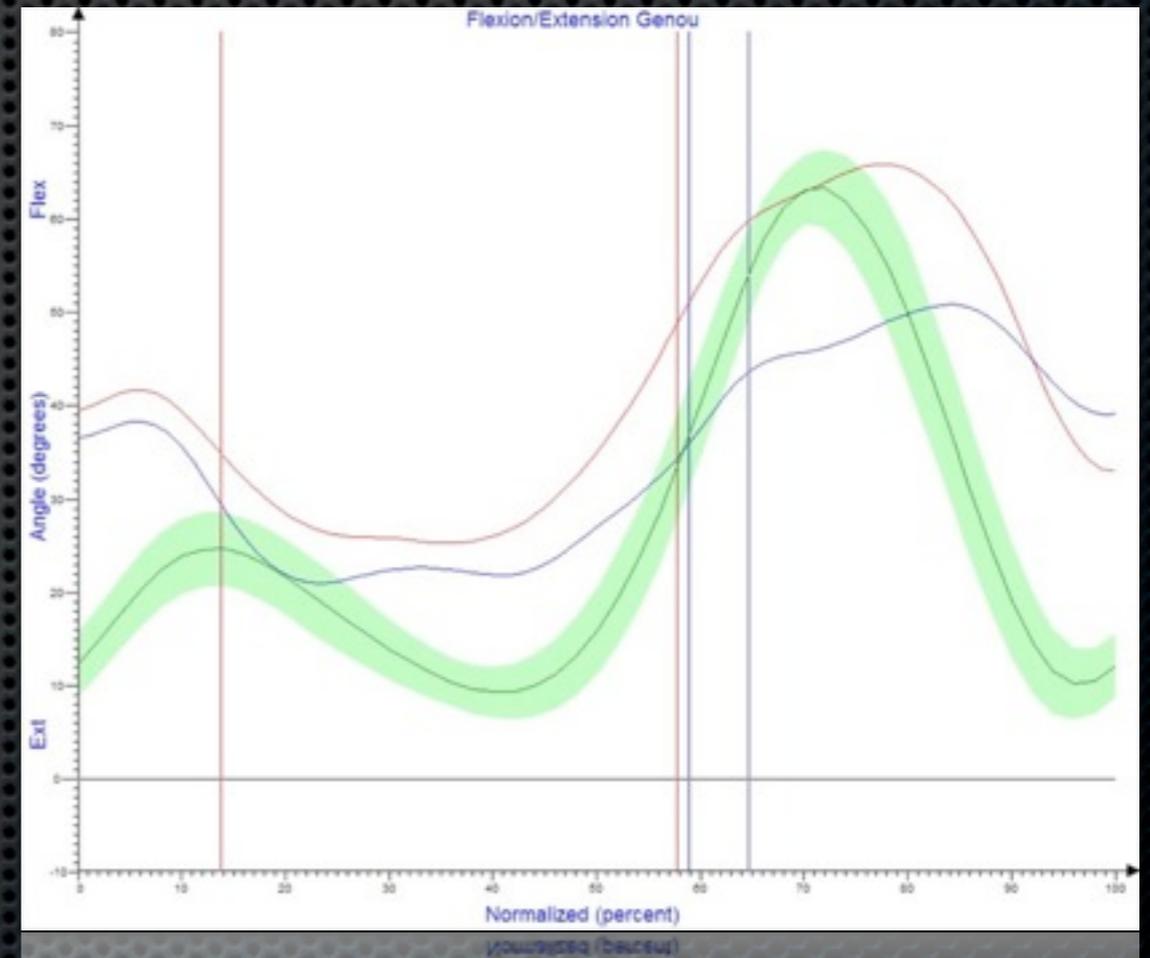
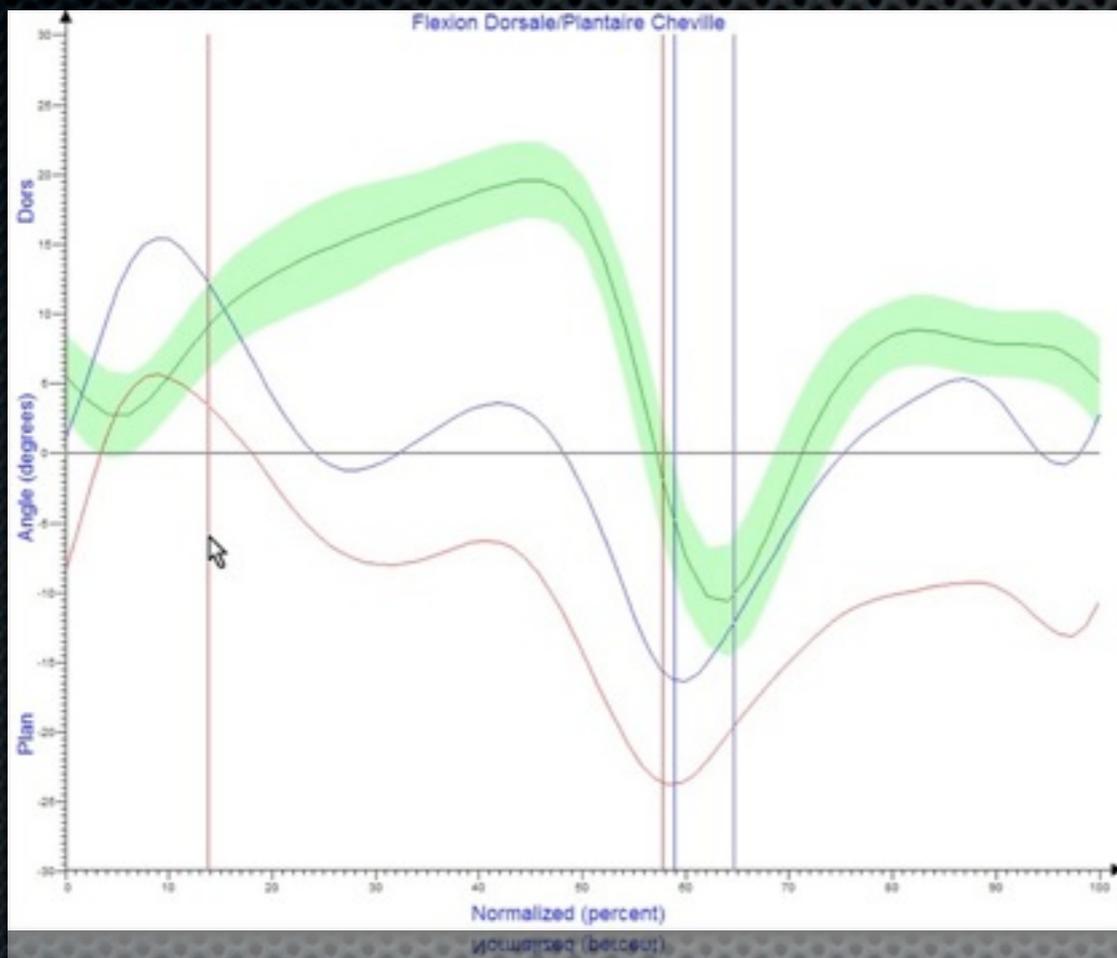
Distance (cm)	1291.1
Temps d'ambulation(s)	13.79
Vitesse (cm/s)	93.6
Vitesse moyenne normalisée	1.07

Profil de déambulation fonctionnelle (FAP): 89

Cadence (pas/mn)	108.8
Différentiel de temps pas (seg)	.02
Différentiel de longueur pas (cm)	2.46
Différentiel de temps cycle(s)	.02

N° passages / n° contacts pied	G/D	Moyenne(%CV)	
Temps pas (s)	G	.559(5.0)	
	D	.544(7.0)	
Temps cycle(s)	G	1.093(3.0)	
	D	1.110(3.0)	
Temps phase oscillante (s) / %CM	G	.426(7.0) /39.0	
	D	.407(6.0) /36.7	
Appui (s) / %CM	G	.668(6.0) /61.1	
	D	.703(5.0) /63.3	
Simple appui (s) / %CM	G	.407(6.0) /37.2	
	D	.426(7.0) /38.4	
Double appui(s) / %CM	G	.273(12.0) /25.0	
	D	.272(19.0) /24.5	
Longueur pas (cm)	G	50.366(5.0)	
	D	52.826(4.0)	
Longueur enjambée (cm)	G	103.079(4.0)	
	D	103.607(4.0)	
Base de support (cm)	G	21.26(7.0)	
	D	21.51(9.0)	
Pied en dedans/en dehors (deg)	G	-17(999.0)	
	D	-8(999.0)	

La cinématique

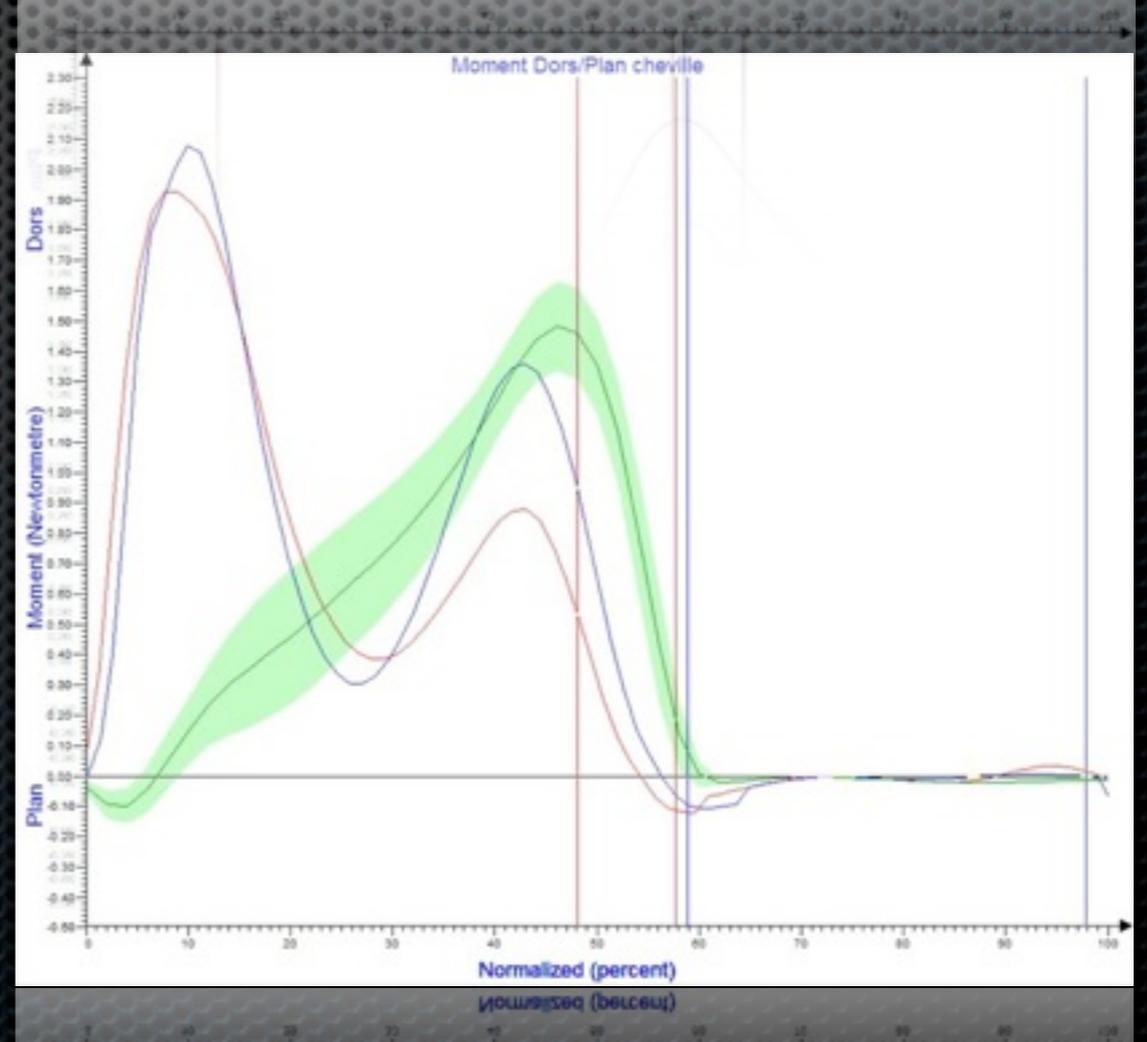
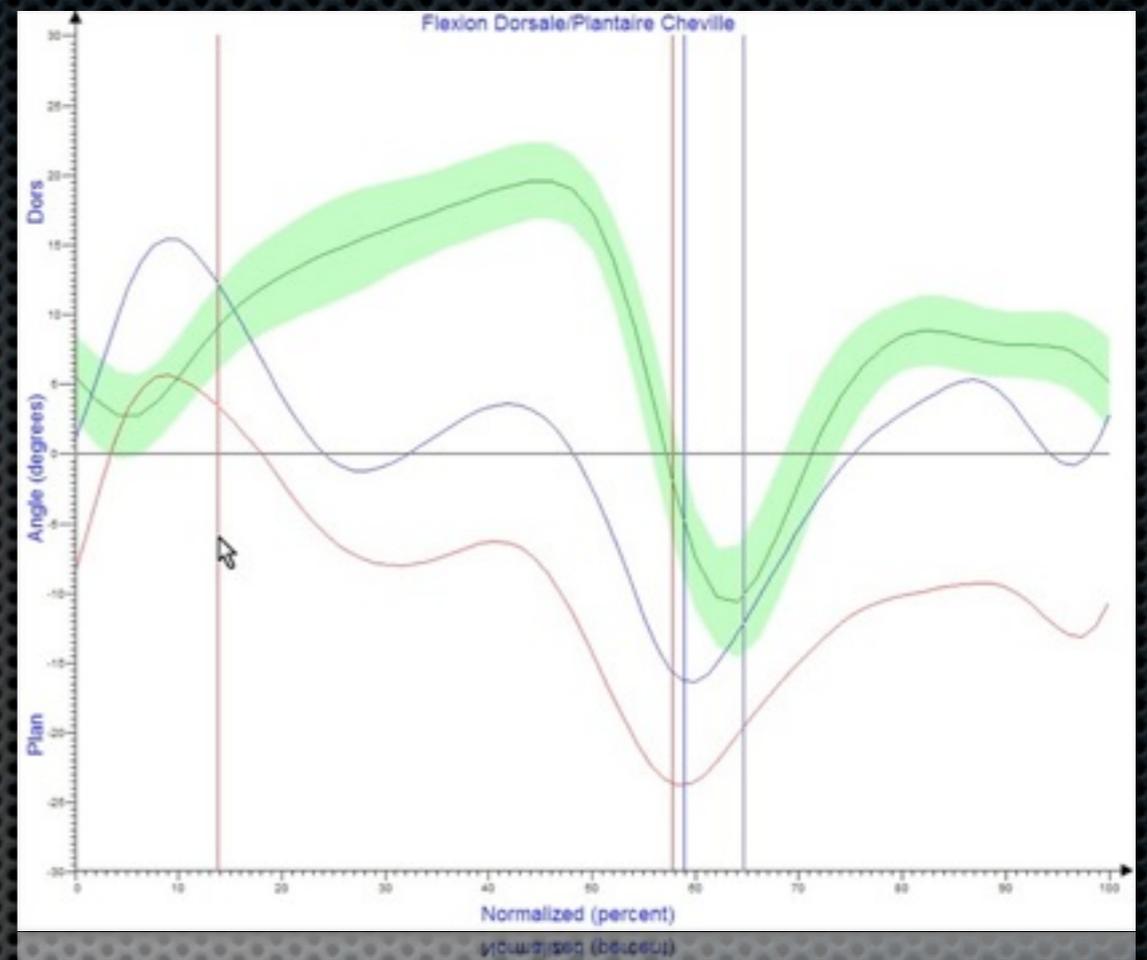


La cinématique

- ✦ représente l'aspect de la marche
- ✦ repose sur la modélisation biomécanique et le calcul des angles articulaires
- ✦ Comprendre les anomalies architecturales de la marche

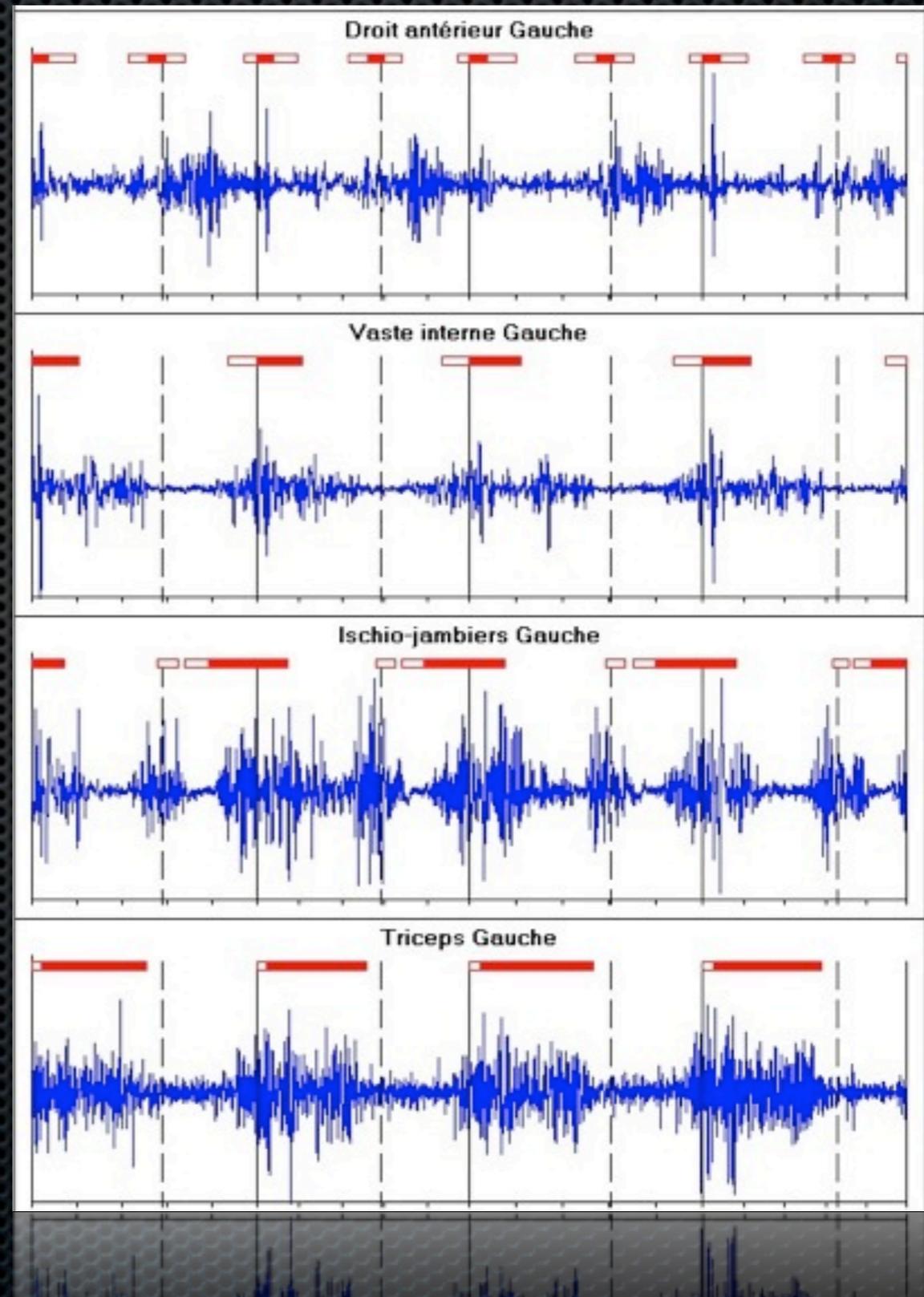
La cinétique

- ✦ étudie les forces qui concourent au mouvement
- ✦ notion de bras de levier, de moment et de puissance articulaire



L'activité musculaire

- S'intéresse au pattern de contraction : durée, forme, moment d'activation/désactivation



L'Analyse Quantifiée de la Marche



La marche

Pathologique



La marche

Pathologique





la magazine de
la santé

CARNETS DE SANTÉ LA MARCHÉ À LA LOUPE

Les paramètres spatio-temporels

D.I.U. Analyse de la marche 2011

Plan

- Terminologie : Description des paramètres spatio-temporels (PST)
- Les outils de mesure
- Lecture des PST
- Comprendre les PST
- La stabilité
- Evolution des PST en rééducation

Terminologie : Evènements du cycle de marche

Stance Phase

IC Initial Contact
LR Loading Response
MS MidStance
TS Terminal Stance
PS Pre Swing

HS Heel Stricke
TO Toe Off

Phase d'appui

CI Contact Initial
RC Réponse à la charge
MA Milieu d'appui
FA Terminal Stance
PPO Pré Phase oscillante

AT Attaque talon
DO Décollement orteils

Terminologie : Evènements du cycle de marche

Swing Phase

ISW Initial Swing

MSW Mid Swing

TSW Terminal Swing

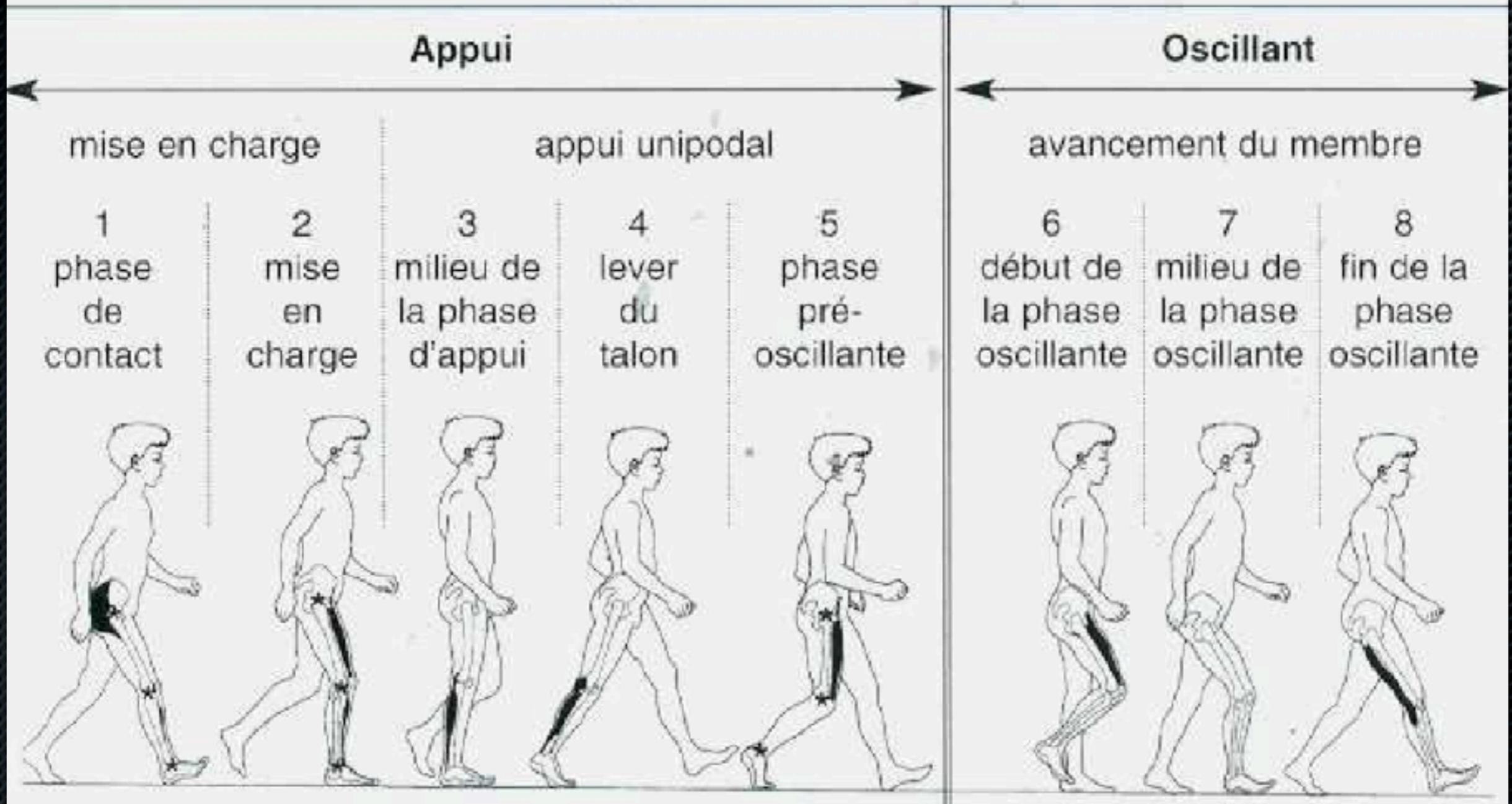
Phase oscillante

DPO Début Phase Oscillante

MPO Milieu Phase Oscillante

FPO Fin Phase Oscillante

Cycle de la marche



Stride (Gait Cycle)

Periods

Stance

Swing

Tasks

**Weight
Acceptance**

**Single Limb
Support**

**Limb
Advancement**

Phases

**Initial
Contact**

**Loading
Response**

**Mid
Stance**

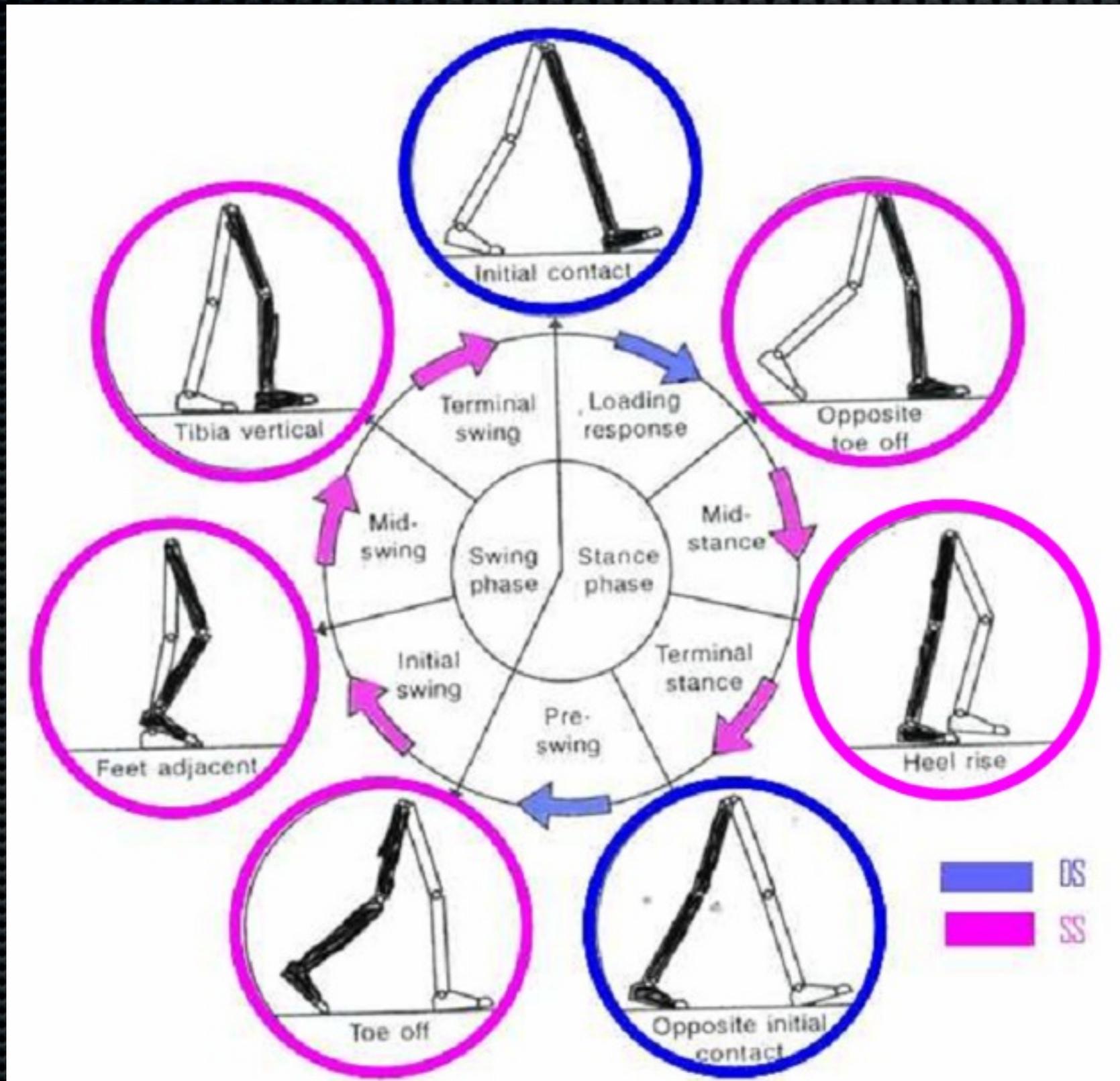
**Terminal
Stance**

**Pre
Swing**

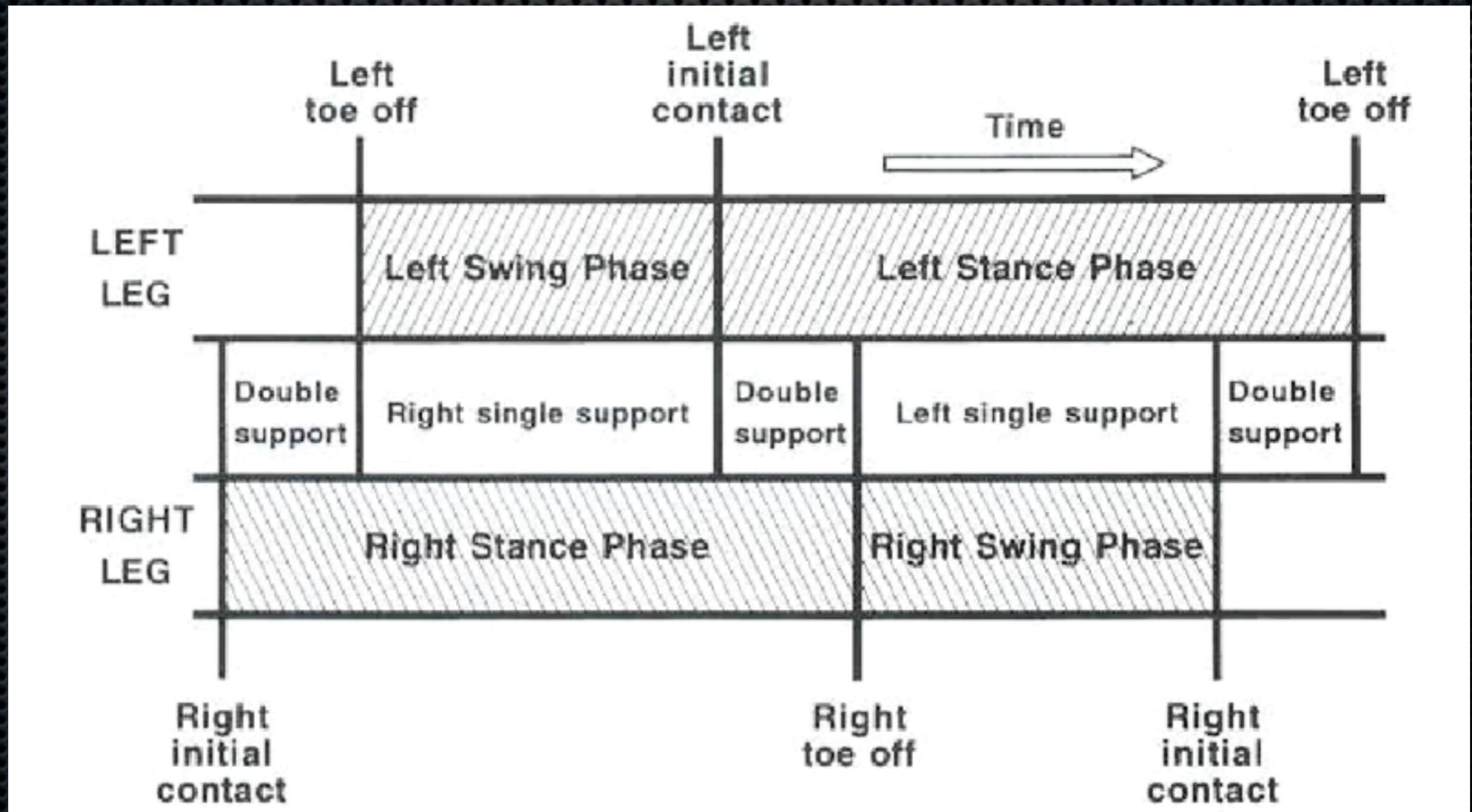
**Initial
Swing**

**Mid
Swing**

**Terminal
Swing**



Foot Off (phase d'appui) $60.0 \pm 1.94 \%$
 Double Support $19.9 \pm 2.68 \%$
 Single Support (phase oscillante) $40.1 \pm 2.03 \%$
 Opp. Foot Contact $50.2 \pm 2.10 \%$
 Opp. Foot Off 10.2 ± 2.57



Terminologie : Paramètres spatio-temporels

Left Right

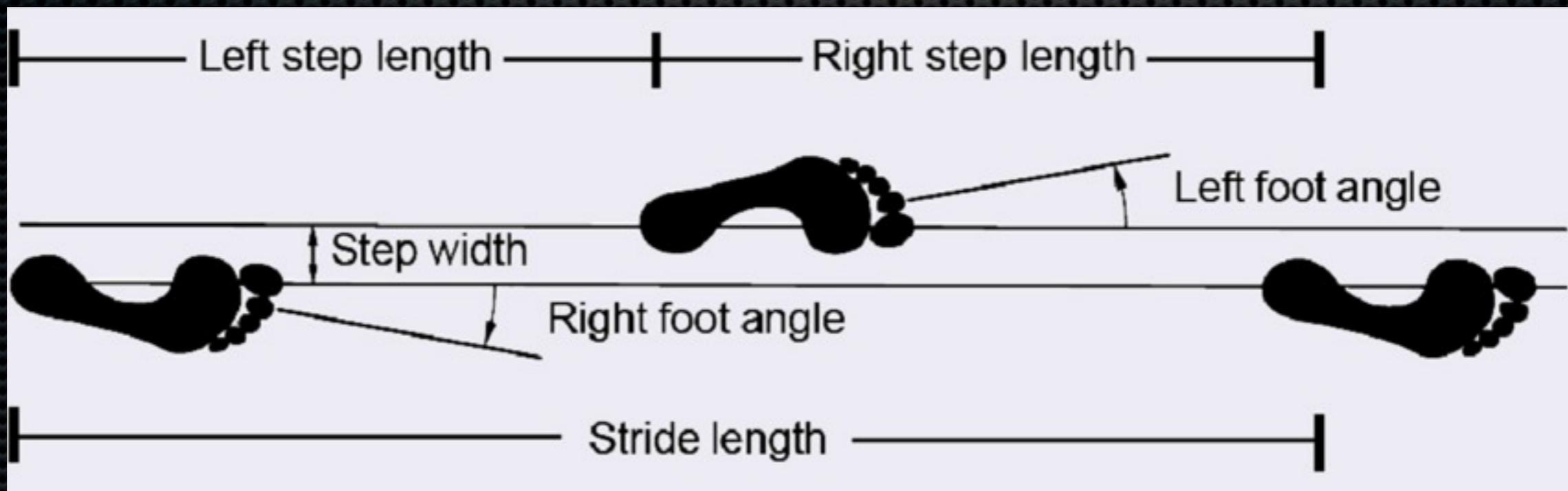
Cadence	120 steps/min	121 steps/min	Cadence
Double Support	0.31 s	0.33 s	Double appui
Foot Off	67.1 %	66.7 %	Phase d'appui
Opposite Foot Contact	55.1 %	45.3 %	Contact du pied opposé
Opposite Foot Off	19.0 %	12.1 %	Décollement du pied opposé
Single Support	0.36 s	0.33 s	Phase oscillante
Step Length	0.43 m	0.56 m	Longueur du pas
Step Time	0.45 s	0.54 s	Durée du pas
Step Width	0.18 m	0.18 m	Longueur du pas
Stride Length	0.98 m	0.98 m	Longueur du cycle
Stride Time	1.00 s	0.99 s	Durée du cycle
Walking Speed	0.98 m/s	0.99 m/s	Vitesse de marche

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 : Stride Length (m) x cadence (steps/min) / 120 (1.35+ 0.21 m/s)



Valeurs normales des PST

-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

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

Terminologie : Paramètres spatio-temporels

Parameters				Functional Ambulation Profile: 96			
Distance (cm)		1342.2		Cadence (Steps/Min)		110.2	
Ambulation Time (sec)		10.89		Step Time Differential (sec)		.04	
Velocity (cm/sec)		123.3		Step Length Differential (cm)		.41	
Mean Normalized Velocity		1.63		Cycle Time Differential (sec)		.01	

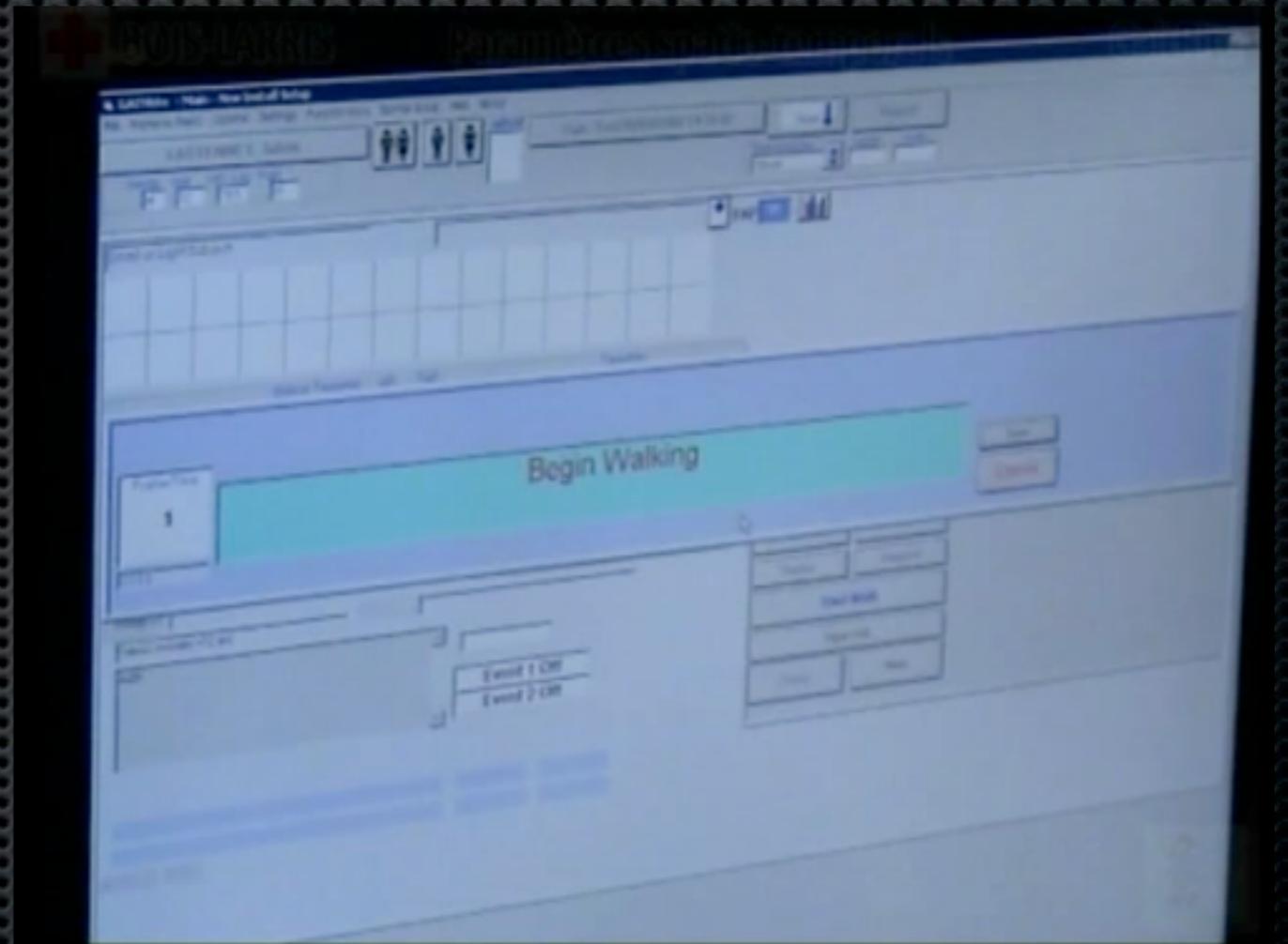
Walk # / Footfall #	L/R	Mean(%CV)	Valeurs normales +12 ans
Step Time (sec)	L	.527(2.0)	
	R	.562(5.0)	
Cycle Time (sec)	L	1.082(3.0)	
	R	1.096(3.0)	
Swing Time (sec) / %GC	L	.403(5.0) /37.2	
	R	.451(7.0) /41.1	
Stance (sec) / %GC	L	.679(4.0) /62.8	
	R	.646(3.0) /58.9	
Single Support (sec) / %GC	L	.451(7.0) /41.7	
	R	.403(5.0) /36.8	
Double Support (sec) / %GC	L	.237(10.0) /21.9	
	R	.243(11.0) /22.2	
Step Length (cm)	L	67.317(4.0)	
	R	66.907(4.0)	
Stride Length (cm)	L	134.296(4.0)	
	R	134.852(3.0)	
Base of Support (cm)	L	8.26(25.0)	
	R	8.53(34.0)	
Toe In / Out (deg)	L	-4(999.0)	
	R	-9(999.0)	

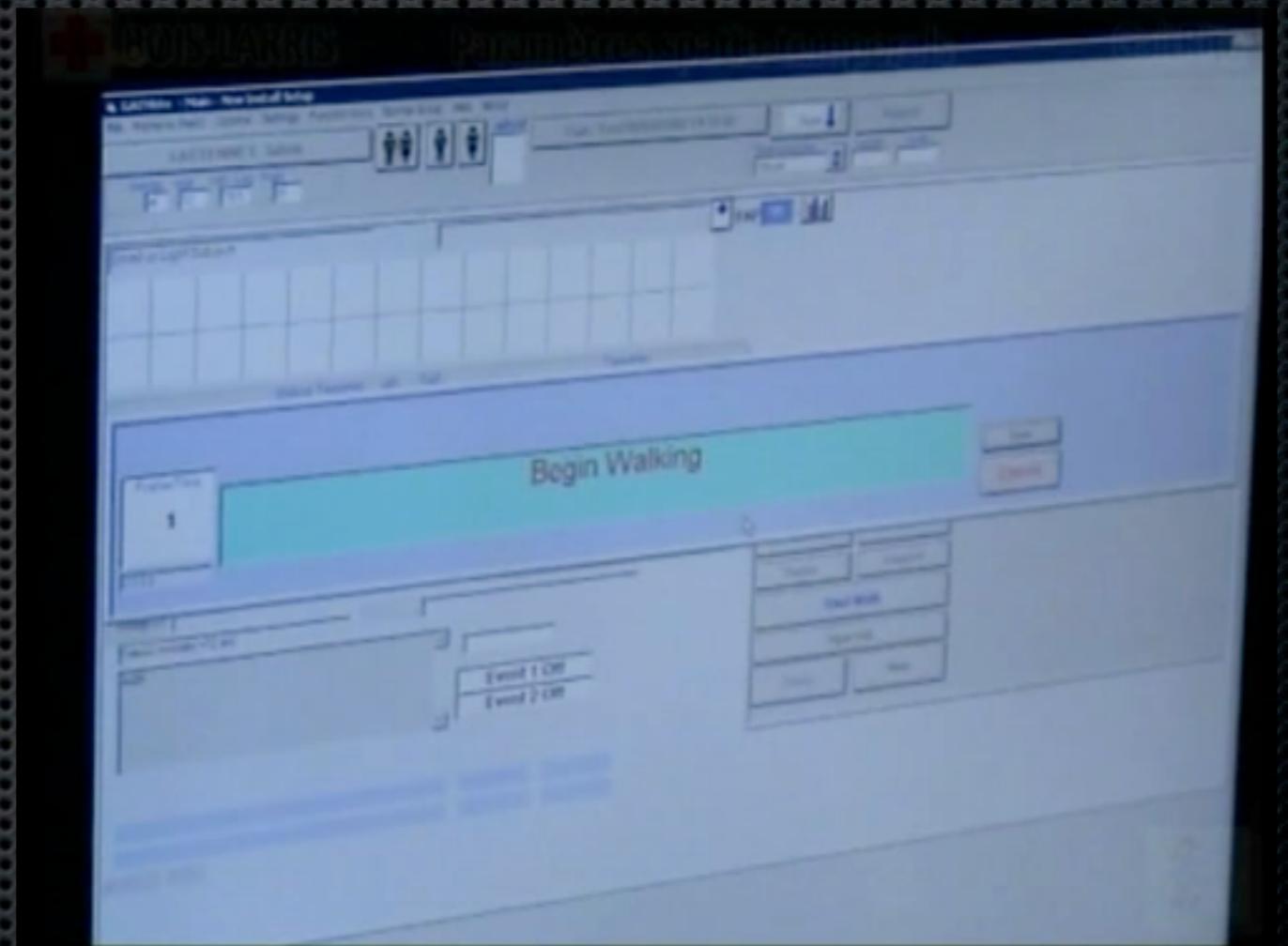
Les outils de mesure

Piste de marche électronique

- Système GaitRite,
- Tapis de marche électronique comprenant 16 000 capteurs de pression







Piste de marche électronique



Bilateral Parameters

Left

Right

Step Time (sec)	.47/10.8	.51/6.9
Cycle Time (sec)	1.01/7.0	.98/1.6
Step Length (cm)	65.92/10.8	58.96/3.2
Stride Length (cm)	129.08/1.1	125.01/4.5
H-H Base Support (cm)	12.52	11.60
Single Support (%GC)	38.3/2.6	39.9/3.1
Double Support (%GC)	23.5/17.6	21.2/5.3
Swing (%GC)	38.6/3.1	39.6/2.6
Stance (%GC)	61.4/9.5	60.4/3.2
Step/Extremity Ratio	.82	.72
Toe In / Out (deg)	-18	10

Parameters

Distance (cm)	374.7
Ambulation Time (sec)	2.94
Velocity (cm/sec)	127.4
Mean Normalized Velocity	1.57
Number of Steps	6
Cadence (Steps/Min)	122.4
Step Time Differential (sec)	.04
Step Length Differential (cm)	6.96
Cycle Time Differential (sec)	.03

L Length R L Width R
 23.60 20.90 12.40 10.40

Primary Dr

F.A.P. Score
88/100

Piste de marche électronique



Parameters

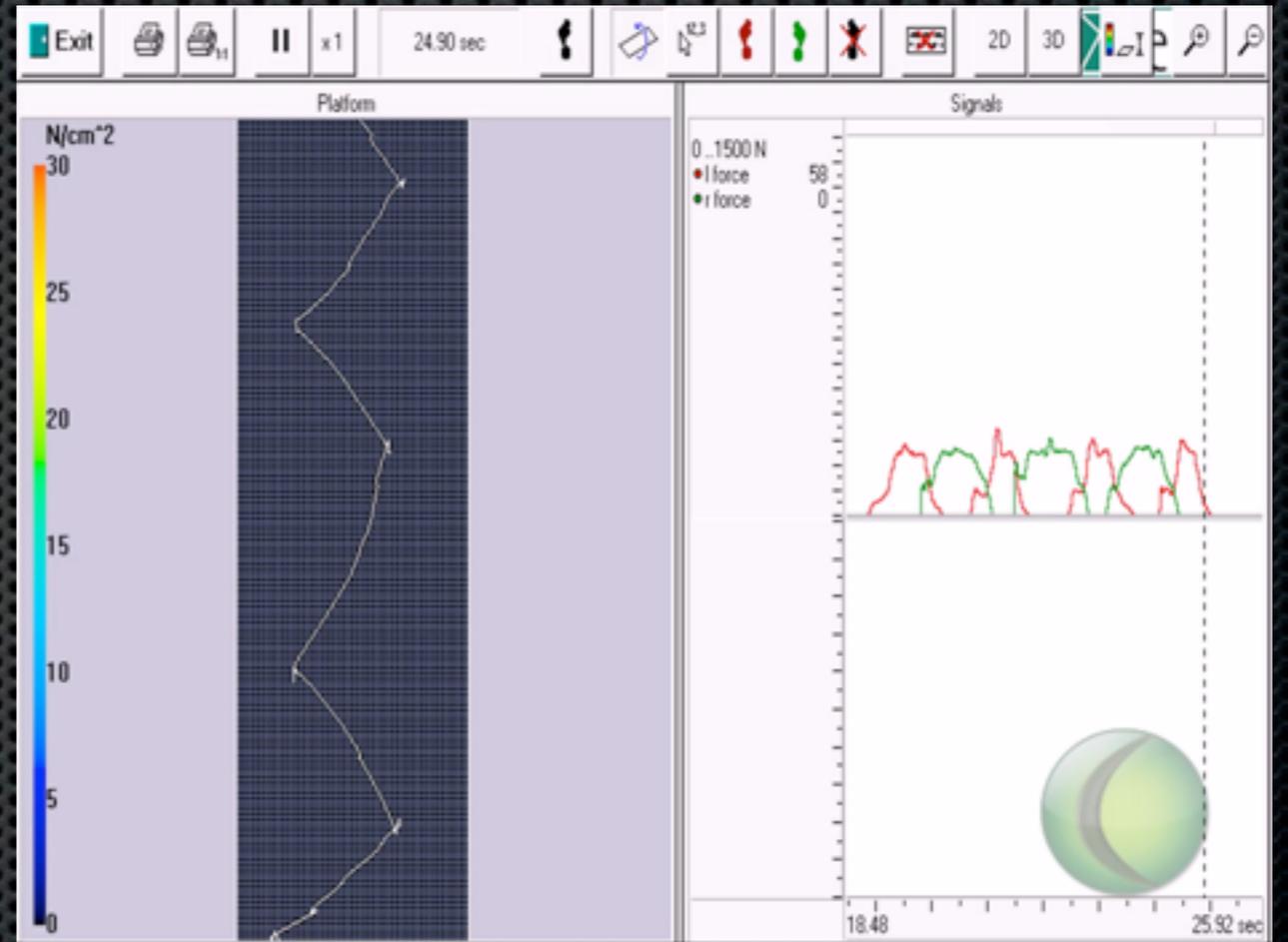
Distance (cm)	370.1
Ambulation Time (sec)	8.24
Velocity (cm/sec)	44.9
Mean Normalized Velocity	.52

Functional Ambulation Profile: 50

Cadence (Steps/Min)	80.1
Step Time Differential (sec)	.14
Step Length Differential (cm)	4.02
Cycle Time Differential (sec)	.01

Walk # / Footfall #	L/R	Mean(%CV)	Valeurs normales +12 ans
Step Time (sec)	L	.811(5.0)	[Bar chart with values 0.44 and 0.53]
	R	.674(5.0)	
Cycle Time (sec)	L	1.499(3.0)	[Bar chart with values 0.91 and 1.04]
	R	1.489(3.0)	
Swing Time (sec)	L	.449(4.0) /30.0	[Bar chart with values 35.98 and 42.66]
	/ %GC R	.379(6.0) /25.5	
Stance (sec)	L	1.050(5.0) /70.0	[Bar chart with values 56.51 and 64.49]
	/ %GC R	1.110(6.0) /74.5	
Single Support (sec)	L	.379(6.0) /25.3	[Bar chart with values 17.6 and 25.42]
	/ %GC R	.449(4.0) /30.2	
Double Support (sec)	L	.671(5.0) /44.8	[Bar chart with values 113.72 and 124.95]
	/ %GC R	.678(6.0) /45.5	
Step Length (cm)	L	35.470(4.0)	[Bar chart with values 54.63 and 63.6]
	R	31.449(4.0)	
Stride Length (cm)	L	67.232(3.0)	[Bar chart with values 113.72 and 124.95]
	R	67.317(2.0)	
Base of Support (cm)	L	15.86(9.0)	[Bar chart with values 113.72 and 124.95]
	R	15.71(8.0)	
Toe In / Out (deg)	L	7(.0)	[Bar chart with values 113.72 and 124.95]
	R	11(.0)	

Avec cannes



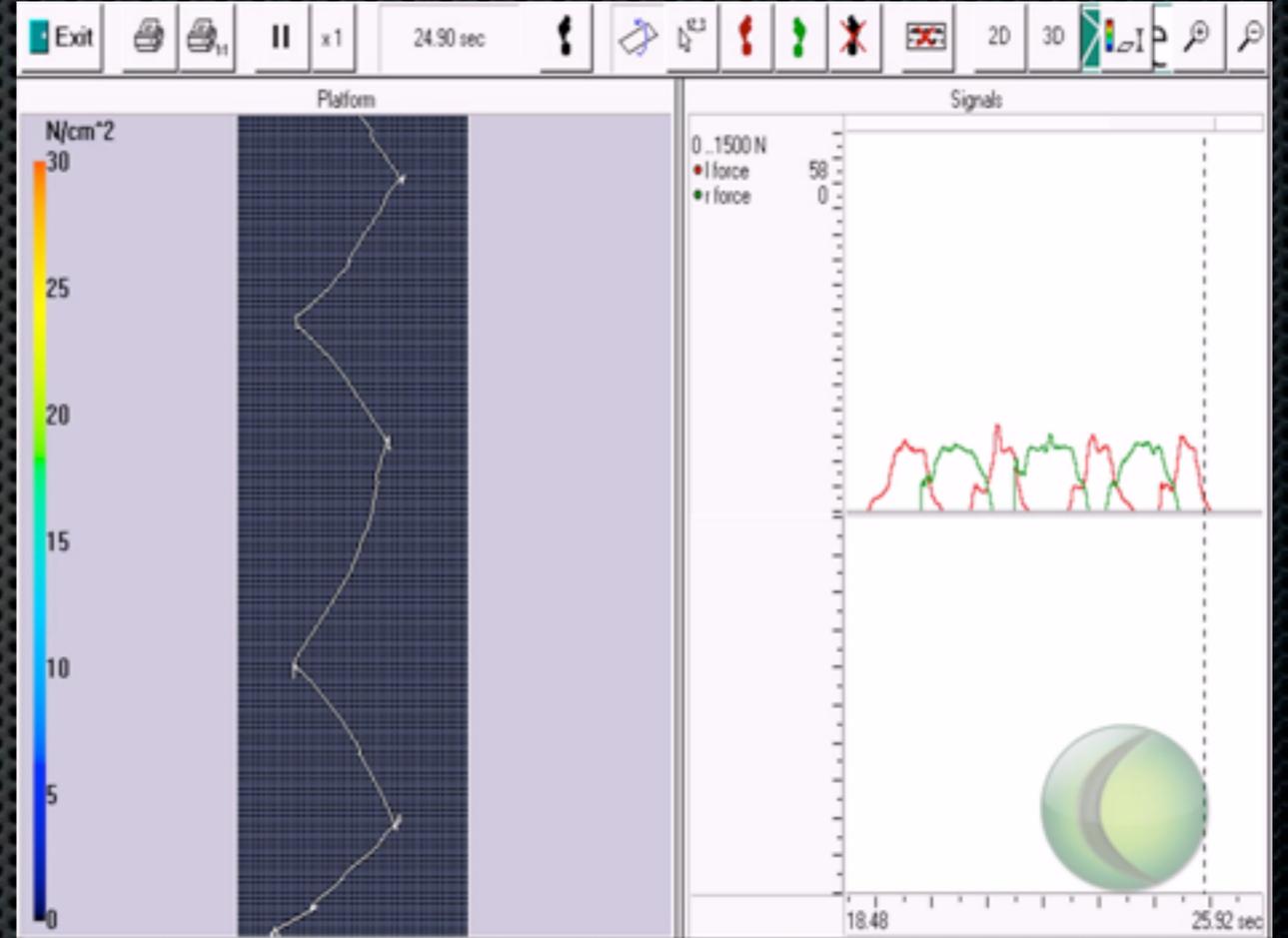
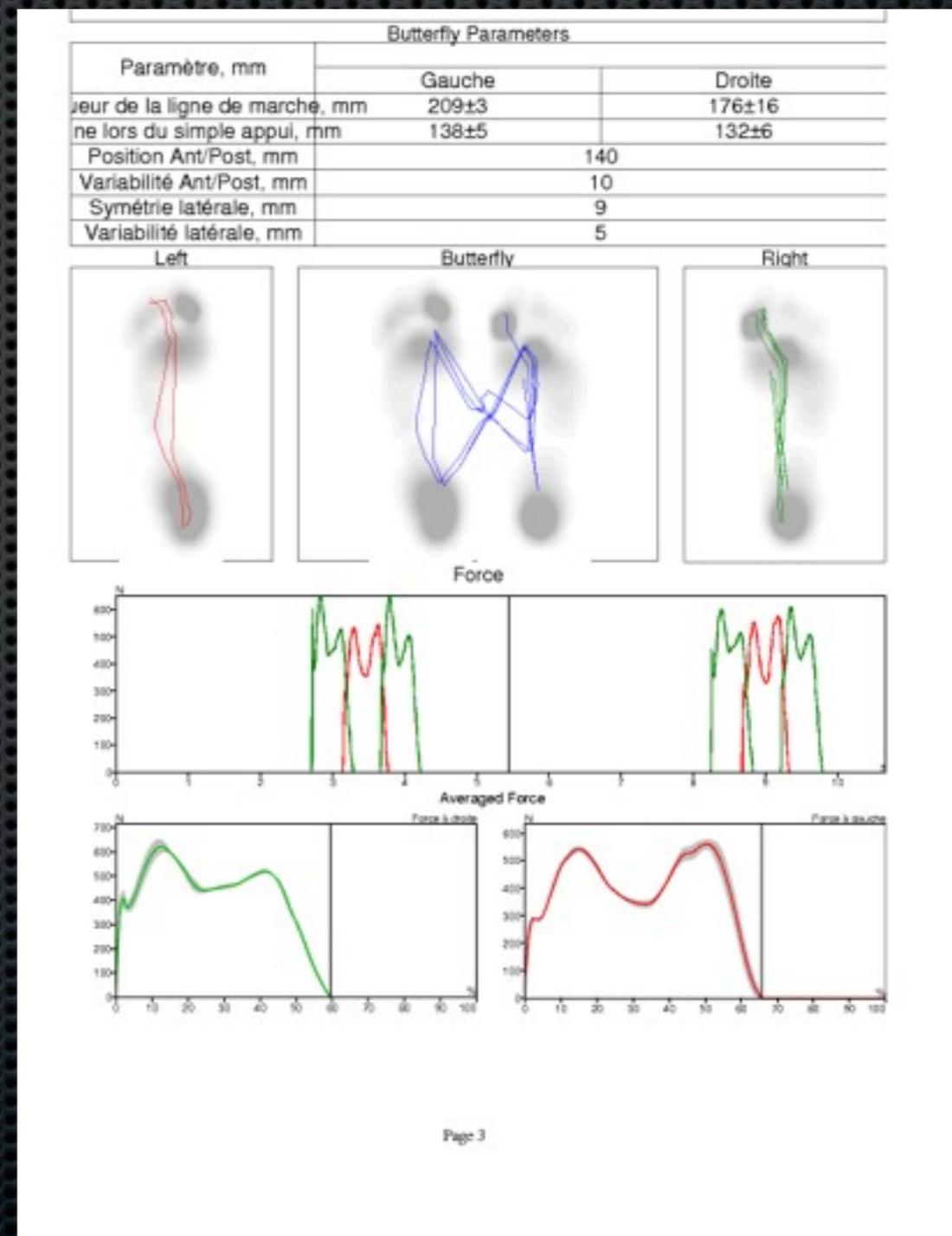
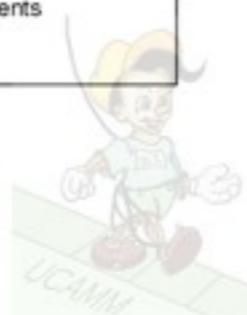
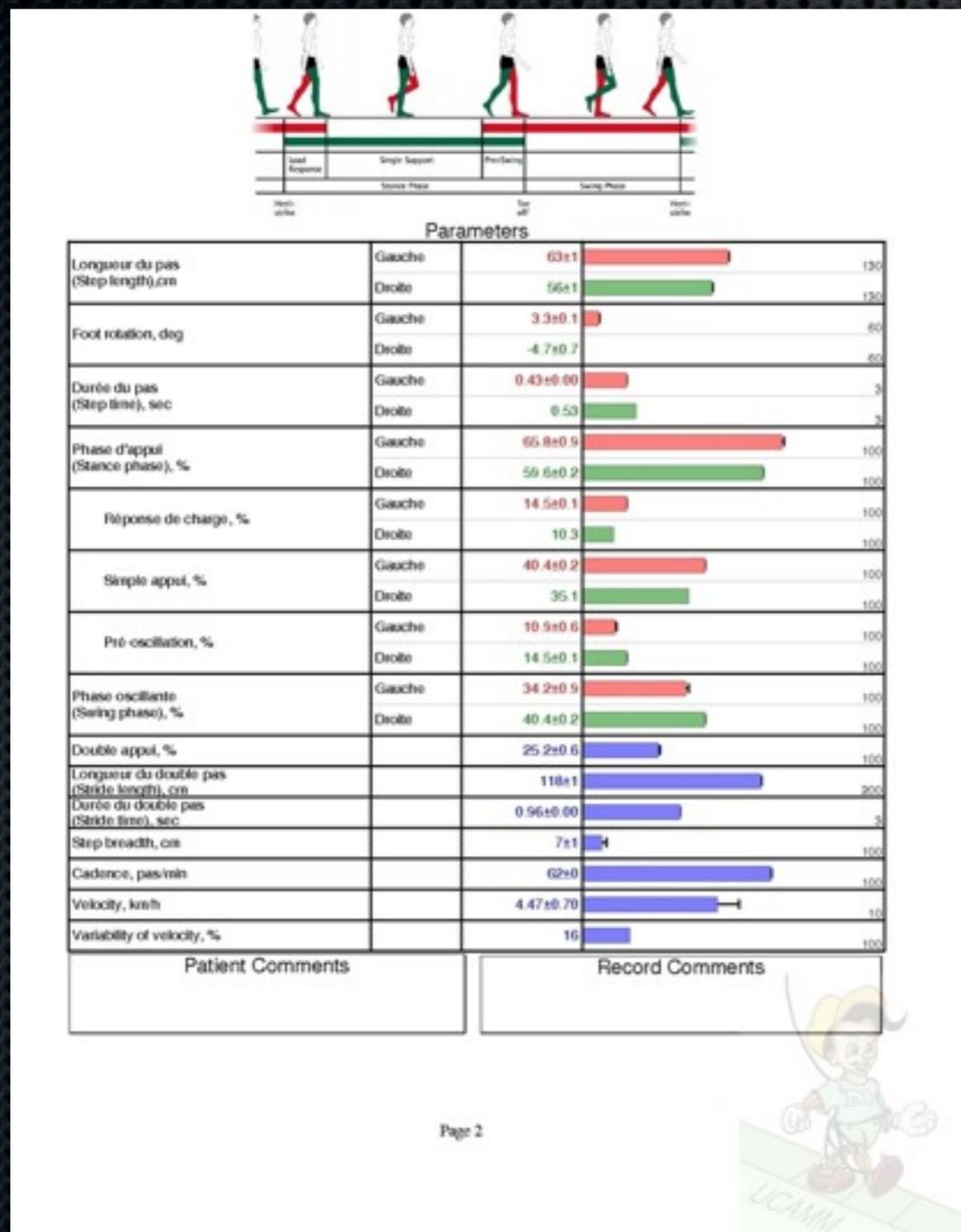
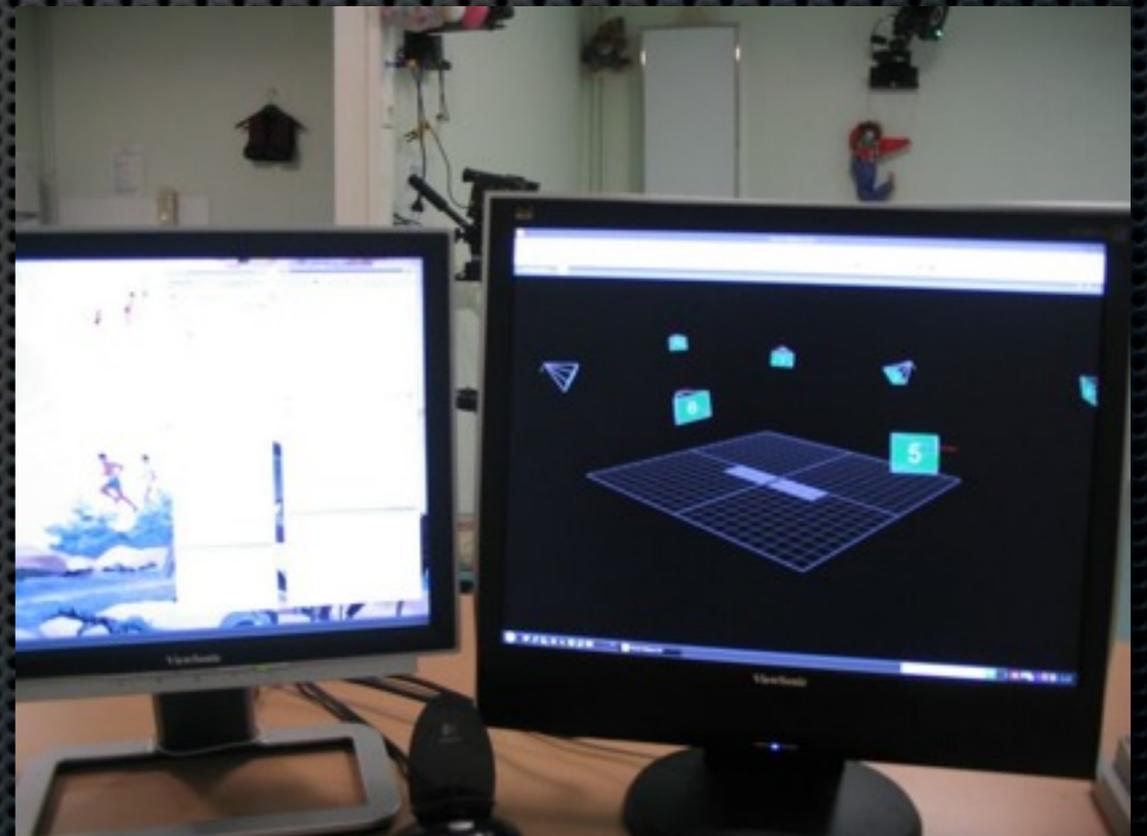


Plate-forme de force zebris



Les systèmes de capture 3D du mouvement

Matériel



Ex : Système Vicon

Déroulement d'une A.Q.M.

Déroulement d'une A.Q.M.



Lecture globale

Age	Gender	Left LEG	Right	Height	Weight
15	F	86	86	164	49



Parameters

Distance (cm)	370.1
Ambulation Time (sec)	8.24
Velocity (cm/sec)	44.9
Mean Normalized Velocity	.52

Functional Ambulation Profile: 50

Cadence (Steps/Min)	80.1
Step Time Differential (sec)	.14
Step Length Differential (cm)	4.02
Cycle Time Differential (sec)	.01

Walk # / Footfall #	L/R	Mean(%CV)	Valeurs normales +12 ans
Step Time (sec)	L	.811(5.0)	[Bar chart showing normal range 0.44 to 0.53]
	R	.674(5.0)	
Cycle Time (sec)	L	1.499(3.0)	[Bar chart showing normal range 0.91 to 1.04]
	R	1.489(3.0)	
Swing Time (sec)	L	.449(4.0) /30.0	[Bar chart showing normal range 35.98 to 42.68]
	R	.379(6.0) /25.5	
Stance (sec)	L	1.050(5.0) /70.0	[Bar chart showing normal range 56.51 to 64.49]
	R	1.110(6.0) /74.5	
Single Support (sec)	L	.379(6.0) /25.3	[Bar chart showing normal range 17.6 to 25.42]
	R	.449(4.0) /30.2	
Double Support (sec)	L	.671(5.0) /44.8	[Bar chart showing normal range 54.63 to 63.6]
	R	.678(6.0) /45.5	
Step Length (cm)	L	35.470(4.0)	[Bar chart showing normal range 113.72 to 124.95]
	R	31.449(4.0)	
Stride Length (cm)	L	67.232(3.0)	
	R	67.317(2.0)	
Base of Support (cm)	L	15.86(9.0)	
	R	15.71(8.0)	
Toe In / Out (deg)	L	7(.0)	
	R	11(.0)	

Avec cannes

Lecture globale

Age	Gender	Left LEG	Right	Height	Weight
15	F	86	86	164	49



Parameters

Distance (cm)	370.1
Ambulation Time (sec)	8.24
Velocity (cm/sec)	44.9
Mean Normalized Velocity	.52

Functional Ambulation Profile: 50

Cadence (Steps/Min)	80.1
Step Time Differential (sec)	.14
Step Length Differential (cm)	4.02
Cycle Time Differential (sec)	.01

Walk # / Footfall #	L/R	Mean(%CV)	Valeurs normales +12 ans
Step Time (sec)	L	.811(5.0)	[Bar chart with values 0.44, 0.53]
	R	.674(5.0)	
Cycle Time (sec)	L	1.499(3.0)	[Bar chart with values 0.91, 1.04]
	R	1.489(3.0)	
Swing Time (sec)	L	.449(4.0) /30.0	[Bar chart with values 35.98, 42.68]
	R	.379(6.0) /25.5	
Stance (sec)	L	1.050(5.0) /70.0	[Bar chart with values 56.51, 64.49]
	R	1.110(6.0) /74.5	
Single Support (sec)	L	.379(6.0) /25.3	[Bar chart with values 17.6, 25.42]
	R	.449(4.0) /30.2	
Double Support (sec)	L	.671(5.0) /44.8	[Bar chart with values 54.63, 63.6]
	R	.678(6.0) /45.5	
Step Length (cm)	L	35.470(4.0)	[Bar chart with values 113.72, 124.95]
	R	31.449(4.0)	
Stride Length (cm)	L	67.232(3.0)	
	R	67.317(2.0)	
Base of Support (cm)	L	15.86(9.0)	
	R	15.71(8.0)	
Toe In / Out (deg)	L	7(.0)	
	R	11(.0)	



Avec cannes

Lecture globale

Age	Gender	Left LEG	Right	Height	Weight
15	F	86	86	164	49



Parameters

Distance (cm)	370.1
Ambulation Time (sec)	8.24
Velocity (cm/sec)	44.9
Mean Normalized Velocity	.52

Functional Ambulation Profile: 50

Cadence (Steps/Min)	80.1
Step Time Differential (sec)	.14
Step Length Differential (cm)	4.02
Cycle Time Differential (sec)	.01

Walk # / Footfall #	L/R	Mean(%CV)	Valeurs normales +12 ans
Step Time (sec)	L	.811(5.0)	[Bar chart showing normal range 0.44 to 0.53]
	R	.674(5.0)	
Cycle Time (sec)	L	1.499(3.0)	[Bar chart showing normal range 0.91 to 1.04]
	R	1.489(3.0)	
Swing Time (sec)	L	.449(4.0) /30.0	[Bar chart showing normal range 35.98 to 42.68]
	R	.379(6.0) /25.5	
Stance (sec)	L	1.050(5.0) /70.0	[Bar chart showing normal range 56.51 to 64.49]
	R	1.110(6.0) /74.5	
Single Support (sec)	L	.379(6.0) /25.3	[Bar chart showing normal range 17.6 to 25.42]
	R	.449(4.0) /30.2	
Double Support (sec)	L	.671(5.0) /44.8	[Bar chart showing normal range 54.63 to 63.6]
	R	.678(6.0) /45.5	
Step Length (cm)	L	35.470(4.0)	[Bar chart showing normal range 113.72 to 124.95]
	R	31.449(4.0)	
Stride Length (cm)	L	67.232(3.0)	
	R	67.317(2.0)	
Base of Support (cm)	L	15.86(9.0)	
	R	15.71(8.0)	
Toe In / Out (deg)	L	7(.0)	
	R	11(.0)	

Avec cannes

Relation cinématique / PST

Tableau 5. GGI et FAP obtenus chez les enfants diplolégiques et hémiplolégiques

	Gillette Gait Index				Functional Ambulation Profile			
	Moyenné	Gauche	Droit	G-D	Score	Pas gauche	Pas droit	G-D
Diplo légiques								
Sujet 1	54	65	42	23	81	11	5	6
Sujet 2	91	89	92	-3	92	4	4	0
Sujet 3	266	234	298	-64	87	3	2	1 *
Sujet 4	175	130	220	-90	81	6	2	4 *
Sujet 5	118	160	76	84	80	11	7	4
Sujet 6	119	99	139	-40	97	3	0	3 *
Sujet 7	397	542	251	291	66	17	9	8
Sujet 8	266	223	309	-86	81	5	6	-1
Sujet 9	108	107	109	-2	93	4	3	1 *
Sujet 10	158	157	158	-1	81	10	9	1 *
Sujet 11	187	248	125	123	81	8	8	0
Sujet 12	137	134	140	-6	96	3	1	2 *
Sujet 13	100	104	96	8	91	3	4	-1 *
Sujet 14	101	109	92	17	82	10	6	4
Hémi plégiques								
Sujet 15	40	34	46	-12	92	5	1	4 *
Sujet 16	150	75	224	-	61	9	21	-12
Sujet 17	174	40	308	-	82	8	2	6 *
Sujet 18	86	57	115	-58	94	4	2	2 *
Sujet 19	205	59	351	-	69	22	1	21 *
Sujet 20	157	106	208	-	69	20	3	17 *
Sujet 21	81	51	111	-60	56	10	9	1 *
Sujet 22	30	40	19	21	93	1	5	-4 *
Sujet 23	142	210	73	137	83	2	7	-5 *

Training