



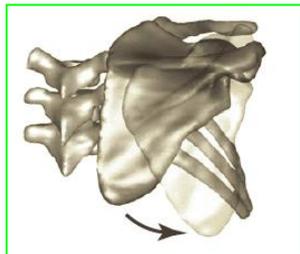
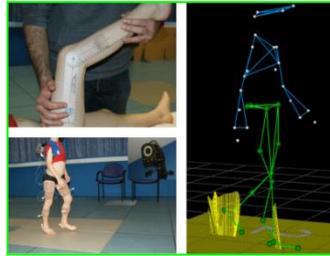
Développement et analyse de la marche normale et pathologique de l'enfant

Sylvain Brochard &team
PU-PH MPR pédiatrique

Twitter: @sb_brest



Inserm



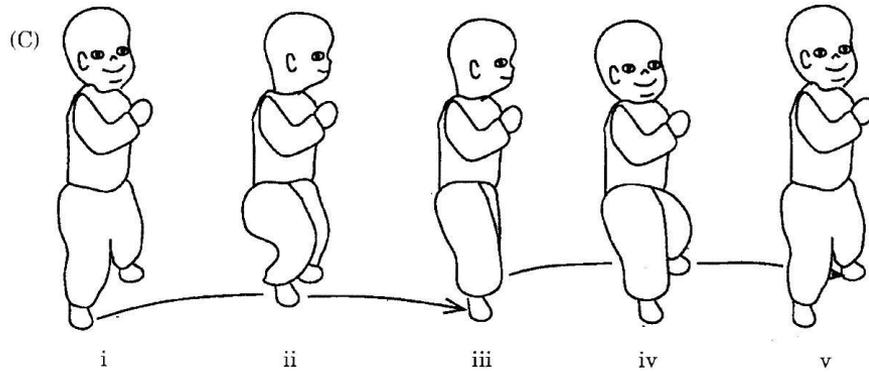
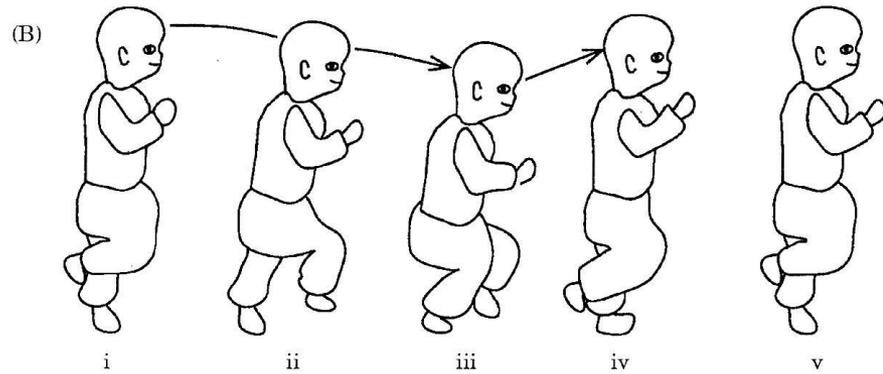
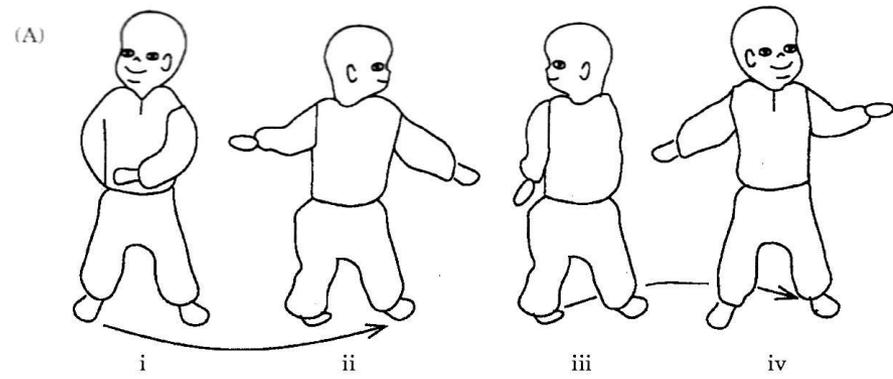
BEgCHiLD

Objectifs

- Développement de la marche normale
- Evaluation/observation de la marche
- Description de marche pathologique de l'enfant
- Analyse de la marche instrumentalisée ?







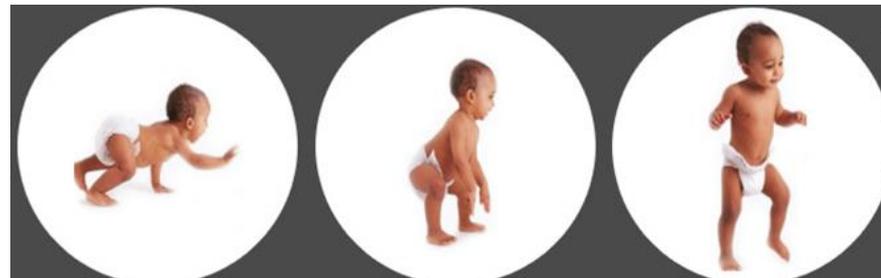
Développement de la marche



- Essai/échec
- NEM
- Adaptation posturale/équilibre

- Marche sur au moins 10 pas (ou 7)
- Moyenne: 12 mois /grande variabilité inter-sujets

- Pathologique ?



Marche automatique

Goto.Y, 1985 Forssbergh. H, 1985, Domici 2011

- Marche innée
- Diffère par la phase d'appui prolongée et un appui par l'avant du pied
- Disparition de la marche automatique (2 mois),
- Générateur spinal de la marche ?



Touch down



Mid-stance



Toe off



Mid-swing



Touch down

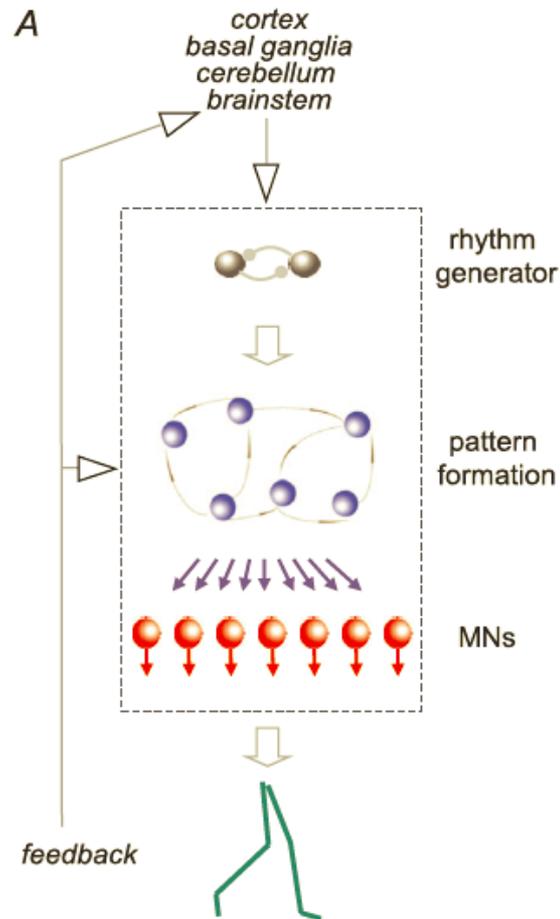
Patterned control of human locomotion

Francesco Lacquaniti^{1,2,3}, Yuri P. Ivanenko³ and Myrka Zago³

¹Department of Systems Medicine, Neuroscience Section, University of Rome Tor Vergata, 00133 Rome, Italy

²Centre of Space Bio-medicine, University of Rome Tor Vergata, 00173 Rome, Italy

³Laboratory of Neuromotor Physiology, IRCCS Santa Lucia Foundation, 00179 Rome, Italy



Patterned control of human locomotion

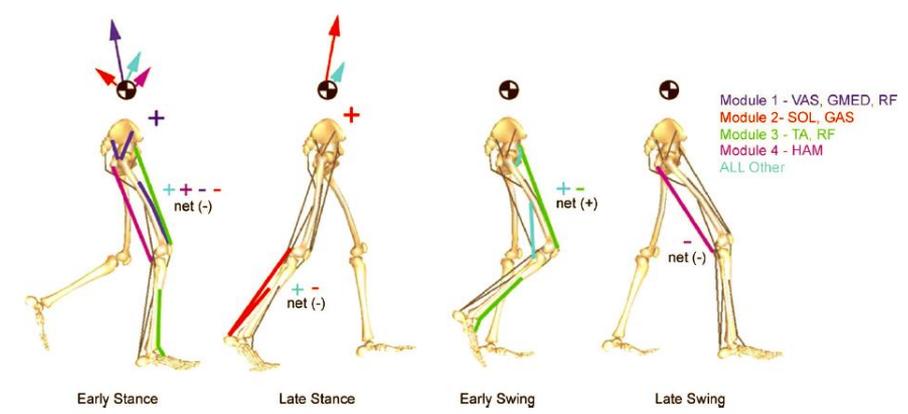
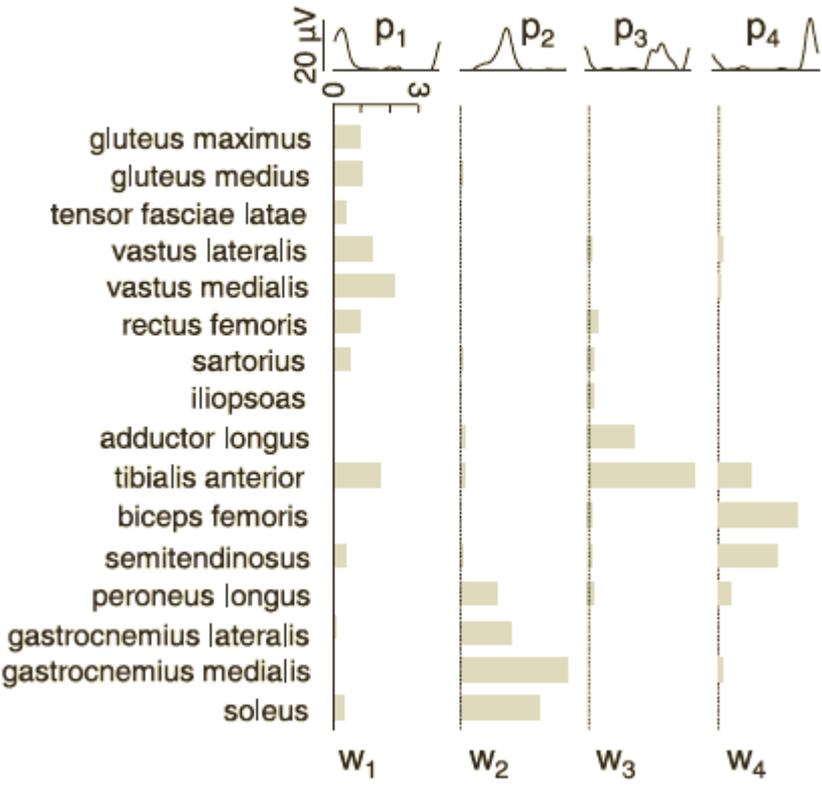
Francesco Lacquaniti^{1,2,3}, Yuri P. Ivanenko³ and Myrka Zago³

¹Department of Systems Medicine, Neuroscience Section, University of Rome Tor Vergata, 00133 Rome, Italy

²Centre of Space Bio-medicine, University of Rome Tor Vergata, 00173 Rome, Italy

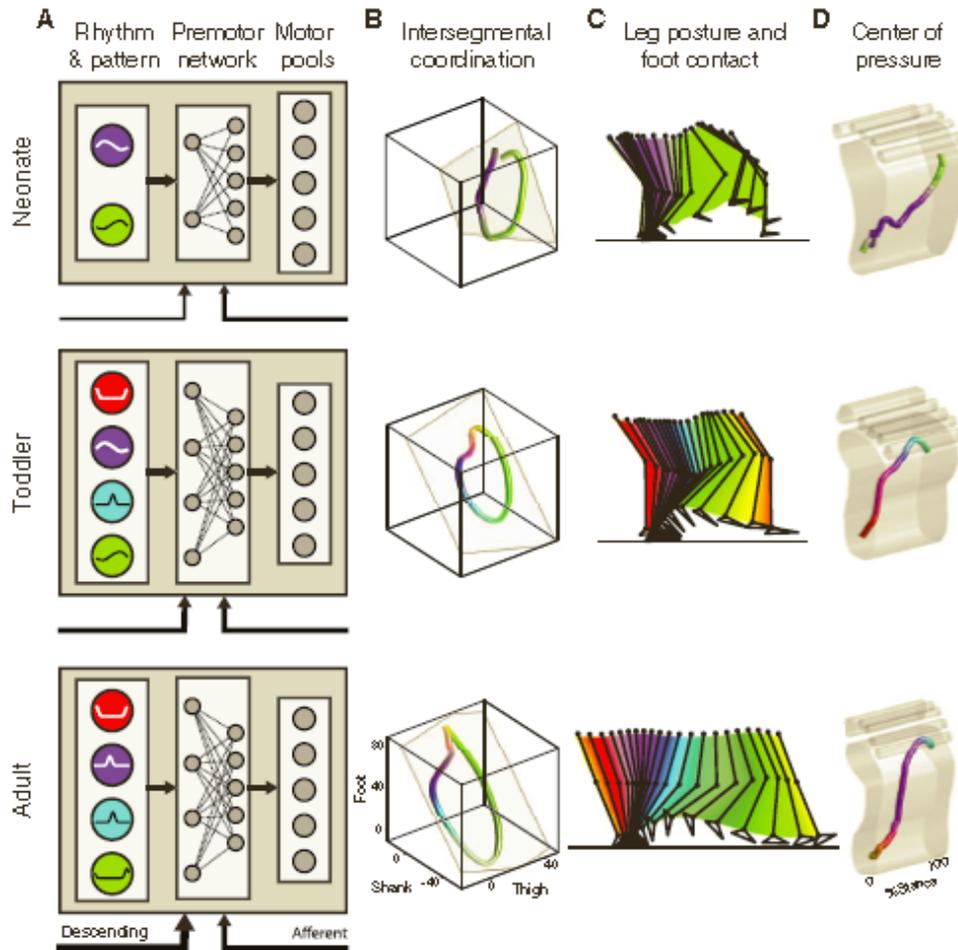
³Laboratory of Neuromotor Physiology, IRCCS Santa Lucia Foundation, 00179 Rome, Italy

A Forward walking



Locomotor Primitives in Newborn Babies and Their Development

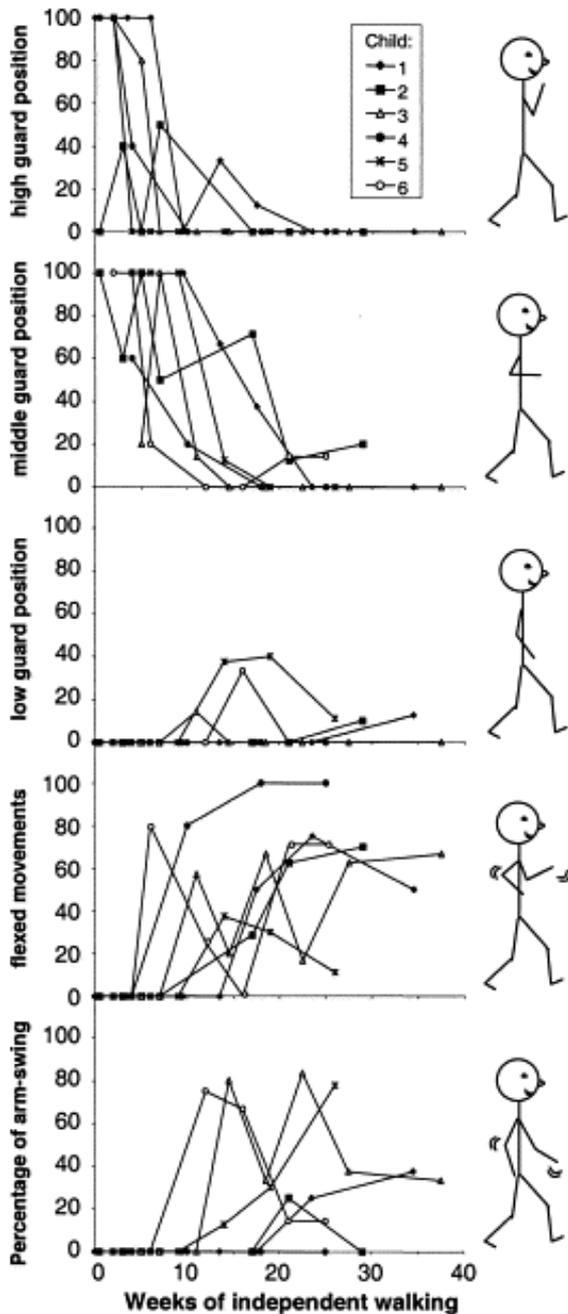
Nadia Dominici,^{1,2} Yuri P. Ivanenko,¹ Germana Cappellini,¹ Andrea d'Avella,¹ Vito Mondì,³ Marika Cicchese,³ Adele Fabiano,³ Tiziana Silei,³ Ambrogio Di Paolo,³ Carlo Giannini,⁴ Richard E. Poppele,³ Francesco Lacquaniti^{1,2,6*}



La marche libre

Sutherland 1988

- Avant 1 an: l'enfant rattrape son centre de gravité (tronc incliné en flexion, antéversion du bassin, membres inférieurs en triple flexion, IC par avant pied)
- À 2 ans:
 - Rotation alternée des ceintures par stabilisation du bassin
 - Transfert du centre de gravité mature
 - Amorti du genou mature
 - Adaptation au terrain ou un obstacle vers 2 ans Haas. G, 1985
- Dès 4 ans la cinétique ressemble à celle de l'adulte:
 - Peu de propulsion avant 2 ans et normal à 4 ans
 - Angle du pas 15° ext à 1 an, 3° interne à 4 ans
 - 7 ans: acceptation du poids identique à l'adulte
- **Acquisition d'une marche mature entre 6 et 8 ans** Sutherland 1988
- Influence du sexe à partir de l'adolescence Grieve. D.W, 1966



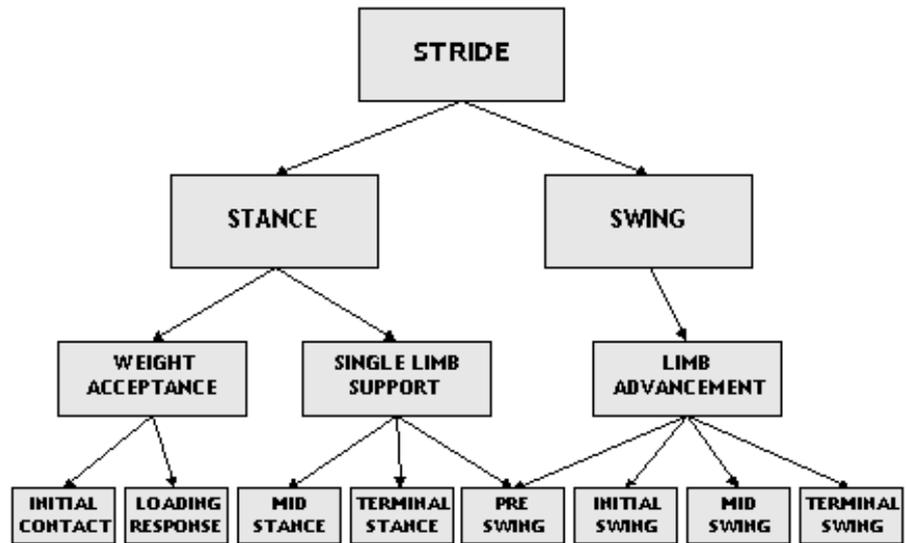
Position garde haute

Position garde moyenne

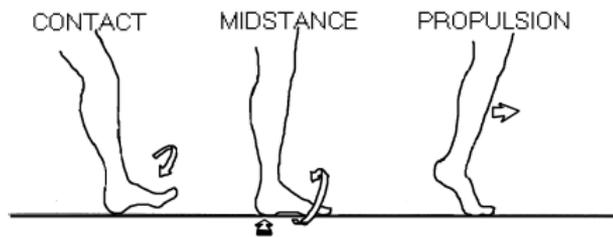
Position garde basse

Mouvements fléchis

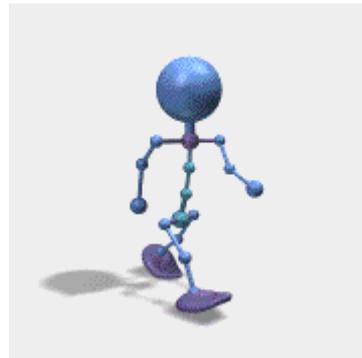
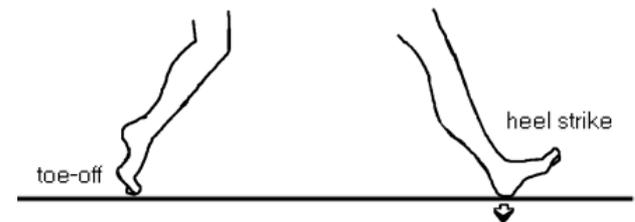
% mobilité bras oscillant



STANCE PHASE



SWING PHASE



Marche mature: 4 critères de Sutherland 1988

- Attaque par le talon
- Balancement des bras (acquis pour tous à 4 ans)
- Flexion de genou en début de phase d'appui
- Rapport largeur du bassin/écartement des chevilles: 1,5 puis 2,5 à partir de 3 ans et stable

Les 5 pré-requis de la marche normale

Gage, 1991

- Stabilité en phase d'appui
- Liberté de passage du pas
- Bon pré-positionnement en phase oscillante
- Longueur du pas adapté
- Conservation de l'énergie

Analyse de la marche

- Œil de l'observateur
- Questionnaire d'évaluation fonctionnelle de la marche Gillette's functional assessment questionnaire Novacheck, T., *J Pediatr Orthop*, 2000.
- Score d'observation de la marche Observational Gait Scale (modified Physician Rating Scale) Mackey AH, 2003, *Dev Med Child Neurol* 2003
- Vidéo
Chaleat-Valayer E, J Pediatr Orthop B. 2006
- EMG-Vidéo
Blanc Y 1996 EMG timing errors of pathological gait. SENIAM european activities
- Tapis de marche roulant ou non: PST
- Analyse 3D de la marche Mackey Ah, *gait and posture* 2005

Développement moteur et acquisition de la marche de l'enfant au développement typique (DT) et de l'enfant avec PC



- Pattern spécifique, séquentiel et temporel, directions initiales de développement crânio-caudal, proximo-distal et médio-latéral du contrôle moteur
Aubert 2015

DT



Retard du développement et dysfonctionnement des différents niveaux du contrôle moteur Van Balen, 2015, Hadders-Algra, 1999, van der Heide, 2004

PC



- Vaste littérature -> des modifications et caractéristiques d'immaturité des paramètres de marche Sutherland, 1980, Hallemans 2005, 2006, Samson 2009, 2011, Van Hamme, 2015, Okamoto, 2001
- Pas de consensus sur la définition Yaguramaki, 2002

Premiers 6 mois de marche

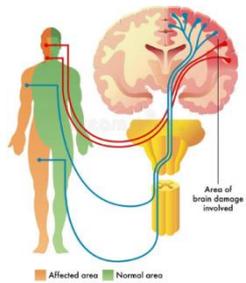
« riche » en changements biomécaniques et du contrôle moteur
Hallemans, 2006, Bisi 2015



- Peu d'études Cappellini, 2016, Prosser 2010, Leonard, 1991, Woollacott, 1996, Lauer, 2010
- Différents outils de mesure et une grande hétérogénéité de la population
- Modification des PST, cinématique (sagittale, trajectoire du pied), EMG (immaturité+)

peu d'études sur l'analyse 3D (AQM) et EMG dynamique

Physiopathologie des troubles neuro musculo-squeletique de la marche de l'enfant avec une PC



Modifications primaires

Faiblesse musculaire
Default de control moteur
Spasticité
Co-contractions

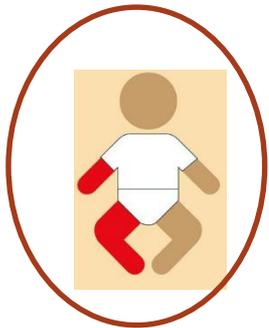


Modifications secondaires

Rétractions musculo-tendineuses
Raideurs articulaires
Déformations osseuses, luxations articulaires



Modifications tertiaires (compensatoires)



Examen clinique

ANALYSE QUANTIFIEE DE LA MARCHÉ - EVALUATION CLINIQUE ANALYTIQUE

Nom :		Date de naissance		Examineur(s)		Date d'examen			
Atteinte Clinique		XX/XX/XXXX		Dr. Brochard		XX/XX/2008			
HANCHE	Mobilité		Force		HANCHE	Spasticité			
	G	D	G	D		G		D	
			Force	Force		Ashworth	Tardieu	Ashworth	Tardieu
Flexion					Ilio-psoas				
Extension (Staheli) Genou à 0°					Grand fessier				
Extension (Staheli) Genou à 90°					Moyen fessier				
Abduction Flex-Hanche / Flex-genou					Adducteurs				
Abduction Ext-Hanche / Ext-genou									
Adduction									
Rotation Int-Ext Decubitus Ventral									
GENOU	G	D	G	D	GENOU	G	D	G	D
Flexion					Ischio-jambier				
Angle poplité unilatéral					Extenseurs				
Extension									
CHEVILLE	G	D	G	D	CHEVILLE	G	D	G	D
Flexion Dorsale genou en extension					Tibialis Anterior				
Flexion Dorsale genou fléchi					Gastroc-Soleus				
					Peroneus L/B				
					Tibialis Posterior				
					Boyd				
ANOMALIES OSSEUSES	G	D	CMS Boyd : Dorsiflexion du pied		Tardieu				
ILMI			0 : Pas de mvt		0 : Pas de résistance				
Antétorsion Fémorale (Netter)			1 : Mvt limité EDL et/ou EHL		1 : Discrète augmentation de la résistance au cours du mouvement passif sans ressaut				
Axe Bi-Malléolaire (DV)			2 : Mvt avec EDL / EHL et un peu de TA		2 : Ressaut franc interrompant le mouvement passif, suivi d'un relâchement (Angle)				
Rotule haute			3 : Mvt complet avec surtout TA mais CT positif		3 : Clonus épuisable (<10s) (Angle)				
Dislocation médio-tarsienne			4 : Mvt complet, sélectif sans CT		4 : Clonus inépuisable (>10s) (Angle)				
Type de spasticité			Ashworth modifié						
Spasticité type I Phasique	Score de Tardieu		0 : Tonus musculaire normal		0 : Tonus musculaire normal				
Spasticité type II Tonique	score d'Ashworth		1 : Augmentation discrète du tonus musculaire, ressaut suivi d'un relâchement, résistance minimale en fin de mouvement		1 : Augmentation discrète du tonus musculaire, ressaut suivi d'une résistance minimale sur moins de la moitié de l'amplitude articulaire				
Spasticité type III Mixte			2 : Augmentation plus marquée, touchant la majeure partie de l'amplitude articulaire, l'articulation est mobilisée facilement		2 : Augmentation plus marquée, touchant la majeure partie de l'amplitude articulaire, l'articulation est mobilisée facilement				
			3 : Augmentation importante du tonus musculaire rendant la mobilisation passive difficile		3 : Augmentation importante du tonus musculaire rendant la mobilisation passive difficile				
			4 : Articulation fixée		4 : Articulation fixée				

GMFM= gold standard of motor function

Measurement Properties of Gait-Related Outcomes in Youth With Neuromuscular Diagnoses: A Systematic Review

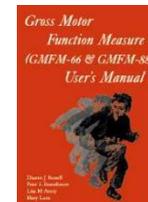
Corinne Ammann-Reiffer, Caroline H.C. Bastiaens, Rob A. de Bie, Hubertus J.A. van Hedel

C. Ammann-Reiffer, PT, MPTC, Pediatric Rehab Research Group, Rehabilitation Center for Children and Adolescents, University Children's Hospital Zurich, Allfaldstrasse 11b, Switzerland; Children's Research Center, University Children's Hospital Zurich, Zurich, Switzerland, and Department of

Item	E: WALKING, RUNNING & JUMPING	SCORE				NT
* 65.	STD, 2 HANDS ON LARGE BENCH: CRUISES 5 STEPS TO R.....	0	1	2	3	65.
* 66.	STD, 2 HANDS ON LARGE BENCH: CRUISES 5 STEPS TO L.....	0	1	2	3	66.
* 67.	STD, 2 HANDS HELD: WALKS FORWARD 10 STEPS.....	0	1	2	3	67.
* 68.	STD, 1 HAND HELD: WALKS FORWARD 10 STEPS.....	0	1	2	3	68.
* 69.	STD: WALKS FORWARD 10 STEPS.....	0	1	2	3	69.
* 70.	STD: WALKS FORWARD 10 STEPS, STOPS, TURNS 180°, RETURNS.....	0	1	2	3	70.
* 71.	STD: WALKS BACKWARD 10 STEPS.....	0	1	2	3	71.
* 72.	STD: WALKS FORWARD 10 STEPS, CARRYING A LARGE OBJECT WITH 2 HANDS.....	0	1	2	3	72.
* 73.	STD: WALKS FORWARD 10 CONSECUTIVE STEPS BETWEEN PARALLEL LINES 20cm (8") APART.....	0	1	2	3	73.
* 74.	STD: WALKS FORWARD 10 CONSECUTIVE STEPS ON A STRAIGHT LINE 2cm (3/4") WIDE.....	0	1	2	3	74.
* 75.	STD: STEPS OVER STICK AT KNEE LEVEL, R FOOT LEADING.....	0	1	2	3	75.
* 76.	STD: STEPS OVER STICK AT KNEE LEVEL, L FOOT LEADING.....	0	1	2	3	76.
* 77.	STD: RUNS 4.5m (15'), STOPS & RETURNS.....	0	1	2	3	77.
* 78.	STD: KICKS BALL WITH R FOOT.....	0	1	2	3	78.
* 79.	STD: KICKS BALL WITH L FOOT.....	0	1	2	3	79.
* 80.	STD: JUMPS 30cm (12") HIGH, BOTH FEET SIMULTANEOUSLY.....	0	1	2	3	80.
* 81.	STD: JUMPS FORWARD 30 cm (12"), BOTH FEET SIMULTANEOUSLY.....	0	1	2	3	81.
* 82.	STD ON R FOOT: HOPS ON R FOOT 10 TIMES WITHIN A 60cm (24") CIRCLE.....	0	1	2	3	82.
* 83.	STD ON L FOOT: HOPS ON L FOOT 10 TIMES WITHIN A 60cm (24") CIRCLE.....	0	1	2	3	83.
* 84.	STD, HOLDING 1 RAIL: WALKS UP 4 STEPS, HOLDING 1 RAIL, ALTERNATING FEET.....	0	1	2	3	84.
* 85.	STD, HOLDING 1 RAIL: WALKS DOWN 4 STEPS, HOLDING 1 RAIL, ALTERNATING FEET.....	0	1	2	3	85.
* 86.	STD: WALKS UP 4 STEPS, ALTERNATING FEET.....	0	1	2	3	86.
* 87.	STD: WALKS DOWN 4 STEPS, ALTERNATING FEET.....	0	1	2	3	87.
* 88.	STD ON 15cm (6") STEP: JUMPS OFF, BOTH FEET SIMULTANEOUSLY.....	0	1	2	3	88.

Check (3) the appropriate score: if an item is not tested (NT), circle the item number on the right column

Item	A: LYING & ROLLING	SCORE				NT
1.	SUP. HEAD IN MIDLINE: TURNS HEAD WITH EXTREMITIES SYMMETRICAL.....	0	1	2	3	1.
* 2.	SUP: BRINGS HANDS TO MIDLINE, FINGERS ONE WITH THE OTHER.....	0	1	2	3	2.
3.	SUP: LIFTS HEAD 45°.....	0	1	2	3	3.
4.	SUP: FLEXES R HIP & KNEE THROUGH FULL RANGE.....	0	1	2	3	4.
5.	SUP: FLEXES L HIP & KNEE THROUGH FULL RANGE.....	0	1	2	3	5.
* 6.	SUP: REACHES OUT WITH R ARM, HAND CROSSES MIDLINE TOWARD TOY.....	0	1	2	3	6.
* 7.	SUP: REACHES OUT WITH L ARM, HAND CROSSES MIDLINE TOWARD TOY.....	0	1	2	3	7.
8.	SUP: ROLLS TO PR OVER R SIDE.....	0	1	2	3	8.
9.	SUP: ROLLS TO PR OVER L SIDE.....	0	1	2	3	9.
* 10.	PR: LIFTS HEAD UPRIGHT.....	0	1	2	3	10.
11.	PR ON FOREARMS: LIFTS HEAD UPRIGHT, ELBOWS EXT., CHEST RAISED.....	0	1	2	3	11.
12.	PR ON FOREARMS: WEIGHT ON R FOREARM, FULLY EXTENDS OPPOSITE ARM FORWARD.....	0	1	2	3	12.
13.	PR ON FOREARMS: WEIGHT ON L FOREARM, FULLY EXTENDS OPPOSITE ARM FORWARD.....	0	1	2	3	13.
14.	PR: ROLLS TO SUP OVER R SIDE.....	0	1	2	3	14.
15.	PR: ROLLS TO SUP OVER L SIDE.....	0	1	2	3	15.
16.	PR: PIVOTS TO R 90° USING EXTREMITIES.....	0	1	2	3	16.
17.	PR: PIVOTS TO L 90° USING EXTREMITIES.....	0	1	2	3	17.
TOTAL DIMENSION A						



- 100%= 5 y.o. development
- to complete with Functional Mobility Scale (FMS)

Observational gait scales

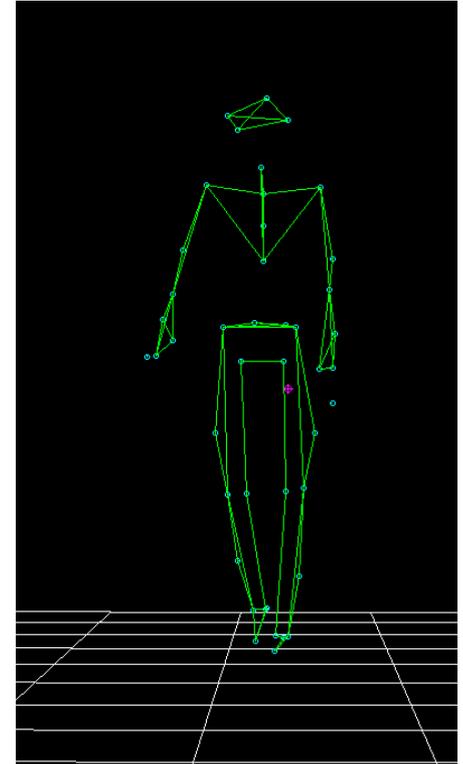
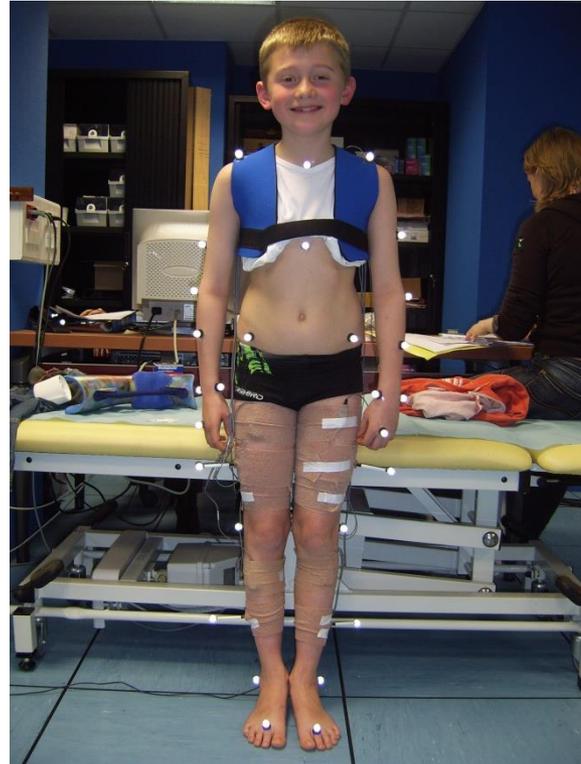
- Video:
 - no reliable *Larsen KL 2012*
 - CP is too various
- Edinburgh visual gait score (EVGS): the better but not enough evidence

Quelles questions se poser?

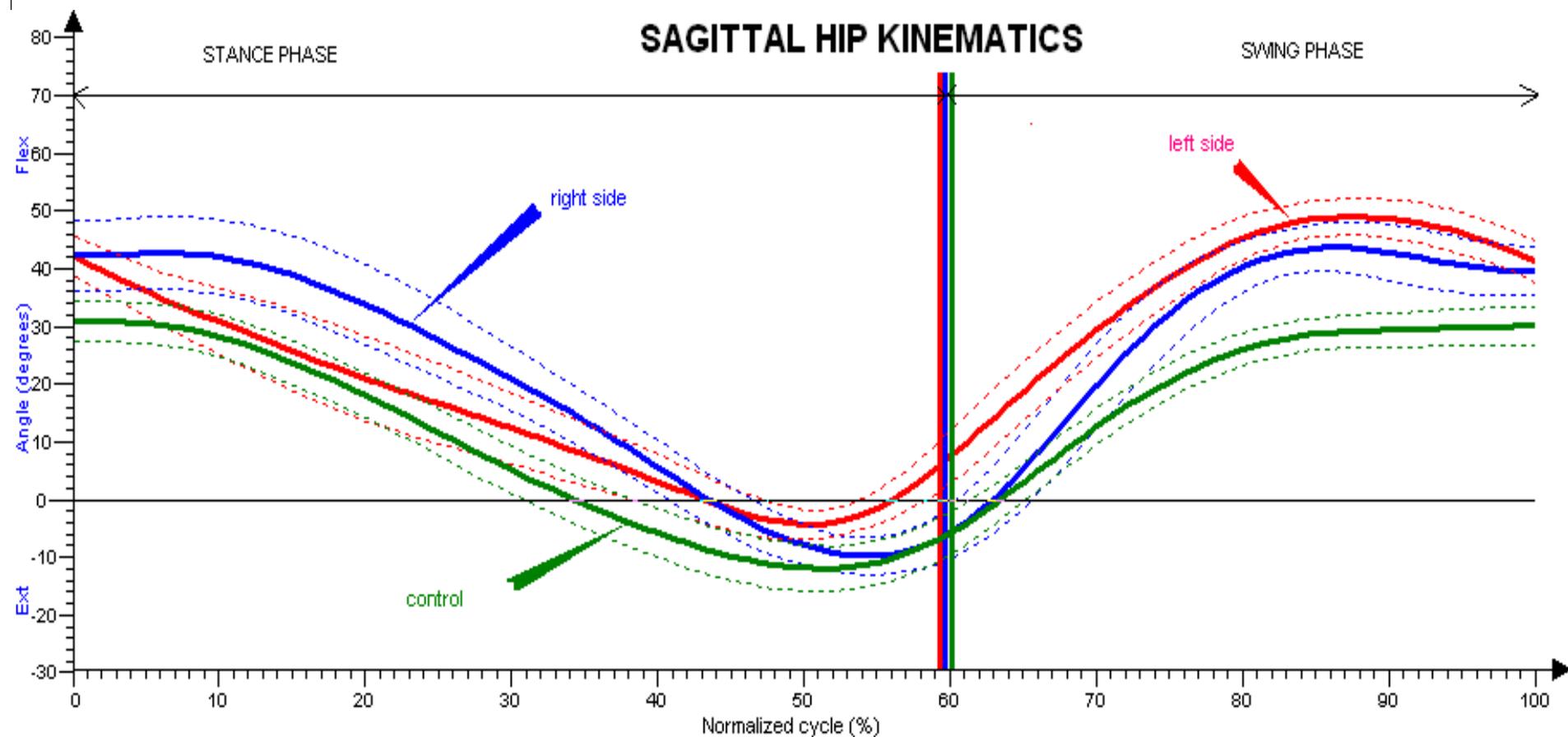
- De quel côté est le problème?
- Phase oscillante et/ou phase d'appui
- Quelles articulations?
- Quel est le trouble primaire de la marche et quels sont les compensations installées?
- Cause et traitement possible du trouble primaire
- En quoi est ce que j'observe est en rapport avec la plainte de l'enfant ou de sa famille?

Marche des enfants PC hémiplésiques

Laboratoire d'analyse du mouvement



SAGITTAL HIP KINEMATICS

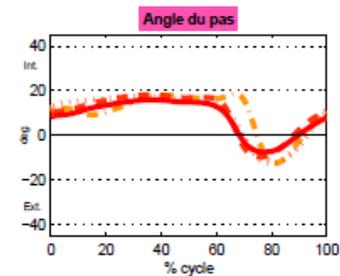
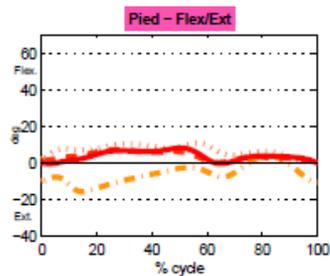
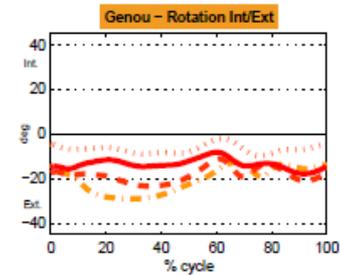
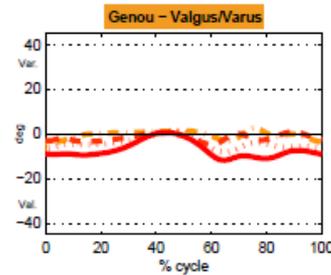
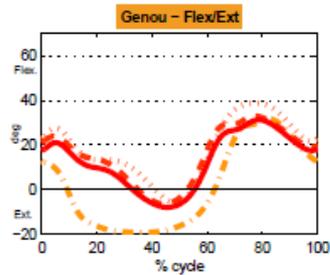
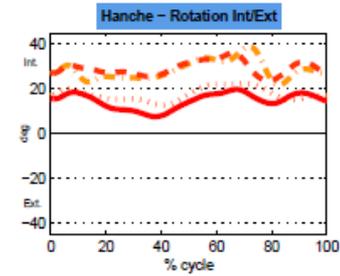
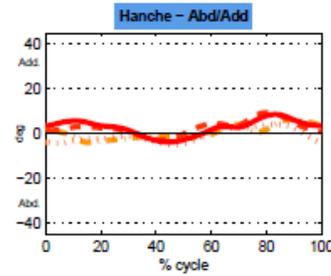
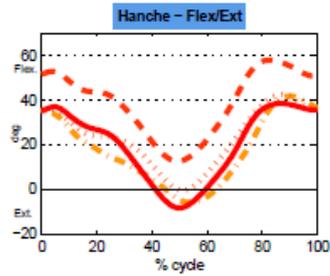
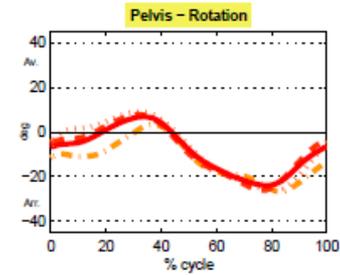
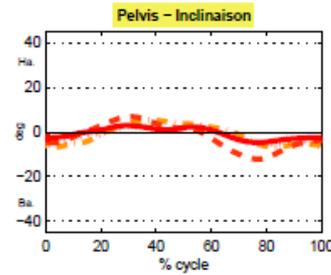
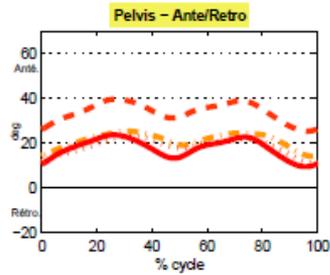


Staff Visio Grand-Ouest



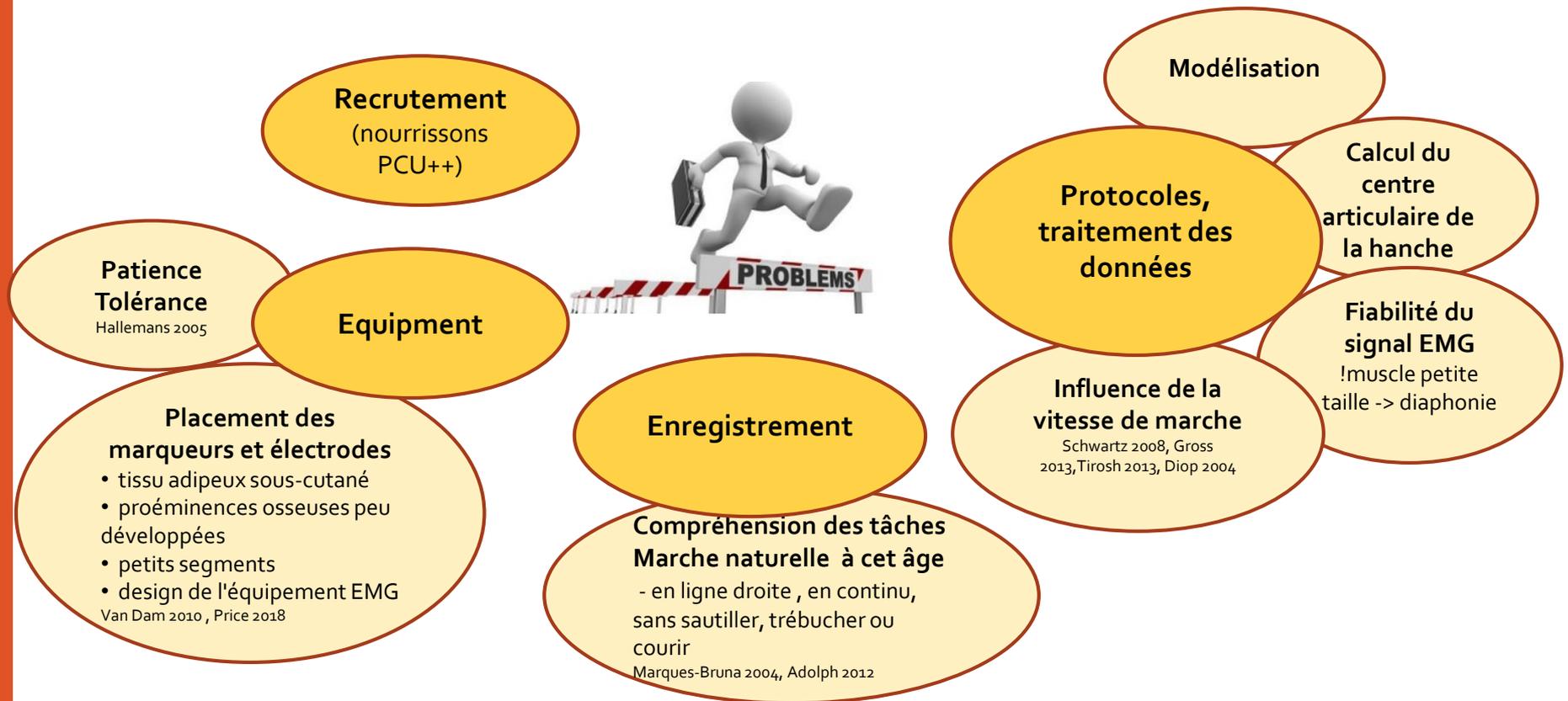
Melle Cherley ROGER
 Date de naissance 24/10/1997
 Examen réalisé le 23/09/2015
 Demandé par le Dr Houx

----- Membre Gauche Session 01 Marche avec cannes
 Membre Gauche Session 02
 - - - - Membre Gauche Session 03 Marche avec cannes
 _____ Membre Gauche Session 04 Marche avec cannes





Défi de la mesure en AQM et EMGs du nourrisson





Développement et analyse de la marche normale et pathologique de l'enfant

<https://sferhe.org/guide-de-lapprentissage-des-troubles-de-la-marche-chez-lenfant/>

Thèse de Sciences Dr Anca Grigoriu: Marche des nourrissons

<https://www.youtube.com/watch?v=wtXPkAy43EQ&t=186s>

Twitter: @sb_brest