





ToNIC
Toulouse
NeuroImaging
Center



Inserm



UNIVERSITÉ
TOULOUSE III
PAUL SABATIER



Évaluation clinique et instrumentale de la marche

DES de Médecine Physique et de Réadaptation

Module 3 - Motricité

05/12/2024 – 2h

Pr David GASQ ^{a,b,c}

^a Université Toulouse 3, Faculté de Santé, Département Médecine, Maïeutique & Paramédicaux

^b CHU de Toulouse, Physiologie Explorations Fonctionnelles, Clinique Universitaire du Mouvement

^c ToNIC, Toulouse NeuroImaging Center, Université de Toulouse, Inserm, UPS



Analyse de la marche ?

2 / 96

**Descripteurs de la marche ?
Modalités d'évaluation ?**

DES MPR – Mod. 3
- D. GASQ
- 05/12/2024



Marche – objectifs d'apprentissage

3 / 96

Descripteurs de la marche

- LOC-1. Connaître la définition du cycle de marche et ses caractéristiques physiologiques.
- LOC-2. Connaître les paramètres spatio-temporels de la marche et leurs valeurs physiologiques.
- LOC-3. Connaître les caractéristiques cinématiques physiologiques de la marche.
- LOC-4. Connaître les caractéristiques cinétiques physiologiques de la marche.
- LOC-5. Connaître les activations musculaires physiologiques lors de la marche.
- LOC-6. Connaître les facteurs d'une marche peu coûteuse sur le plan énergétique.

Analyse observationnelle de la marche

- LOC-7. Savoir réaliser une analyse observationnelle de la marche systématique et ordonnée.
- LOC-8. Savoir utiliser une échelle descriptive des anomalies de la marche cotée à partir d'une vidéo.

Evaluation instrumentale de la marche

- LOC-9. Connaître les outils permettant une analyse spatio-temporelle instrumentale de la marche.
- LOC-10. Connaître les outils permettant une analyse cinématique instrumentale de la marche.
- LOC-11. Connaître les outils permettant une analyse cinétique de la marche.
- LOC-12. Connaître les outils permettant une analyse des activations musculaires au cours de la marche.
- LOC-13. Connaître les bases de l'analyse quantifiée de la marche.
- LOC-14. Connaître les différents niveaux d'évaluation de la marche et leurs indications respectives.

Physiopathologie des anomalies de la marche

- LOC-15. Être capable de distinguer les anomalies primaires des anomalies secondaires et compensatrices en cas de boiterie.
- LOC-16. Être capable de reconnaître et caractériser les principales anomalies de la marche en phase d'appui.
- LOC-17. Être capable de reconnaître et caractériser les principales anomalies de la marche en phase oscillante.

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024



Descripteurs et outils d'évaluation de la marche

4 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Analyse vidéo






	Description de la marche	Pressions plantaires	Paramètres spatio-temporels	Cinétique	Cinématique 3D	EMG dynamique
Outils						
Échelles cliniques et/ou vidéo sans quantification instrumentale	X					
Vidéo +/- infra-rouge avec quantification			X		X	
Capteurs de pressions (contacteurs plantaires, tapis de marche, semelles embarquées)		X	X			
Stations inertielles			X		X	
Plateformes de force			X	X		
Systèmes optoélectroniques 3D (marqueurs passifs ou actifs)			X		X	
EMG de surface ou implantée						X
Niveaux d'analyse de la marche (outils utilisables pour chaque niveau d'analyse de marche : cf. première partie du tableau)						

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Revue systématique de littérature sur les propriétés de mesure des données instrumentales d'évaluation de la locomotion humaine

Objectif = proposer des recommandations d'outils/biomarqueurs sur des bases métrologiques

D. Gasq CHU Toulouse

2



5 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
 - PST
 - Cinématique
 - Cinétique
 - EMG dyn.
 - Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Plan de l’enseignement

- Descripteurs de la marche**
 - Cycle de marche
 - Données spatio-temporelles
 - Données cinématiques
 - Données cinétiques
 - Activations musculaires
 - Coût énergétique de la marche
- Analyse observationnelle de la marche
 - Vidéo de la marche
 - Utilisation d’une échelle standardisée (EVGS)
- Analyse instrumentale de la marche
 - Analyse spatio-temporelle
 - Analyse cinématique
 - Analyse cinétique
 - Analyse en électromyographie dynamique
 - Bases de l’analyse quantifiée de la marche
 - Indications des analyses instrumentales de la marche
- Anomalies primaires, secondaires et compensatrices de la marche
- Description d’une boîtierie en phase d’appui et en phase oscillante
- Analyse de vidéos



6 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
 - PST
 - Cinématique
 - Cinétique
 - EMG dyn.
 - Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

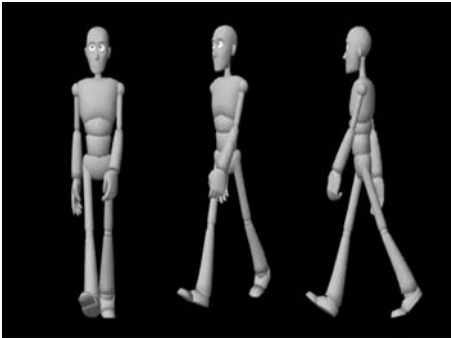
D. GASQ

05/12/2024

Marche

LOC-1

- Mode de locomotion naturel de l’adulte
- Combine maintien de la stabilité et propulsion
- Action combinée et cyclique des deux membres inférieurs



7 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Le cycle de marche

A

B

A. Vaughan et al. Dynamics of human gait 2nd ed. 1999. B. D'après Perry J. Gait analysis 1992.

8 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

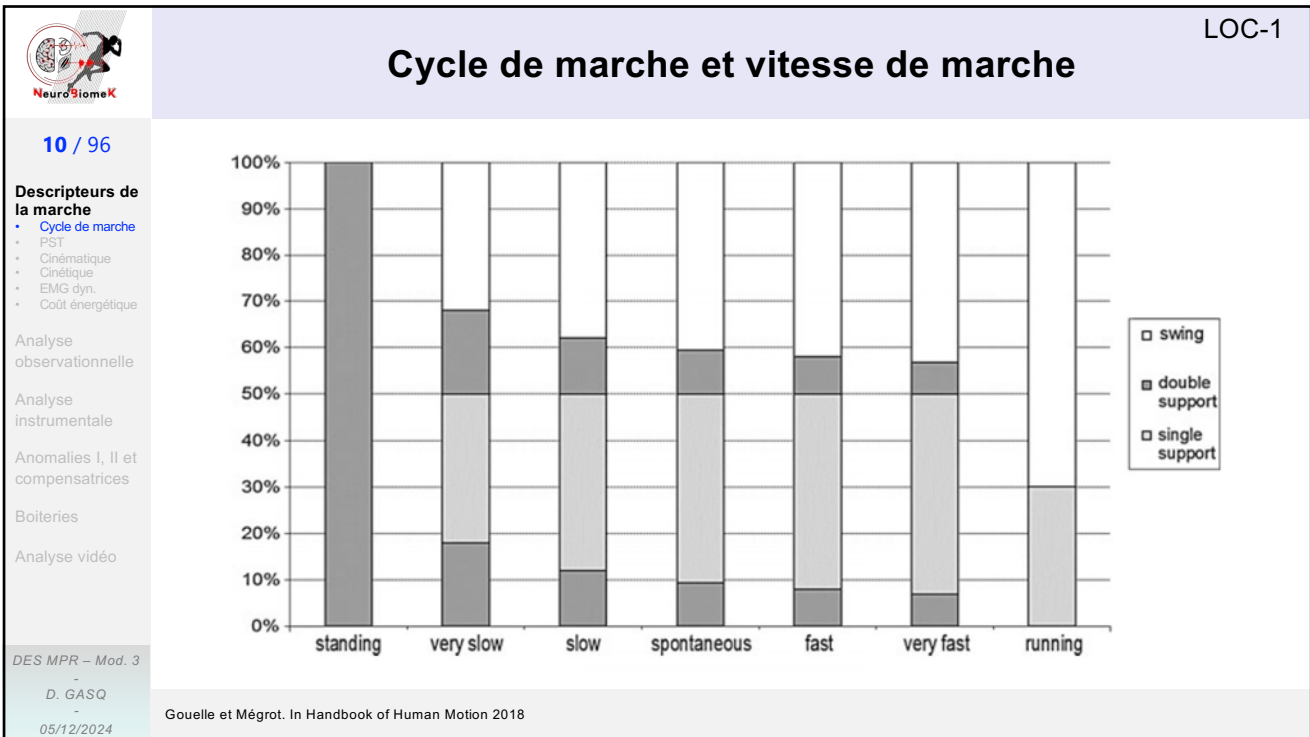
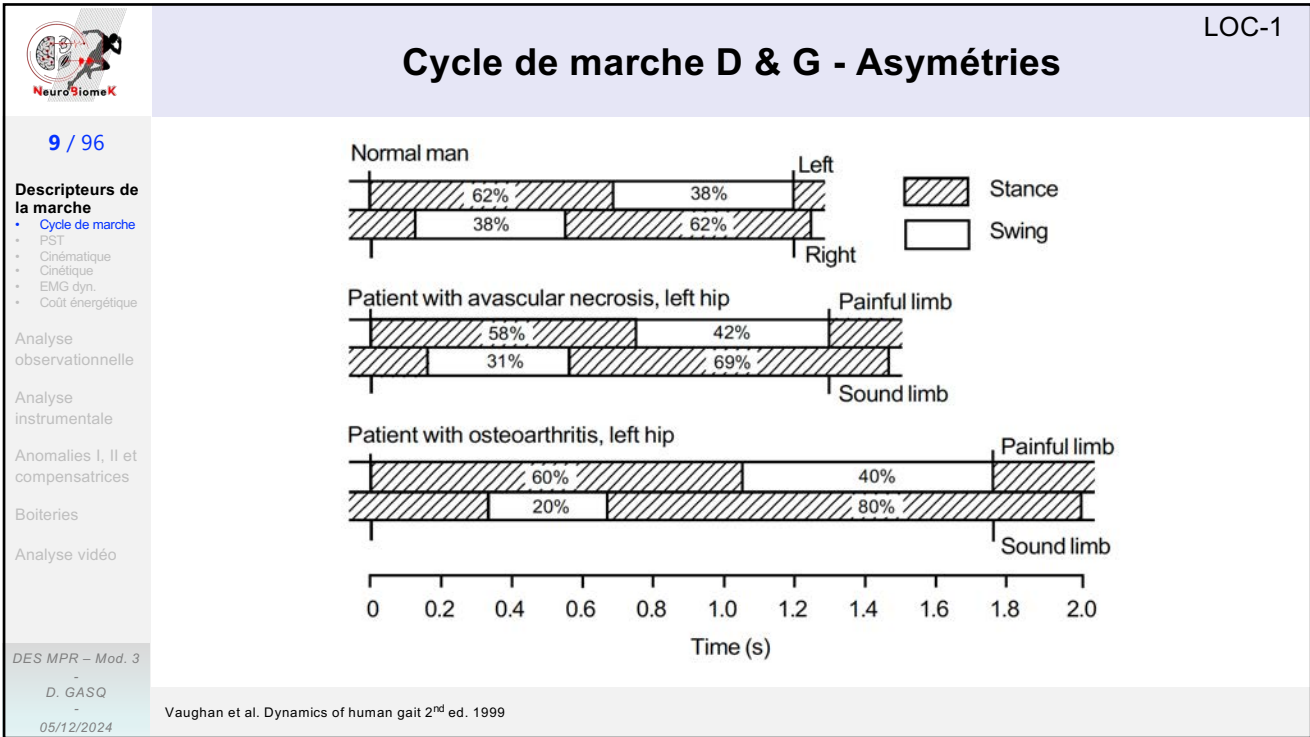
05/12/2024

Le cycle de marche en détails – 4 temps clés

Phase d'appui = 60%			Phase oscillante = 40%	
Double appui de réception	Appui unipodal	Phase pré-oscillante	Phase oscillante	
		Double appui de propulsion		
Accepter la charge	Supporter la charge	Raccourcir & propulser	Raccourcir et avancer le membre	

D. Gasq CHU Toulouse

4





11 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-1

Cycle de marche versus cycle de course

MARCHE

Phase d'appui (60%)

Phase oscillante (40%)

Double appui × 2

COURSE

Phase d'appui (40%)

Phase oscillante (60%)

Double lévitation × 2



12 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Le télescope et/ou le microscope ?

Évaluer la fonction



Approche globale



Décryptage de la boîtierie





13 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- **PST**
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Aspects généraux

LOC-2

- Données indispensables à relever
 - Allure : lente, spontanée, rapide, maximale ?
 - Utilisation d’une aide de marche : canne, déambulateur, orthèse, chaussage ?
 - Stabilité du sujet : polygone de sustentation, embardées, ...
- Est-ce qu’il y a une boiterie ?
 - Marche d’allure anormale, le plus souvent irrégulière, à l’observation et éventuellement à l’audition



D’après Murray et al. 1969



14 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- **PST**
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

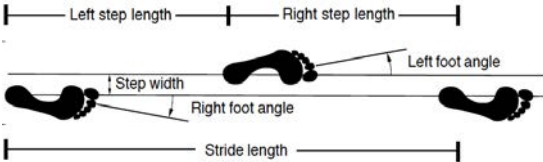
05/12/2024

Paramètres spatio-temporels

LOC-2

Paramètres spatiaux

- Longueur du pas (step) → 0,6 à 0,8m
- Longueur d’enjambée (stride) → pas D + G
- Largeur du pas → 6 à 8 cm
- Angle du pas → 10 à 15°
- Hauteur / clairance du pas → 1 à 2 cm
- Asymétrie spatiale de longueur du pas

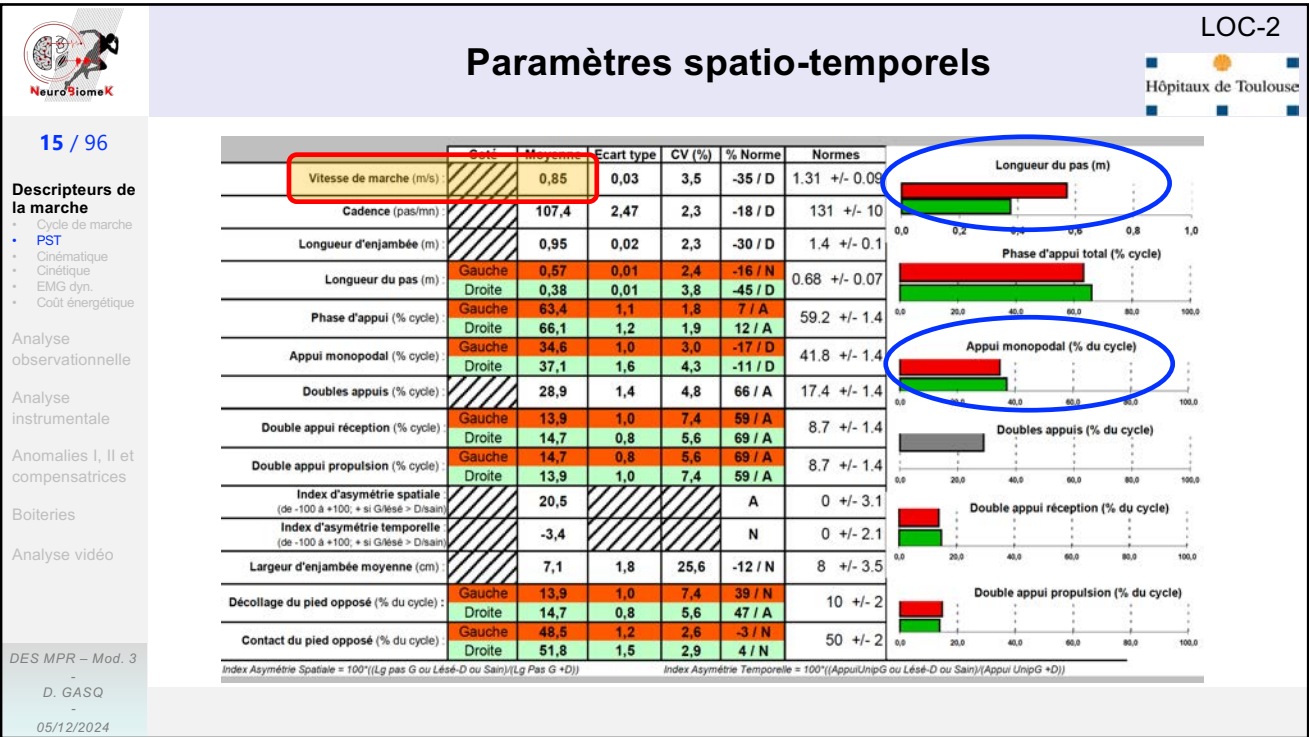


Paramètres temporels

- Cadence → 100 à 130 pas/min
- Vitesse de marche (m/s) : spontanée, maximale?
 - Durée d’un cycle de marche ~ 1 seconde
 - Cadence x (Long. Enjambée / 2) / 60 → 1,2 à 1,4 m/s
- Temps d’appui unipodal et bipodal (% du cycle)
- Asymétrie temporelle d’appui unipodal
 - $[(G - D) / (D + G)] \times 100$

DAR G	AU G	DAP G / PPO G	PO G
DAP D / PPO D	PO D	DAR D	AU D

Vaughan et al. Dynamics of human gait 2nd ed. 1999







HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ

2006

ANALYSE MÉTROLOGIQUE DE LA POSTURE,
DE LA LOCOMOTION ET/OU DES GESTUELLES
CHEZ UN PATIENT POLYDÉFICIENT
*Rachimétrie informatisée, paramètres temporo-spatiaux informatisés de la
marche chez un patient polydéficient
À l'exclusion des libellés NKGP003, NKGP002 et CEQP005*
Classement CCAM : 15.01.05 – code : PEQP002

17 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Indications

Cet examen est indiqué afin de quantifier des troubles complexes de la marche, chez l'adulte et l'enfant ; il permet de rechercher la cause du trouble, les effets secondaires sur la marche et la compensation conséquente. Chez l'enfant, l'analyse a un intérêt diagnostique reconnu.

Place dans la stratégie thérapeutique ou diagnostique

L'analyse métrologique de la locomotion, de la posture et/ou des gestuelles vient en complément de l'examen clinique et des autres méthodes manuelles ou instrumentales d'évaluation motrice et/ou morphostatique (radiographie, électromyographie). Cette analyse établit un « diagnostic fonctionnel » en permettant de qualifier et quantifier le déficit. Elle permet ainsi d'orienter le choix des alternatives thérapeutiques (appareillage, médicament, chirurgie) et des procédures de rééducation, et d'assurer le suivi de leur efficacité.

Conditions d'exécution

Formation nécessaire : soit 3^{ème} cycle formation initiale médecine physique et réadaptation, soit formation complémentaire acquise avec un DIU spécifique (analyse du mouvement). Au-delà de la réalisation de l'acte, c'est son interprétation qui exige aussi des compétences. Ainsi, un rapport précis, avec l'interprétation des données et l'élaboration de propositions thérapeutiques, doit être rédigé.





HAUTE AUTORITÉ DE SANTÉ

LOC-3

ANALYSE MÉTROLOGIQUE DE LA POSTURE,
DE LA LOCOMOTION ET/OU DES GESTUELLES
CHEZ UN PATIENT POLYDÉFICIENT
*Rachimétrie informatisée, paramètres temporo-spatiaux informatisés de la
marche chez un patient polydéficient
À l'exclusion des libellés NKGP003, NKGP002 et CEQP005*
Classement CCAM : 15.01.05 – code : PEQP002

18 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

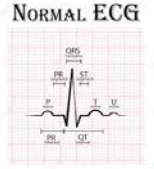
D. GASQ

05/12/2024

• Caractériser les positions des segments et les angles articulaires au cours du temps



La cinématique c'est systématique !





19 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

La cinématique c'est systématique !

LOC-3

- Caractériser les positions des segments et les angles articulaires au cours du temps
- Analyse « 3D »
 - Plan sagittal +++
 - Plans frontal et horizontal
- 4 temps clés
- Démarche **SYSTEMATIQUE**

MBRE SUP

TRONC

BASSIN

HANCHE

GENOU

CHEVILLE



20 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Données cinématiques

LOC-3

Hôpitaux de Toulouse

Angles articulaires

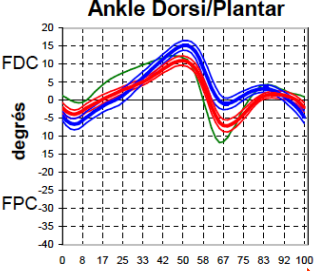
EXT

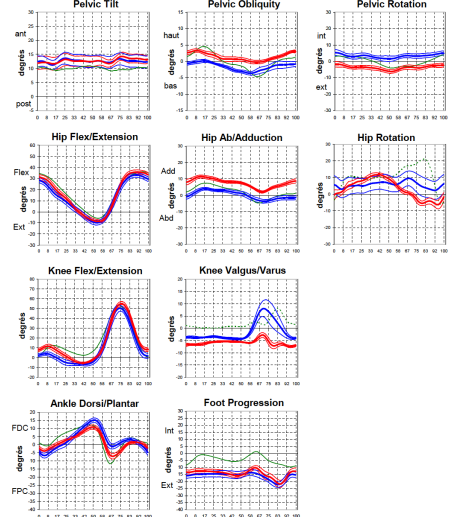
FLEX

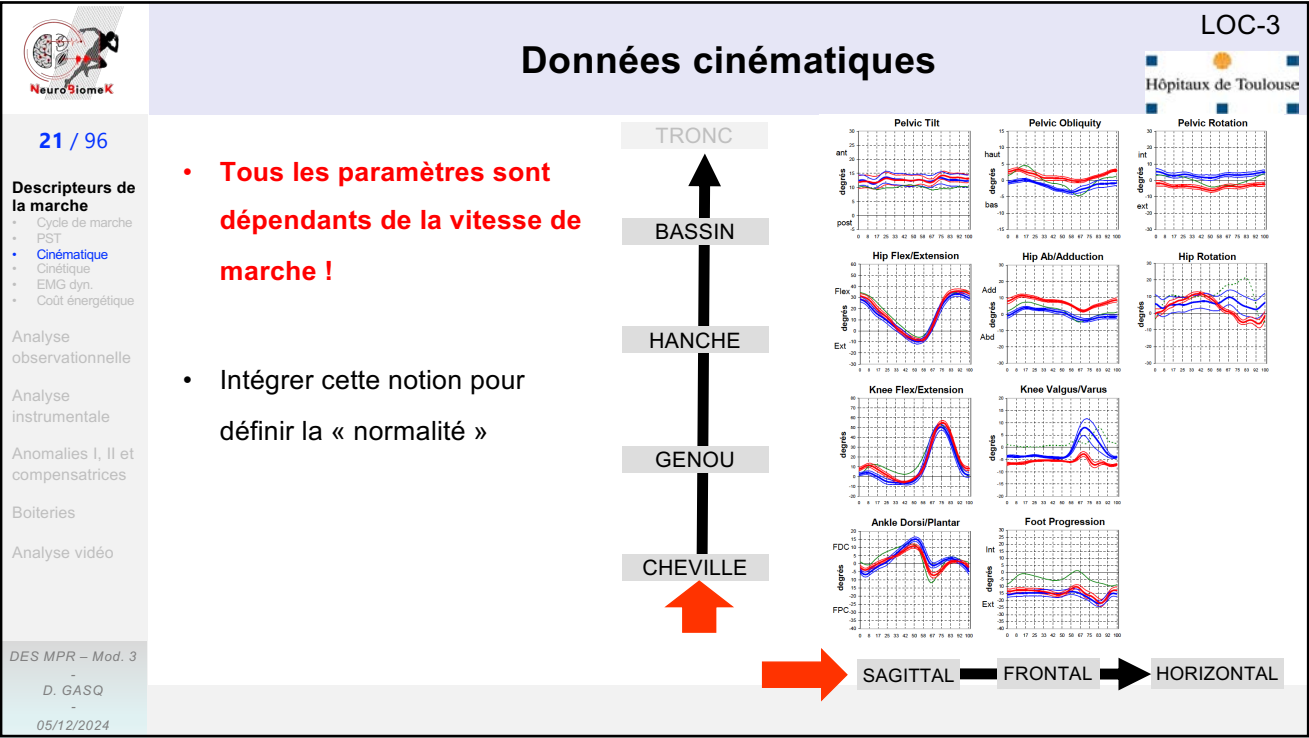
0% 100%

CYCLE DE MARCHÉ

Ankle Dorsi/Plantar







23 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-3

Données cinématiques physiologiques

	Contact initial et double appui réception	Phase d'appui unipodal	Double appui propulsion = phase pré-oscillante	Phase oscillante	Courbes types
HANCHE	Flexion de 30°	Passage vers une extension de 10°	Retour en position neutre	Flexion de 30°	
GENOU	Extension 0° puis flexion de 20° (amortissement)	Retour en extension complète	Flexion de 0 à 30°	Flexion de 30 à 60° Puis retour vers l'extension	
CHEVILLE	Position neutre à 0°	Dorsiflexion de 0 à 15°	Extension de 0 à 20°	Retour à 0°	
PIED	Contact taligrade 1 ^{er} pivot autour du talon	Appui plantigrade (plante du pied) 2 ^{ème} pivot autour du talus	Appui digitigrade (avant-pied et orteils) 3 ^{ème} pivot au niveau de l'avant-pied	-	 3 pivots de la marche
Fonction	Mise en charge et amortissement.	Supporter la charge. Avancée du tibia.	Propulsion. Préparer le membre à avancer.	Raccourcir le membre pour passer le pas	

24 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-3

Étude cinématique du pied ?

Conventional Gait Model, Baker et al. 2017

Fig. 1. Schematic of the three segment foot model with tibia: TB-Tibial segment (tibia and fibula), HF-Hindfoot (calcaneus and talus), FF-Forefoot (five metatarsals), HX-Hallux (hallux proximal phalanx).
Oxford Foot Model, Carson et al. 2001

Figure 3. An instrumented foot using the 4-segment model initially described by Leardini et al.¹⁰ The segments of this model are the talus (T), navicular (N), cuneiform (C), and metatarsal (M).

4-segment model, Leardini et al. 2007

En pratique clinique, des vidéos de qualité permettent une analyse qualitative suffisante

D. Gasq CHU Toulouse

12



25 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

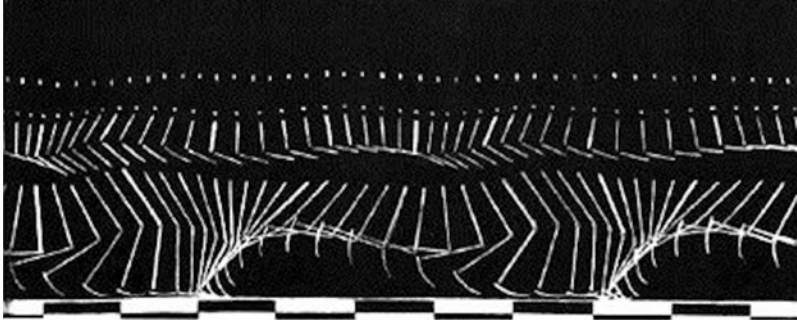
DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Coordination inter-articulaire

- Phase d'appui = extension → stabilité
- Phase oscillante = flexion → raccourcissement



Marey E.J. 1880



26 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Coordination inter-articulaire

- Cyclogrammes inter-articulaires 2D/3D
- Relations de phase

A

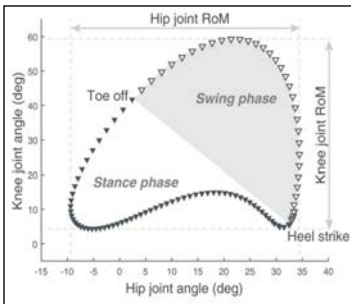
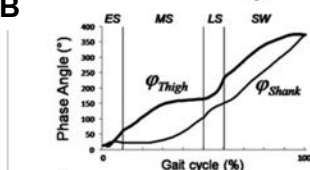


Figure 2. A representative sagittal plane hip-knee cyclogram.

B



C

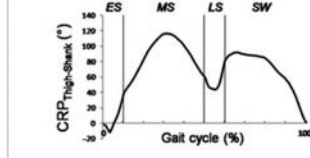


Figure 1. Calculation of the continuous relative phase (CRP) between the thigh and shank in the sagittal plane. (A) Convention for calculating the thigh and shank angle positions. (B) An example of the thigh and shank phase plots in which normalized angle displacement is plotted against normalized angle velocity. (C) Phase angle of thigh and shank segments throughout the gait cycle. (D) CRP_{Thigh-Shank} throughout the gait cycle. ES, early stance; MS, mid-stance; LS, late stance; SW, swing phase.

A. Lee et al. 2021. B. Hutin et al. 2010.

27 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Quels biomarqueurs pour quels usages ?

- Pratique clinique = analyser une boiterie pour la traiter
- Prédiction de la chute ?
- Performance ?
- Reconnaissance biométrique
- ...

Figure 9. Different covariate issues affect the gait recognition system.

Review

Person Recognition Based on Deep Gait: A Survey

Md. Khaliluzzaman ^{1,2}, Ashraf Uddin ¹, Kaushik Deb ^{1,*} and Md Junayed Hasan ^{3,*}

Citation: Khaliluzzaman, M.; Uddin, A.; Deb, K.; Hasan, M.J. Person Recognition Based on Deep Gait: A Survey. *Sensors* 2023, 23, 4875. <https://doi.org/10.3390/s23104875>

28 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Données cinétiques

- Cinétique = étude des forces et moments de force s'exerçant sur un objet
- Mesure de la force de réaction du sol avec une plateforme de force

Fig. 2.20 Lateral, fore-aft and vertical components of the ground reaction force, in newtons, for right foot (solid line) and left (dashed).

Whittle Gait Analysis 2006

D. Gasq CHU Toulouse

14



29 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

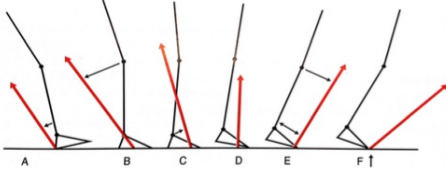
D. GASQ

05/12/2024

LOC-4

Données cinétiques

- Cinétique = étude des forces et moments de force s'exerçant sur un objet
- Mesure de la force de réaction du sol avec une plateforme de force
 - Permet de calculer des moments de force
 - Intérêt = connaître effet du moment externe sur articulations
- Nécessite de pouvoir poser un seul pied sur la plateforme
 - Pb de la canne ou des pas très courts



Kirtley Clinical Gait Analysis 2006



30 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

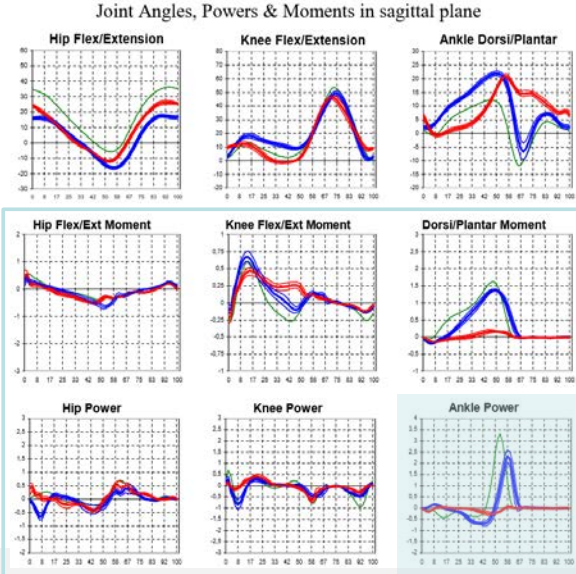
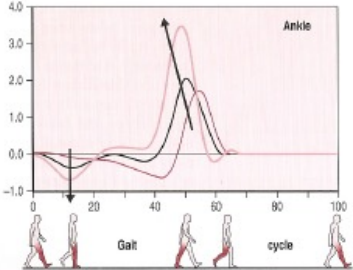
05/12/2024

LOC-4

Données cinétiques

Calcul des moments de force et des puissances développés au niveau des articulations (dynamique inverse)

→ Vitesse-dépendance !



Kirtley 2006

D. Gasq CHU Toulouse

15

31 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- **Cinétique**
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

Étude des pressions plantaires

LOC-4

- Mesure relative ou $N \cdot cm^{-2}$?^a

Coefficient of variation of of pressure–time integral in healthy / foot ulcers / foot ulcers + neuropathy

Fernando et al. 2018. ^a 0.1 $N/cm^2 = 1 \text{ kPa}$

32 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- **Cinétique**
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

Étude des pressions plantaires

LOC-4

- Gaitline = trajectoire du centre des pressions

Fig 2. Cyclogram classification from the bipedal phases into 4 patterns. (A) Pattern 1: symmetric butterfly shape, with center located at the midpoint or less than 2 squares of coordinate from the midpoint. (B) Pattern 2: asymmetric butterfly shape, with the center located more than 2 squares from the midpoint of the coordinate system. (C) Pattern 3: rectangular shape. (D) Pattern 4: triangular shape.

Wong et al. 2004; Wong et al. 2023

D. Gasq CHU Toulouse

16



Étude des pressions plantaires

LOC-4

33 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

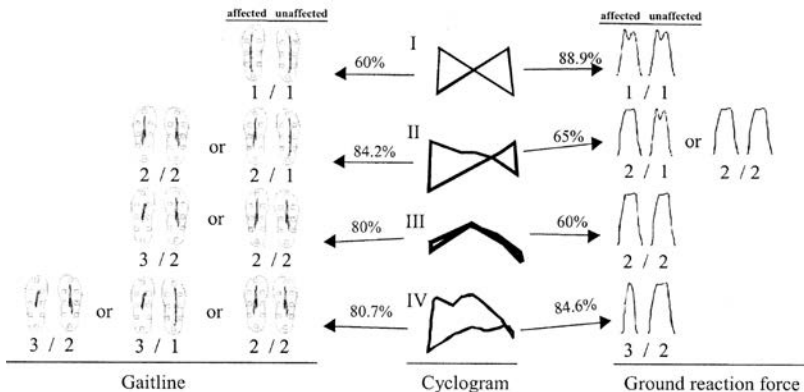
Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

- Gaitline, cyclogrammes du CP et GRF



Gaitline	Cyclogram	Ground reaction force
I affected: 1 / 1 unaffected: 1 / 1	60% ← → 88.9%	affected: 1 / 1 unaffected: 1 / 1
II affected: 2 / 2 or unaffected: 2 / 1	84.2% ← → 65%	affected: 2 / 1 or unaffected: 2 / 2
III affected: 3 / 2 or unaffected: 2 / 2	80% ← → 60%	affected: 2 / 2 unaffected: 2 / 2
IV affected: 3 / 2 or unaffected: 3 / 1 or unaffected: 2 / 2	80.7% ← → 84.6%	affected: 3 / 2 unaffected: 3 / 2

Fig 5. Prediction probabilities from the cyclogram pattern to the gaitline and GRF patterns. The GRF and gaitline patterns were presented by using the form of affected side and unaffected side.

Wong et al. 2004



34 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- **EMG dyn.**
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîteries

Analyse vidéo

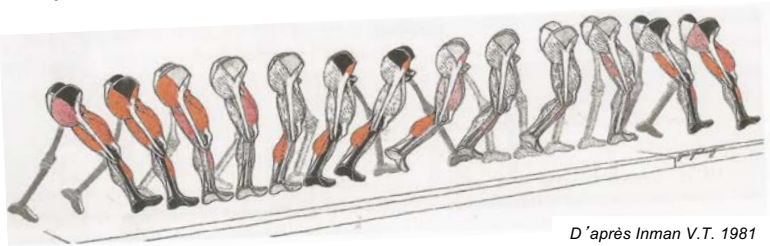
DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

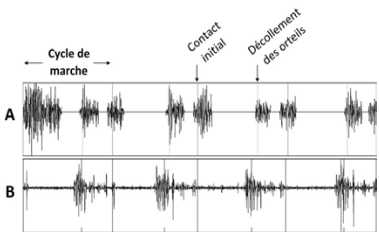
05/12/2024

Activations musculaires physiologiques

Séquence temporelle des activations musculaires



D'après Inman V.T. 1981



© MMVIV Auckland Bioengineering Institute

35 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-5

Activations musculaires physiologiques

- Action en CCO / CCF
- Action concentrique ou excentrique
 - Exc. puis conc. ++
- Rôles :
 - Supporter la charge
 - Passage du pas (raccourcissement)
 - Assurer la progression
- Interpréter par rapport aux phases du cycle de marche et à la vitesse

Gait Cycle Muscle Sequence

D'après Gage J.R. 2009

36 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Coût énergétique

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-5

Activations musculaires pathologiques

Pattern d'activation musculaire pathologique

- Limite = pas d'estimation de la force développée

Ex. Tibial antérieur → défaut d'activation (B)

Ex. Triceps sural → hyperactivité (B)

D. Gasq CHU Toulouse

18



37 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- **Coût énergétique**

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

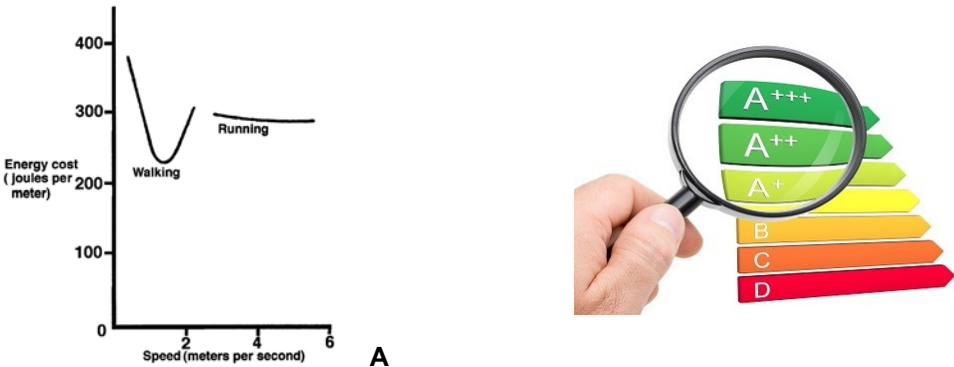
La marche : un modèle d'économie énergétique

Coût énergétique de la marche à vitesse spontanée ~ 2 à 3 MET ^a

2.5 MET	Walking from house to car or bus, from car or bus to go places, from car or bus to and from the worksite
---------	--

Equivalent métabolique ou MET (Metabolic Equivalent of Task)

1 MET = 3,5 mL O₂/kg/min



^a 2024 Compendium of Physical Activities <https://pacompendium.com/> A. Novacheck 1998.



38 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- **Coût énergétique**

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

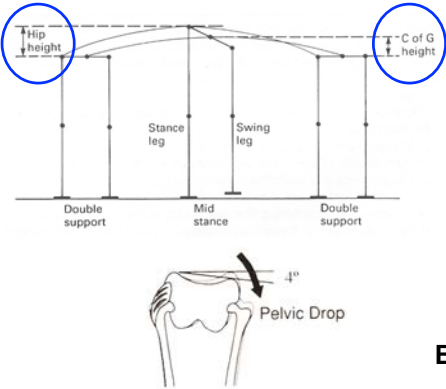
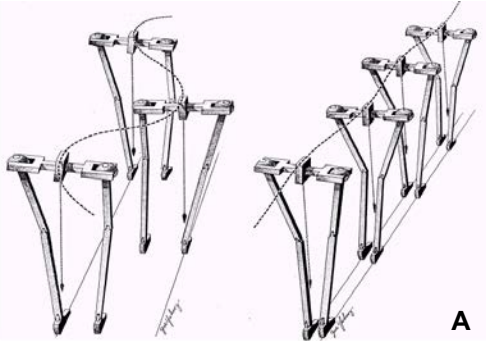
D. GASQ

05/12/2024

Facteurs biomécaniques d'une marche économique

Limiter les déplacements du centre de masse (CM)

- Ecartement réduit des pieds liée au genu-valgum → réduit excursions horizontales du CM
- Inclinaisons latérales du bassin → réduit les excursions verticales du CM



A. D'après Inman 1981. B. D'après Whittle 2006 et Perry 1992.

39 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- **Coût énergétique**

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-6

Facteurs biomécaniques d'une marche économique

Limitier les déplacements du centre de masse (CM)

- Ecartement réduit des pieds liée au genu-valgum → réduit excursions horizontales du CM
- Inclinaisons latérales du bassin → réduit les excursions verticales du CM
- Variations minimales longueur totale du mbre inf. → réduit excursions verticales du CM
- Vitesse suffisante + conservation de l'énergie cinétique (pivots de la marche)

A

B

A. D'après Whittle 2006. B. D'après Perry Gait analysis 1992.

40 / 96

Descripteurs de la marche

- Cycle de marche
- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- **Coût énergétique**

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-6

Cycles étirement-détente des muscles

- Contraction excentrique puis concentrique en CCF
 - Phase excentrique = accumulation d'énergie élastique
 - Phase concentrique = restitution passive + contraction active
- Facteur d'efficacité énergétique

A

B

A. D'après Nicol C. 2024. B. D'après Gage 2009.

D. Gasq CHU Toulouse

20



Plan de l'enseignement

41 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

- Vidéo
- Echelle: EVGS

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

- Descripteurs de la marche
 1. Cycle de marche
 2. Données spatio-temporelles
 3. Données cinématiques
 4. Données cinétiques
 5. Activations musculaires
 6. Coût énergétique de la marche
- **Analyse observationnelle de la marche**
 1. Vidéo de la marche
 2. Utilisation d'une échelle standardisée (EVGS)
- **Analyse instrumentale de la marche**
 1. Analyse spatio-temporelle
 2. Analyse cinématique
 3. Analyse cinétique
 4. Analyse en électromyographie dynamique
 5. Bases de l'analyse quantifiée de la marche
 6. Indications des analyses instrumentales de la marche
- Anomalies primaires, secondaires et compensatrices de la marche
- Description d'une boîtierie en phase d'appui et en phase oscillante
- Analyse de vidéos



Vidéo de la marche en pratique

LOC-7

42 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

- Vidéo
- Echelle: EVGS

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

- **Caméras fixes**
 - Pièce de 8 à 10 m de long, au moins 2 m de large (selon la largeur de champ des caméras)
 - Fond uni plutôt clair, bon éclairage (selon optique)
- **Combien de caméras ?**
 - Au minimum 2 (face & profil)
 - 3 ou 4 pour le confort
 - Face + dos & 2 profils
 - Plan global et plan rapproché des pieds
- **Performance des caméras**
 - Idéalement ≥ 120 ips
 - Résolution HD minimum (720p)





43 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

- Vidéo
- Echelle: EVGS

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Protocole vidéo de la marche

- Standardiser les conditions d'évaluation
 - permet de comparer plus facilement



- Protocole type
 - Vitesse spontanée & maximale
 - Marche sur les pointes de pieds et les talons
 - Flexion volontaire de hanche, talons-fesses, marche genoux fléchis
 - Avec et sans chaussage / orthèses / prothèses
 - Parfois : marche arrière, pas chassés, course ...



44 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

- Vidéo
- Echelle: EVGS

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

La cinématique systématique

LOC-7

4 temps clés à partir d'une vidéo

Analyse observationnelle de la marche à partir d'une vidéo selon les 4 temps clés

Données générales et PST :

	D DAR	G DAP/PPO	D AU	G PO	D DAP/PPO	G DAR	D PO	G AU
Pied								
Cheville								
Genou								
Hanche								
Bassin								
HAT								

Pour chaque anomalie, préciser si anomalie primaire, ou secondaire / compensatrice
Donner une phrase de synthèse pour caractériser les anomalies de la marche

D. Gasq CHU Toulouse

22



45 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

- Vidéo
- Echelle: EVGS

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Échelles observationnelles de la marche

LOC-8

- De nombreuses échelles existent, la plupart développées chez le patient paralysé cérébral ou hémiplegique adulte
- Basées sur l'observation visuelle directe ou sur une vidéo de la marche
- Objectif = **quantifier** le niveau d'anormalité de la marche
- Grande variabilité des articulations étudiées, des anomalies de la marche envisagées et des systèmes de cotation
 - Une échelle générique à retenir : EVGS
 - Échelles spécifiques : ex. de la GAIT (hémiplegique)



46 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

- Vidéo
- Echelle: EVGS

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Échelles observationnelles de la marche

LOC-8

10 échelles principales *(Gor-García-Fogeda et al. 2016; Rathinam et al. 2014; Toro et al. 2003)*

Physician Rating Scale	PRS	Koman et al., 1994
Rivermead Visual Gait Assessment	RVGA	Lord et al., 1998
Observational Gait Scale	OGS	Boyd and Graham, 1999; Mackey et al, 2003
Visual Gait Assessment Scale	VGAS	Dickens and Smith, 2007
Rancho los Amigos System	Rancho	Perry et al., 1992
Visual Assessment of Hemiplegic Gait	VAHG	Hughes and Bell, 1994
Wisconsin Gait Score	WGS	Rodriquez et al., 1996
Edinburgh Visual Gait Scale	EVGS	Read et al., 2003
Salford Gait Tool	Salford	Toro et al., 2007
Gait Assessment and Intervention Tool	GAIT	Daly et al., 2009

LOC-8

Eléments métrologiques

47 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Vidéo

Echelle: EVGS

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

Echelle	Avec ou sans vidéo	Validité		Fidélité		Sensibilité au changement	Pop de validation
		Autre	Contre critère AQM	Inter-observateur	Intra-observateur		
PRS		x	x	-	x	-	PC
RVGA		x		-	-	x	SEP et HP
OGS		x	x	x	x		PC
VGAS		x	x	x	x		PC (HP)
Rancho L.A. system							Non publié
VAHG				-	-	-	HP
WGS		x		x	x	x	HP
EVGS		x	x	x	x	x	PC
Salford Gait Tool		x	x	x	x		PC et sains
G.A.I.T		x		x	x	x	HP

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

</



49 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Plan de l’enseignement

- Descripteurs de la marche
 - Cycle de marche
 - Données spatio-temporelles
 - Données cinématiques
 - Données cinétiques
 - Activations musculaires
 - Coût énergétique de la marche
- Analyse observationnelle de la marche
 - Vidéo de la marche
 - Utilisation d’une échelle standardisée (EVGS)
- Analyse instrumentale de la marche
 - Analyse spatio-temporelle
 - Analyse cinématique
 - Analyse cinétique
 - Analyse en électromyographie dynamique
 - Bases de l’analyse quantifiée de la marche
 - Indications des analyses instrumentales de la marche
- Anomalies primaires, secondaires et compensatrices de la marche
- Description d’une boiterie en phase d’appui et en phase oscillante
- Analyse de vidéos



50 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Évaluation spatio-temporelle

LOC-9

- Le plus simple = observation visuelle et chronomètre





51 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Évaluation spatio-temporelle

LOC-9

- Capteurs de pression
 - Tous PST (écartement des pieds)
 - Caractérisation de l'appui au sol
- Dispositifs embarqués
 - Acélero / Gyro / Magnétomètres
- Systèmes basés sur la vidéo +/- IR
 - L'ancêtre = Locomètre (tous PST sagittaux)

Marche linéaire lancée

Marche en 8

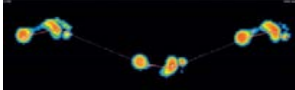
Time Up & Go

Initiation de la marche

Tour complet

Test de Fukuda

etc...





sensors

Review

Validity of the Kinect for Gait Assessment: A Focused Review

Shmuel Springer ^{1,*} and Galit Yosev Seligmann ^{2,3}

Review of Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation

Open Access

Validity and reliability of wearable inertial sensors in healthy adult walking: a systematic review and meta-analysis

Cyber-Khalil^{1,2}, Jesse M. Charlton^{3,4}, Calvin T. Tai^{1,3}, Jean-François Esculier^{1,2,3}, Angelo Grillo^{1,2}, Natasha M. Kowchuk¹, Daniel Thatcher² and Michael A. Hunt^{1,2}



52 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Évaluation cinématique instrumentale

LOC-10

- Cinématique tridimensionnelle
 - Modélisation du sujet en 3D
- Outils multiples
 - Systèmes optoélectroniques = système de référence
 - Vidéo + infra-rouge
 - Stations inertielles (accéléromètres + gyroscopes)



Gasq & Morel 2016

D. Gasq CHU Toulouse

26



53 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Évaluation cinématique instrumentale

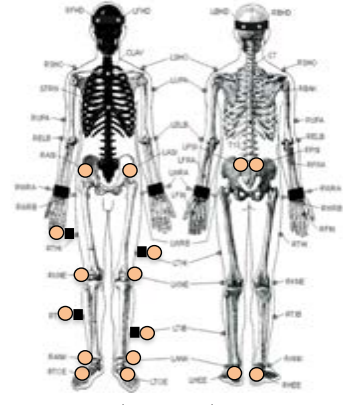
LOC-10

Système optoélectronique → modélisation du sujet à partir de marqueurs externes passifs réfléchissants les infra-rouges

→ Outil de référence



Marqueurs anatomiques, techniques et virtuels



Conventional Gait Model - PIG

ASIS-MM / Knee width / Ankle width



54 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

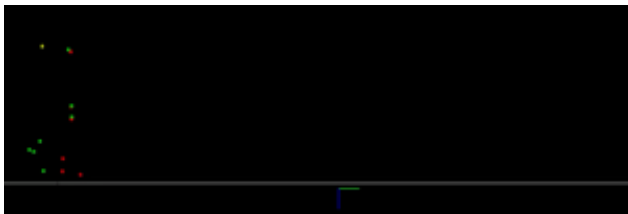
DES MPR – Mod. 3

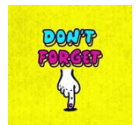
D. GASQ

05/12/2024

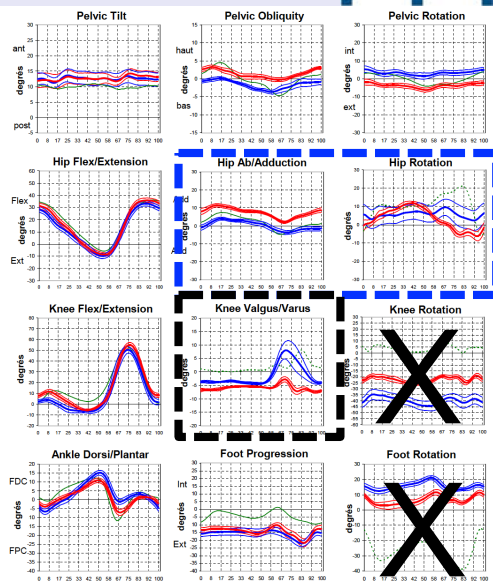
Évaluation cinématique : les outils

LOC-3





Pas d'interprétation de courbes sans avoir examiné et vu marcher le sujet !



D. Gasq CHU Toulouse

27



Évaluation cinématique instrumentale

LOC-10

Hôpitaux de Toulouse

55 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- * PST
- * Cinématique
- * Cinétique
- * EMG dyn.
- * Bases AQM
- * Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

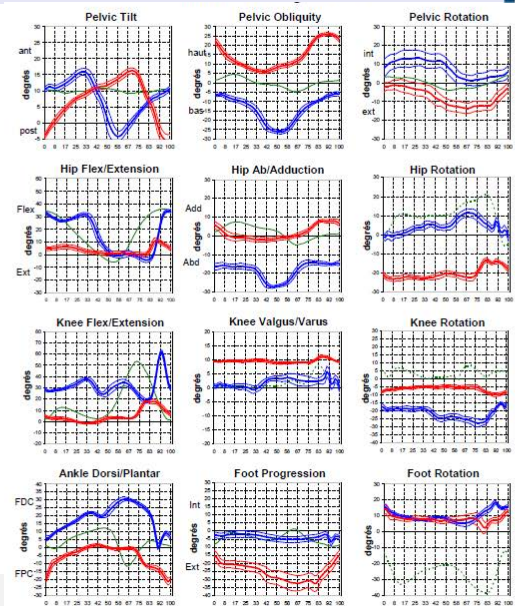
Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Ex. de courbes pathologiques



56 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle évol. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtieres

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Évaluation cinématique : compte-rendu TGV

LOC-10

- Biomarqueurs synthétiques $\Leftrightarrow$ intuitifs et pertinents pour le clinicien

ORIGINAL ARTICLE

ToulGaitViz: a tool for the systematic description of lower limb clearance during the swing phase of hemiparetic gait after stroke
A cohort study

Emeline MONTANE*, Camille COURDER*, Marine MC ANDELLA*, Arthur CANGELINI*, Philippe MARQUET*, Youssef MOHSENET*, David GARNY***

ToulGaitViz / TGV

Montane et al. 2023

10° de flexion de genou $\Leftrightarrow$ 1 cm de clairance $\Leftrightarrow$ 2° obliquité pelvienne



57 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-10

Évaluation cinématique instrumentale

Outils embarqués, écologiques, à bas coût, simple d'utilisation ?

➔ Vont-ils remplacer l'outil de référence ?



REVIEW

published: 03 February 2022

doi: 10.3389/fnhum.2022.768575



Review—Emerging Portable Technologies for Gait Analysis in Neurological Disorders

Christina Salchow-Hömmen^{1*}, Matej Skrobot¹, Magdalena C. E. Jochner¹, Thomas Schauer², Andrea A. Kühn^{1,3,4,5} and Nikolaus Wenger¹



58 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

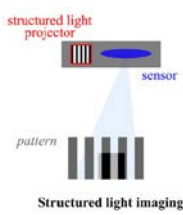
D. GASQ

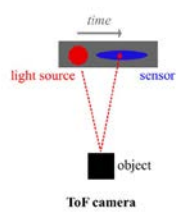
05/12/2024

LOC-10

Évaluation cinématique instrumentale

Outils basés sur la vidéo +/- IR





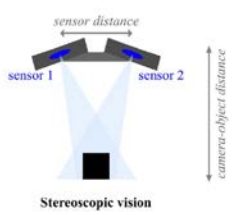
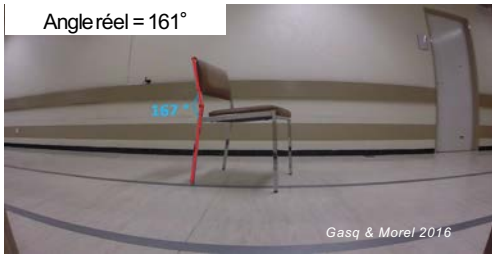
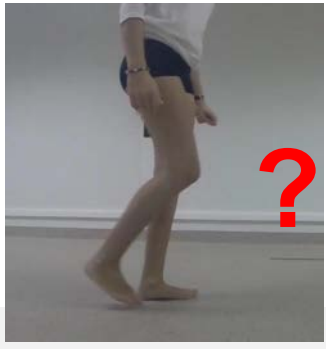


FIGURE 4 | Illustration of different camera technologies for in-depth measurements.





D. Gasq CHU Toulouse

29

LOC-10

Évaluation cinématique instrumentale

59 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtieres

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Outils basés sur la vidéo +/- IR

Springer et al. 2016

Sandau et al. 2014



LOC-10

Évaluation cinématique instrumentale

60 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtieres

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Outils basés sur les stations inertielles

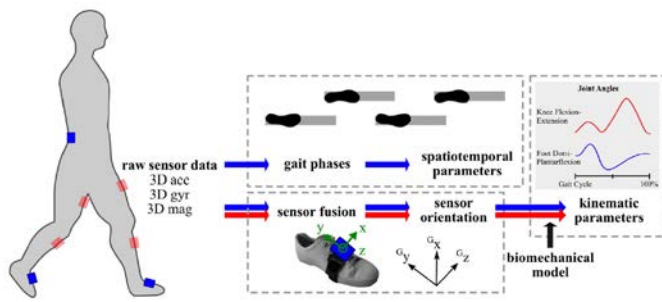
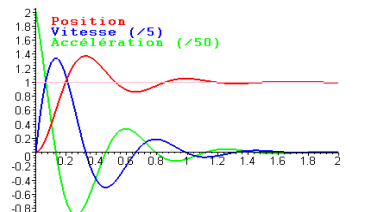


FIGURE 3 | Methods overview for instrumented gait analysis with inertial sensors in commonly used positions on pelvis and lower limbs; acc, accelerometer readings; G, Global coordinate system; gyr, gyroscope readings; mag, magnetometer readings.



```

graph LR
    Acc[Accéléromètre] --> Rot[Rotation]
    Rot --> Pos[Position]
    Rot --> Vel[Vitesse]
    Gyro[Gyroscope] --> Est[Estimation de l'orientation]
    Est --> Rot
  
```

Salchow et al. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation (2022) 19:102
<https://doi.org/10.1186/s12954-022-00820-2>

Journal of NeuroEngineering
and Rehabilitation

REVIEW

Open Access

Validity and reliability of wearable inertial sensors in healthy adult walking: a systematic review and meta-analysis

Eylan Kibbi^{1,2}, Jesse M. Charlton^{1,3}, Calvin T. Tan^{1,3}, Jean-François Esculier^{1,4,5}, Angelo Grafton^{1,3}, Natasha M. Kirovski^{1,3}, Daniel Thiringer¹ and Michael A. Hunt^{1,3}

Salchow et al. Sports Medicine - Open (2022) 6:1
<https://doi.org/10.1007/s12018-022-00727-2>

Sports Medicine - Open

SYSTEMATIC REVIEW

Open Access

Validity and Reliability of Inertial Measurement Units on Lower Extremity Kinematics During Running: A Systematic Review and Meta-Analysis

Zhen Zhang, Han Lu, Xiaohu Hu, Weibiao Song and Lin Wang^{1*}

Salchow-Hömmen et al. 2022



61 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

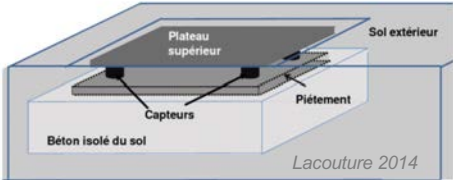
D. GASQ

05/12/2024

LOC-11

Analyse cinétique

- Plateforme(s) de force
 - n = 1, 2, 3 ...
- Un outil très spécifique
 - Un plateau rigide
 - Capteurs de force
 - Uni-axiaux → effort vertical en Z
 - Plateformes peu onéreuses, utilisées en posturologie clinique ++
 - Tri-axiaux → moments de force et forces selon 3 axes XYZ
 - Plateformes plus onéreuses, plus résistantes et plus précises
 - Utilisées si nécessité de supporter des charges imp





62 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

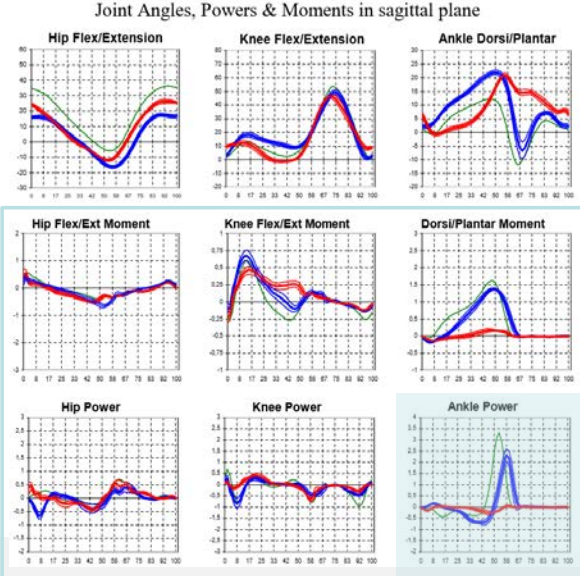
05/12/2024

LOC-11

Hôpitaux de Toulouse

Analyse cinétique

- Plateforme(s) de force
 - n = 1, 2, 3 ...
- Pb de la canne ou des pas très courts





63 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- **Cinétique**
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

- D. GASQ

05/12/2024

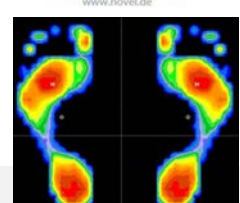
Analyse cinétique: mesure des pressions

LOC-11

- Capteurs capacitifs ou résistifs
- « *Tapis de marche* » / baropodométrie
 - Mesure des pressions plantaires ($P = F / S$)
- Systèmes embarqués










64 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- **EMG dyn.**
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

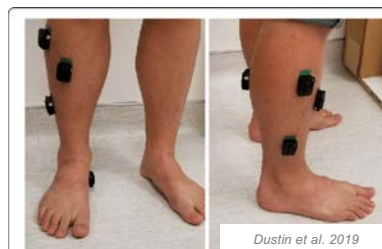
- D. GASQ

05/12/2024

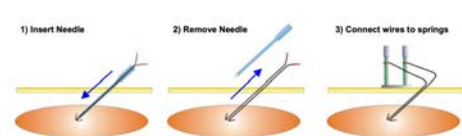
Électromyographie dynamique

LOC-12

- EMG de surface ou intramusculaire
 - <http://www.seniam.org/>



Dustin et al. 2019




Konrad. The ABC of EMG 2006.



65 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- **EMG dyn.**
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

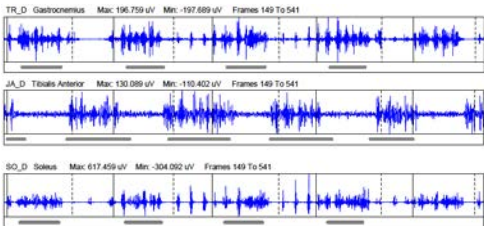
Électromyographie dynamique

LOC-12

- EMG de surface ou intramusculaire
 - <http://www.seniam.org/>
- Séquence temporelle des activations musculaires
 - Pas d'évaluation de la force !
- Limites
 - Diaphonie ou *cross-talk*
 - Qualité du signal



Dustin et al. 2019





66 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- **Bases AQM**
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

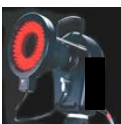
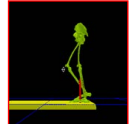
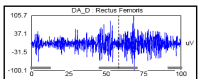
Analyse quantifiée de la marche (AQM)

LOC-13

Recueil synchronisé de 3 types de données

- **Cinématiques** : angles articulaires
 - Système optoélectronique 3D
- **Cinétiques** : forces de réaction du sol pour calcul des moments et puissances articulaires
 - Plateforme(s) de force
- **EMG dynamique** : séquences d'activations musculaires
 - EMG de surface ou intramusculaire

+ vidéo de l'examen et paramètres spatio-temporels



67 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

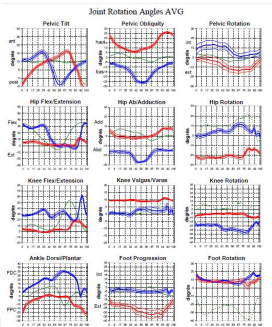
05/12/2024

Données issues de l'AQM

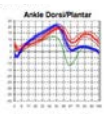
Approche multimodale de l'analyse de la marche

- PST et vidéo = approche globale
- Cinématique = angles articulaires
- Cinétiques = moments et puissances
- EMG dynamique = activations musculaires

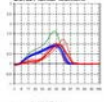
Joint Rotations Angles AVG



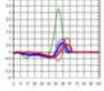
Ankle Dorsi/Plantar

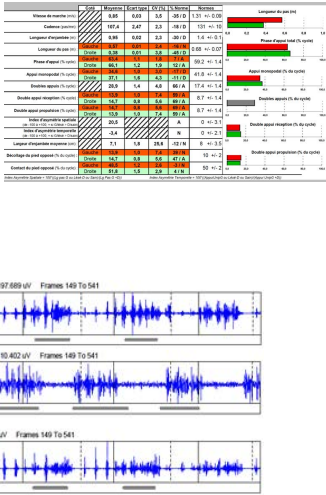


Dorsi/Plantar Moment



Ankle Power







68 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Déroulement de l'AQM

- Dans un « laboratoire de la marche »
- Coût matériel et humain élevé
- Rôle de l'ingénieur +++
- Durée de l'examen = 1h30 à 2h30
 - Préparation de la salle et du patient
 - Acquisition des données (au moins 12 passages)
- Mise en forme et interprétation de l'examen = 2h
 - Mise en forme des données (post-traitement)
 - Description des données et interprétation
 - Orientation de la stratégie thérapeutique



D. Gasq CHU Toulouse

34



69 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Limites de l'AQM

LOC-13

- Données manquantes (cinétique, EMG) / non interprétables
 - Limites de la modélisation, pb de recueil
- Évaluation en laboratoire = peu écologique
- Accessibilité limitée à peu de patients
 - Disponibilité d'un plateau technique ?
 - Complémentarité avec les blocs moteurs anesthésiques (Cormier et al. 2022)
- Compétences pour l'interprétation de l'examen
 - Standardisation de l'interprétation ?

→ Examen de recours

→ Plateau technique spécialisé niveau 2





70 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

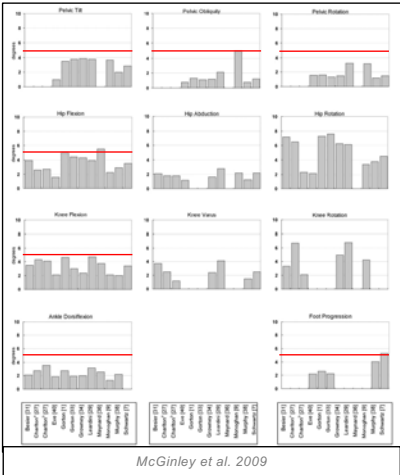
05/12/2024

Apports de l'AQM

LOC-13

Une évaluation de référence standardisée

- Données cinématiques
 - 3D
 - Résolution spatiale ~1 mm
 - Marge d'erreur faible < 5°



McGinley et al. 2009

NeuroSiemeK

71 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Descripteurs et outils d'évaluation de la marche

Sofamea

SOFAMEA

SOFMER

	Description de la marche	Pressions plantaires	Paramètres spatio-temporels	Cinétique	Cinématique 3D	EMG dynamique
Outils						
Échelles cliniques et/ou vidéo sans quantification instrumentale	X					
Vidéo +/- infra-rouge avec quantification			X		X	
Capteurs de pressions (contacteurs plantaires, tapis de marche, semelles embarquées)		X	X			
Stations inertielles			X		X	
Plateformes de force			X	X		
Systèmes optoélectroniques 3D (marqueurs passifs ou actifs)			X		X	
EMG de surface ou implantée						X
Niveaux d'analyse de la marche (outils utilisables pour chaque niveau d'analyse de marche : cf. première partie du tableau)						
Analyse observationnelle (visuelle) de la marche (AOM)	X					
Analyse spatiotemporelle de la marche (ASTM) * PEQP002 3			X **			
Analyse dynamique de la marche (ADM) * NKQP002 3		X		X		
Analyse cinématique de la marche (ACM) * NKQP001 3					X **	
Analyse EMG des activités musculaires de la marche (AEM) * AHQP002 3						X
Analyse quantifiée de la marche (AQM) * NKQP003 3			X **	X **	X **	X

* L'analyse instrumentale de la marche (AIM) regroupe l'ASTM, l'ADM, l'ACM et l'AEM. L'AQM correspond à une entité spécifiquement définie de l'AIM en termes de données recueillies et de qualité métrologique des données. ** Sous réserve de propriétés métrologiques compatibles. 3 actes correspondant dans la nomenclature des actes française proposée par la HAS.

Revue systématique de littérature sur les propriétés de mesure des données instrumentales d'évaluation de la locomotion humaine

Objectif = proposer des recommandations d'outils/biomarqueurs sur des bases métrologiques

NeuroSiemeK

72 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Outils et biomarqueurs de la marche

Evaluation de la marche

Biomarqueurs	Description qualitative	Cinématique		Cinétique		Activités musculaires
		Spatio-temporels	2D / 3D	Pressions	Efforts	EMG dynamique
Outils d'évaluation du mouvement						
Échelles cliniques et/ou vidéo sans quantification instrumentale	EVGS 3					
Caméras 2D / 3D avec quantification		X	X			
Systèmes optoélectroniques 3D (marqueurs passifs ou actifs)		Lors de l'AQM	AQM			
Centrales inertielles (IMU)		X	X			
Goniomètres			X			
Capteurs de pressions		Semelles, tapis de marche		Semelles, tapis de marche		
Plateformes de force / dynamomètres		Lors de l'AQM			AQM, dynamique inv.	
EMG dynamique (surface ou implantée)						AQM, avec PST

3 Edinburgh Visual Gait Scale (Read et al. 2003)

« Aisé » en pratique clinique

Très complexe en pratique clinique

D. Gasq CHU Toulouse

36



NeuroSiemeK

73 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-14

Approche globale puis focale

Approche globale : compréhension des situations complexes

Approche focale : pré-thérapeutique ++





NeuroSiemeK

74 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

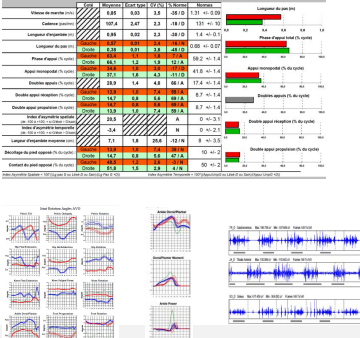
D. GASQ

05/12/2024

LOC-14

Quelle analyse instrumentale ?

- Vidéo = le minimum pour tous
 - Archivage, partage
 - Possibilité de quantification (EVGS)
- Analyse spatio-temporelle
 - Quantification pré/post thérapeutique, évolution
 - Rapide et simple → systématique
- Analyse quantifiée de la marche
 - Cinématique 3D + EMG dynamique + cinétique
 - Complexe → situations particulières
 - Aide à la décision thérapeutique (situations complexes)
 - Avant chirurgie neuro-orthopédique
 - En cas d'échec thérapeutique





75 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

- PST
- Cinématique
- Cinétique
- EMG dyn.
- Bases AQM
- Quelle éval. ?

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-14

Apports de l'AQM : que dit la littérature ?

Sans AQM



Avec AQM



Apport de l'AQM ?



Fuller et al. 2002; Wren et al. 2011; Ferrarin et al. 2015



76 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Plan de l'enseignement

- Descripteurs de la marche
 - Cycle de marche
 - Données spatio-temporelles
 - Données cinématiques
 - Données cinétiques
 - Activations musculaires
 - Coût énergétique de la marche
- Analyse observationnelle de la marche
 - Vidéo de la marche
 - Utilisation d'une échelle standardisée (EVGS)
- Analyse instrumentale de la marche
 - Analyse spatio-temporelle
 - Analyse cinématique
 - Analyse cinétique
 - Analyse en électromyographie dynamique
 - Bases de l'analyse quantifiée de la marche
 - Indications des analyses instrumentales de la marche
- Anomalies primaires, secondaires et compensatrices de la marche
- Description d'une boiterie en phase d'appui et en phase oscillante
- Analyse de vidéos

D. Gasq CHU Toulouse

38



77 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

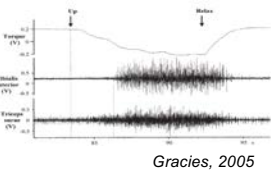
DES MPR – Mod. 3
D. GASQ
05/12/2024

LOC-15

Anomalies primaires

Déficiences responsables de modifications de la marche

- Déformations osseuses
- Raideur articulaire et rétractions musculo-tendineuses
- Parésie musculaire
- Hyperactivité musculaire
- Hypoesthésie
- ...


Anomalies I = anomalies directement liées à ces déficiences

- Cible thérapeutique dans la mesure du possible



78 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boîtiers

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3
D. GASQ
05/12/2024

LOC-15

Anomalies adaptatives: secondaires et compensatrices

La marche du sujet correspond à une adaptation plus ou moins contrainte aux déficiences:

Marche pathologique = anomalies primaires + anomalies adaptatives

➔ Examen clinique incontournable

- **Anomalies secondaires**
 - Anomalie directement induite par une anomalie primaire = nécessité biomécanique
 - Ex. si flexum de genou ➔ hanche fléchie au contact initial
- **Anomalies compensatrices**
 - Anomalie compensant les conséquences d'une anomalie primaire
 - Ex. des compensations d'un défaut de raccourcissement
- **Anomalies adaptatives à respecter**
 - Possibilité de correction si les anomalies I sont corrigées
 - Notion de **déformation utile**
 - L'enjeu est de les repérer lors de l'évaluation d'une marche pathologique



79 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

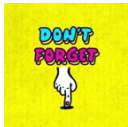
D. GASQ

05/12/2024

Anomalies primaires et adaptatives

LOC-15

Examen clinique nécessaire à la distinction des anomalies primaires et adaptatives



➔ On ne peut pas interpréter correctement une anomalie de la marche sans avoir examiné le patient !!!



80 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Plan de l'enseignement

- Descripteurs de la marche
 - Cycle de marche
 - Données spatio-temporelles
 - Données cinématiques
 - Données cinétiques
 - Activations musculaires
 - Coût énergétique de la marche
- Analyse observationnelle de la marche
 - Vidéo de la marche
 - Utilisation d'une échelle standardisée (EVGS)
- Analyse instrumentale de la marche
 - Analyse spatio-temporelle
 - Analyse cinématique
 - Analyse cinétique
 - Analyse en électromyographie dynamique
 - Bases de l'analyse quantifiée de la marche
 - Indications des analyses instrumentales de la marche
- Anomalies primaires, secondaires et compensatrices de la marche
- Description d'une boiterie en phase d'appui et en phase oscillante
- Analyse de vidéos

	Décryptage des anomalies de la marche	LOC-16
81 / 96 Descripteurs de la marche Analyse observationnelle Analyse instrumentale Anomalies I, II et compensatrices Boiteries Analyse vidéo DES MPR – Mod. 3 D. GASQ 05/12/2024	Grandes catégories de boiteries • Boiteries de phase d'appui = esquivé d'appui, instabilité articulaire / posturale – Concerne DAR (mise en charge) et AU • Boiteries de phase oscillante = défaut de raccourcissement ou de progression – Concerne DAP (pre-swing) et PO • Marche hypokinétique du syndrome parkinsonien • Vieillesse physiologique de la marche • Troubles de la marche psychogènes = situations typiques (incohérence des compensations)	

	Boiteries en phase d'appui	LOC-16
82 / 96 Descripteurs de la marche Analyse observationnelle Analyse instrumentale Anomalies I, II et compensatrices Boiteries Phase appui Phase oscillante Analyse vidéo DES MPR – Mod. 3 D. GASQ 05/12/2024	• Marches instables = ataxiques – Ataxies cérébelleuse et proprioceptive • Boiterie d'esquive – Éviter une douleur du membre inférieur • Boiterie de Trendelenburg – Défaut de verrouillage des abducteurs de hanche / coxopathie • Marche « avec salutation » – Défaut d'extension de hanche – Parésie du quadriceps	



Marche ataxique

LOC-16

83 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

- Instabilité en position debout → marche instable
- **Élargissement du polygone de sustentation**
- Ataxie cérébelleuse = marche pseudo-ébrieuse ou titubante
 - **Festonnante** = embardées irrégulières
- Ataxie proprioceptive = aggravée les yeux fermés
 - **Talonnante**
- Formes associées possibles (Friedreich, sclérose en plaques, ...)






Boiterie d'esquive

LOC-16

84 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

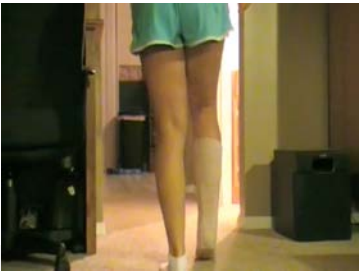
Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

- **Évitement de l'appui car douleur**
 - Diminution du temps d'appui unipodal
- Causes variées :
 - coxarthrose, gonarthrose, lésion osseuse, caillou dans la chaussure....
- Rotation latérale du membre si douleur d'une structure propulsive sagittale (ex. hallux rigidus)
- **Intérêt d'une canne**





85 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries
Phase appui
Phase oscillante

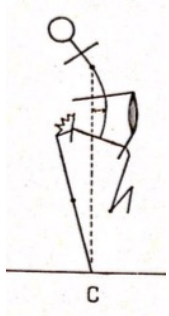
Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3
D. GASQ
05/12/2024

Boiterie de Trendelenburg

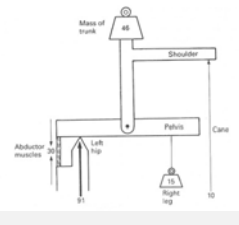
LOC-16

- Abaissement du bassin côté oscillant + inclinaison compensatrice du tronc côté portant
 - Si bilatéral (myopathie) = **démarche dandinante**
- Étiologies
 - Parésie « abducteurs » de hanche : moyen fessier, myopathies
 - Douleur de hanche
- Corrigée par utilisation d'une canne côté sain

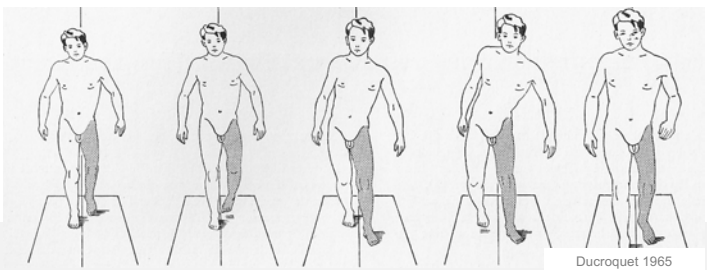


C

Ducroquet 1965



Whittle Gait Analysis 2006



Ducroquet 1965



86 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries
Phase appui
Phase oscillante

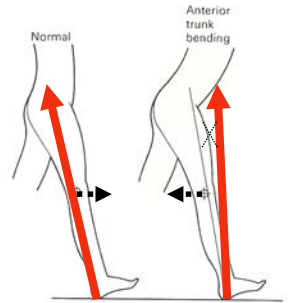
Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3
D. GASQ
05/12/2024

Boiterie avec « salutation »

LOC-16

- Antéflexion du tronc en phase d'appui
 - Perte d'extension de hanche (coxarthrose)
 - Parésie du quadriceps (polio ++) → *déformation en équin utile*





Modifié d'après Whittle M.W. 2006



NeuroSiemeK

Marche du parkinsonien

LOC-16

87 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

- Perturbations stéréotypées associées à une instabilité
- **Difficultés à l'initiation de la marche : freezing ou enrayage cinétique**
 - Interruption brutale de la marche avec piétinement, de survenue spontanée ou provoquée par un stimulus visuel
- Raccourcissement des pas = **marche à petits pas**
- Cadence irrégulière avec accélérations brutales = **festination**
- Perte du balancement d'un ou des membres supérieurs et demi-tour décomposé




DES MPR – Mod. 3
 D. GASQ
 05/12/2024



NeuroSiemeK

Boiterie de phase oscillante

LOC-17

88 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

- **Défaut de raccourcissement +/- de progression**
 - Défaut de relevé du pied
 - Défaut de flexion de genou (stiff-knee)
 - Défaut de flexion de hanche

→ anomalies primaires
- **Compensations : pas pelvien, fauchage, steppage, volte**
 - Caractérise la boiterie le plus souvent → source de confusion ...
- **Défaut de raccourcissement**
 - Unilatéral → ex. hémiplegie
 - Bilatéral → ex. paraparésie spastique
- **! de manière aspécifique :**
 - Si instabilité d'un côté = phase oscillante controlatérale raccourcie

DES MPR – Mod. 3
 D. GASQ
 05/12/2024

89 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

Ex. du défaut de flexion en phase oscillante

LOC-17

Défaut de raccourcissement / flexion liée à une hypertonie des extenseurs
→ entraîne des compensations = pas pelvien & fauchage

- Impact sur la consommation énergétique
 - Défaut de raccourcissement = mobilisation du centre de masse
 - Augmentation des activations musculaires & hypertonie
- Consommation énergétique lors de la marche en post-AVC^a
 - x 2 à 7 par rapport à des sujets contrôles
 - 5 à 18 MET = course à pied de 6 à 18 km/h^b

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

A. Montané et al. 2023. ^aKramer et al. 2016; Compagnat et al. 2018. ^b2024 Compendium of Physical Activities <https://pacompendium.com/>

90 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

Pas pelvien

LOC-17

- Élévation du bassin +/- participation du tronc
 - +/- associé à une RVB pour faciliter l'avancée du fémur

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Whittle Gait Analysis 2006

D. Gasq CHU Toulouse

45



Fauchage

LOC-17

91 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

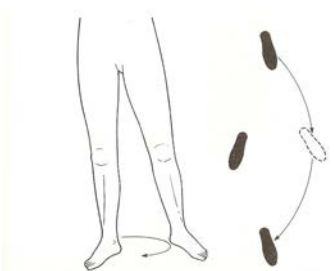
Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

- Le pied décrit un demi-cercle au sol = circumduction
 - Rôle des muscles abducteurs de hanche
- Souvent associé à un pas pelvien
- Causes = défaut de flexion de genou et/ou cheville




Compensation ou anomalie I ?

Journal of Biomechanics 51 (2018) 156–165

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Biomechanics

Journal homepage: www.elsevier.com/locate/jbiomech

www.jbiomech.com

Hip circumduction is not a compensation for reduced knee flexion angle during gait

Tunc Abbas^a, Sunil Prajapati, David Ziemnicki, Poornima Tamma, Sarah Gross, James Solari

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Whittle Gait Analysis 2006



Steppage

LOC-17

92 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

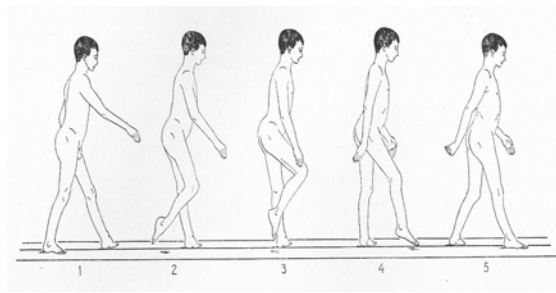
Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

- Majoration de flexion de hanche (et genou) compensatoire d'un défaut de dorsiflexion de cheville
- Cause la plus fréquente = déficit des muscles releveurs du pied
 - Atteinte radiculaire L4-L5 ou du nerf fibulaire commun, Charcot-Marie-Tooth
 - Atteinte neurologique centrale avec déficit distal flasque




DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Ducroquet 1965



NeuroSiemeK

Volte controlatérale

LOC-17

93 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

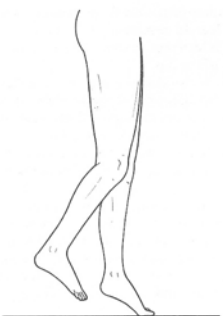
Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

- Flexion plantaire de cheville (ou diminution de dorsiflexion) en appui unipodal compensant le défaut de raccourcissement controlatéral
- Nécessite une bonne motricité distale et une vitesse suffisante





DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Whittle Gait Analysis 2006



NeuroSiemeK

Paraparésie spastique

LOC-17

94 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

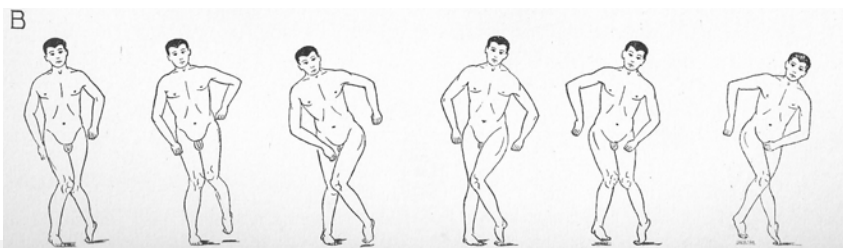
Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

- Défaut de raccourcissement des deux membres inférieurs fixés en extension
- Avancement du membre inférieur = inclinaison du tronc CL + rotation horizontale HL du bassin = **démarche de « gallinacé »**
- Si adduction des cuisses trop importante avec croisement des cuisses = **démarche « en ciseaux »**.
- Utilisation de 2 cannes pour se déplacer en projetant le bassin et les membres inférieurs de manière concomitante = **marche pendulaire**

B



DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Ducroquet 1965



95 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Phase appui

Phase oscillante

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

LOC-16 & 17

Vieillessement « physiologique » de la marche

- Diminution de la vitesse de marche, la longueur du pas (moins de mouvements de bassin et hanche) et la hauteur du pas (pas rasants voire trainants)
- Augmentation de la largeur du pas et des temps d'appuis bipodaux
- Perte de capacité de gestion d'une tâche cognitive alors que le sujet est en train de marcher (« **stop walking when talking** ») → *augmentation du risque de chute*
- **Astasie-abasie**
 - **Astasie** = instabilité de la station debout avec rétropulsion spontanée générant des chutes
 - **Abasie** = impossibilité de marcher en dehors de la présence de tout syndrome parkinsonien ou pyramidal
 - Anomalies observées essentiellement chez le sujet âgé suite à une chute ou un alitement prolongé
- Dans sa forme la plus sévère s'y associe une phobie de la marche confinant le sujet au fauteuil = **staso-basophobie**



D'après Murray et al. 1969



96 / 96

Descripteurs de la marche

Analyse observationnelle

Analyse instrumentale

Anomalies I, II et compensatrices

Boiteries

Analyse vidéo

DES MPR – Mod. 3

D. GASQ

05/12/2024

Décrire les anomalies de la marche = ateliers

- Mise en pratique à partir de vidéos