EVALUATION QUANTIFIEE DU MOUVEMENT DANS LA PARESIE SPASTIQUE

Pr Raphaël Gross

Service de MPR neurologique – Laboratoire d'Analyse du Mouvement CHU Nantes

Nantes Université Pôle Santé UFR Médecine

Cofemer collège français des enseignants universitaires de médecine physique et de réadaptation

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE NANTES

DES MPR - MPR & SNC - Nantes 24 mars 2023

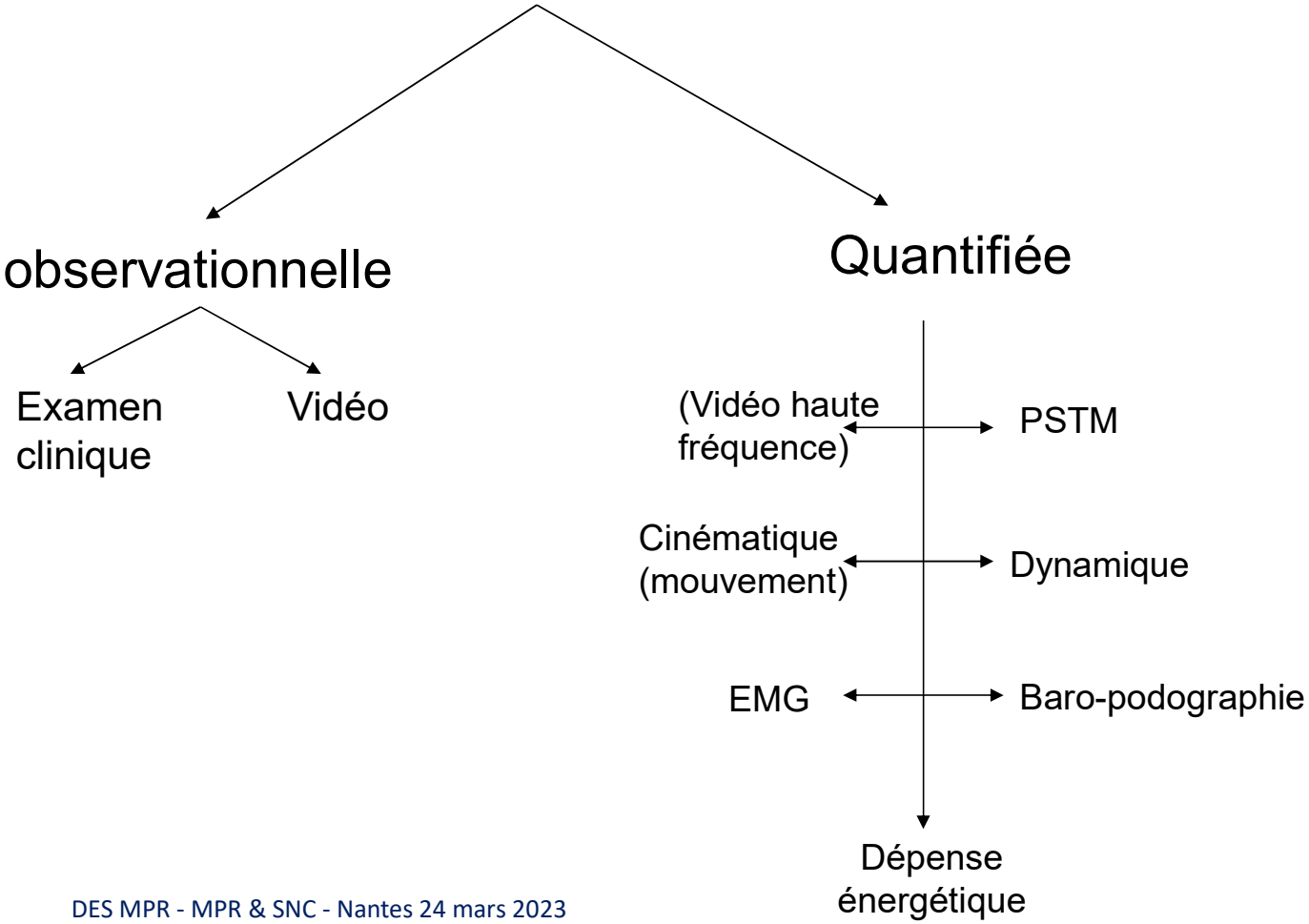
ANALYSE **QUANTIFIEE** DU MOUVEMENT ?

→ ANALYSE **INSTRUMENTALE**

- Transformer la marche, phénomène biomécanique, en données numérisées et en courbes.

- Evaluation multimodale simultanée de la marche en tant que phénomène biomécanique.

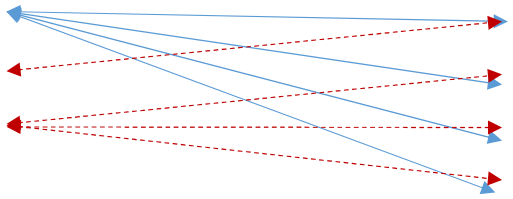
Analyse clinique de la marche



Analyse de la marche

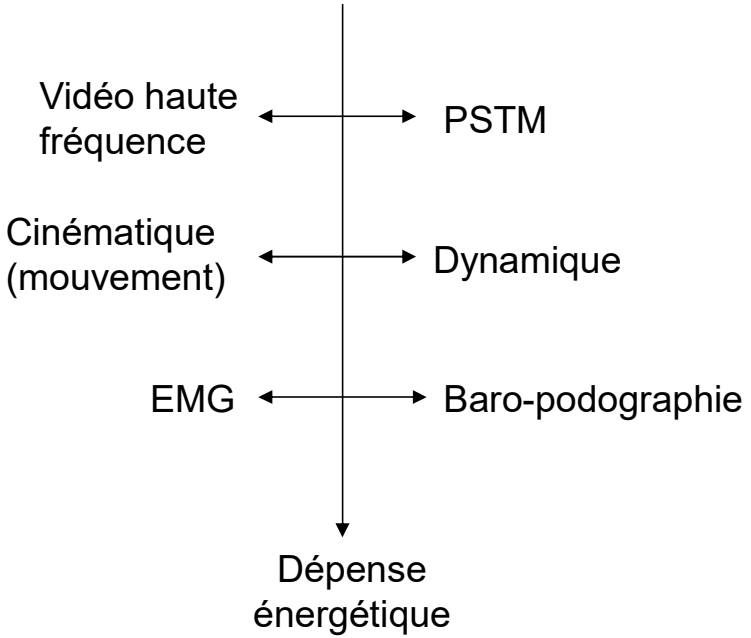
QUANTIFIER QUOI ?
INSTRUMENTER pour quelle MESURE ?

Paramètres mesurés Outils de mesure



- Nombreuses combinaisons / variantes d'évaluation

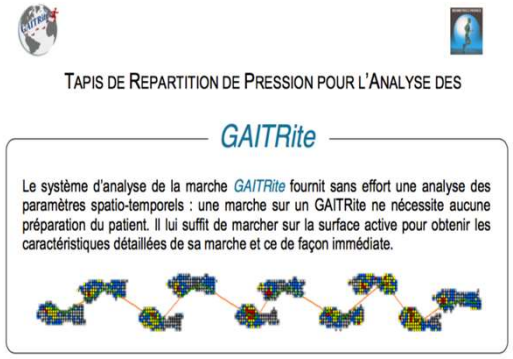
Quantifiée



Analyse de la marche

MESURE par TAPIS DE PRESSION

EXEMPLE : GAITRITE®



Quantifiée

- Vidéo haute fréquence ↔ PSTM
- Cinématique (mouvement) ↔ Dynamique
- EMG ↔ Baro-podographie
- Dépense énergétique

Nantes Université

Comment participer ?

Copier le lien de participation

1 Allez sur wooclap.com

2 Entrez le code d'événement dans le bandeau supérieur

Code d'événement

RLMHKL

1 Envoyez @RLMHKL au 06 44 60 96 62

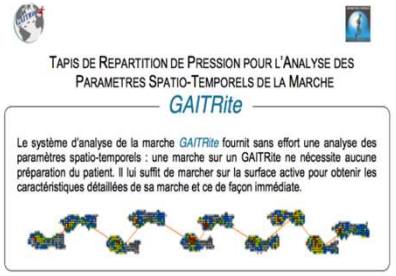
2 Vous pouvez participer

QCM n°1

- Un système d'analyse par nappes de pression permet d'obtenir :
  A. La cinématique de la marche (mouvement des segments corporels)
  B. La dynamique de la marche (forces/moments/puissances)
  C. Les paramètres spatio-temporels de la marche
  D. La répartition des pressions pendant la phase d'appui.
  E. La vitesse de marche

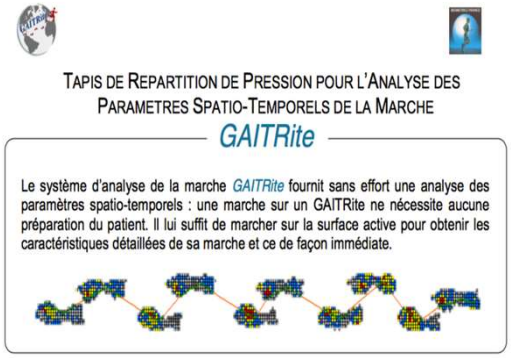
QCM n°1

- Un système d'analyse par nappes de pression permet d'obtenir :
  A. La cinématique de la marche (mouvement des segments corporels)
  B. La dynamique de la marche (forces/moments/puissances)
  C. Les paramètres spatio-temporels de la marche
  D. La répartition des pressions pendant la phase d'appui.
  E. La vitesse de marche



Analyse de la marche

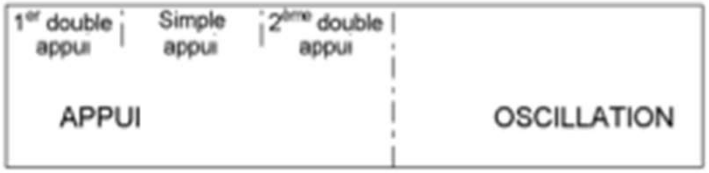
MESURE par TAPIS DE PRESSION



Quantifiée

- Vidéo haute fréquence ↔ **PSTM**
- +/- Cinématique (mouvement) ↔ Dynamique
- EMG ↔ +/- Baro-podographie
- +/- Dépense énergétique

Membre Droit Membre Gauche Sujet témoin



Paramètres Spatio-Temporels

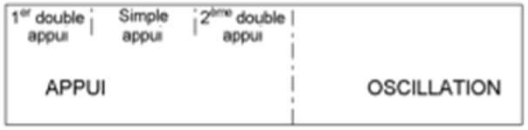
	Gauche	Droit	Sujet témoin
Vitesse (m/s)	1.50 ± 0.00	1.48 ± 0.01	
Cadence (pas/min)	60.61 ± 0.00	60.01 ± 0.85	
Durée (s)	0.99 ± 0.00	1.00 ± 0.01	
Long. Pas (m)	1.48 ± 0.00	1.48 ± 0.00	
Long. Demi-pas (m)	0.74 ± 0.00	0.74 ± 0.04	

...

PSTM : Interprétation

paramètres spatio-temporels de la marche

Membre Droit Membre Gauche Sujet témoin



Paramètres Spatio-Temporels

	Gauche	Droit	Sujet témoin
Vitesse (m/s)	1.50 ± 0.00	1.48 ± 0.01	
Cadence (pas/min)	60.61 ± 0.00	60.01 ± 0.85	
Durée (s)	0.99 ± 0.00	1.00 ± 0.01	
Long. Pas (m)	1.48 ± 0.00	1.48 ± 0.00	
Long. Demi-pas (m)	0.74 ± 0.00	0.74 ± 0.04	
Larg. Pas (m)	0.11 ± 0.00	0.07 ± 0.03	
Phase d'appui (s)	0.59 ± 0.00	0.62 ± 0.01	
Phase d'appui (%)	59.60 ± 0.00	61.50 ± 0.16	
1er double appui (%)	11.11 ± 0.00	10.51 ± 0.86	
Simple appui (%)	38.38 ± 0.00	39.50 ± 0.15	
2ème double appui (%)	10.10 ± 0.00	11.50 ± 0.54	
Phase d'oscillation (s)	0.40 ± 0.00	0.38 ± 0.01	
Phase d'oscillation (%)	40.40 ± 0.00	38.50 ± 0.16	
Gilette Gait Index	NaN	NaN	
Gait Deviation Index	0.00	0.00	

PSTM renseignent sur :

- **performances globales** de la marche
- **contrôle moteur** droit/gauche (proportion appui/oscillation)
- **équilibre** (double-appui, largeur du pas)

INTERET POUR OBJECTIVER / EVALUER PROGRES LIES A UNE INTERVENTION THERAPEUTIQUE :

- Performances globales
- Symétrie
- équilibre

Analyse de la marche

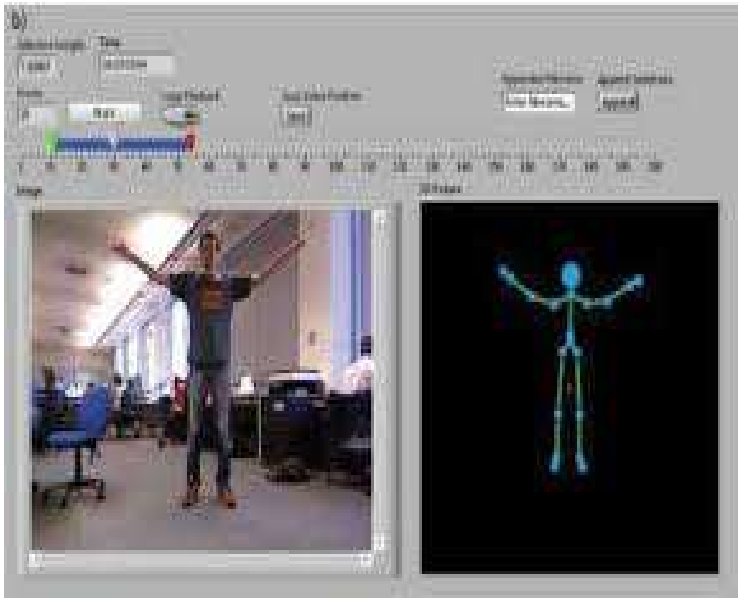
CENTRALES INERTIELLES

Quantifiée

- Vidéo haute fréquence ↔ **PSTM**
- +/- Cinématique (mouvement) ↔ Dynamique
- EMG ↔ Baro-podographie
- +/- Dépense énergétique

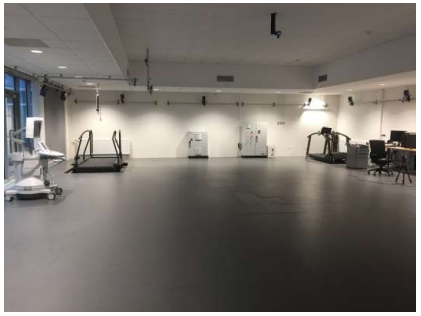
Analyse de la marche

KINECT® : reconnaissance couleur/mouvement



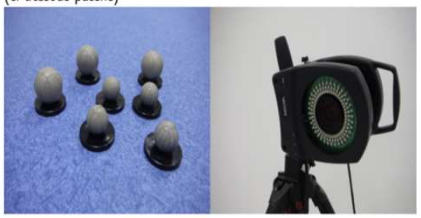
Quantifiée

- Vidéo haute fréquence ↔ PSTM
- **Cinématique (mouvement)** ↔ Dynamique
- EMG ↔ Baro-podographie
- Dépense énergétique



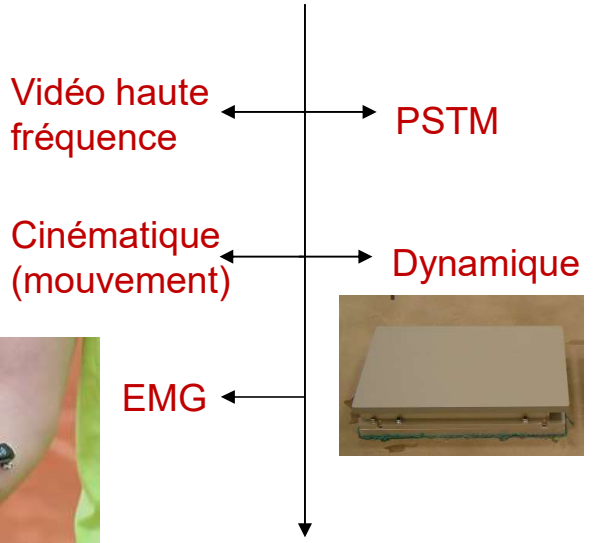
Laboratoire d'AQM : outils

Outil cinématique complexe : Analyse cinématique 3D
Système de capture du mouvement avec marqueurs actifs ou **passifs** (ci-dessous passifs)

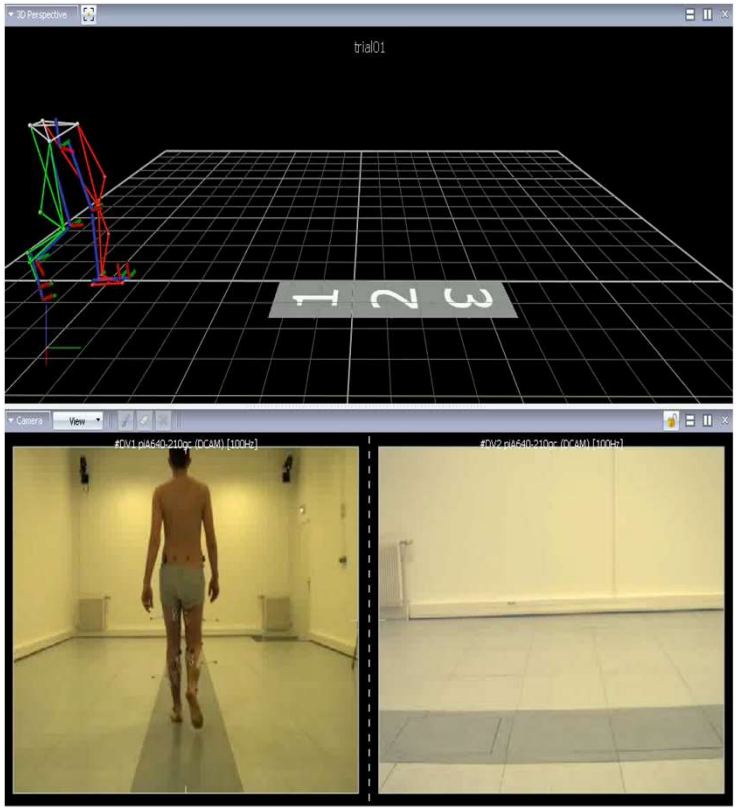


- Pièce de vastes dimensions
- Caméros vidéos haute résolution temporelle (≈ 100 Hz)
- Marqueurs opto-électroniques
- Emetteurs-récepteurs = caméras émettant rayonnement dans un spectre proche de l'infrarouge
- Plate-forme de forces
- Electrodes EMG et ampli : (filaire ou wi-fi, surface ou intra-musculaire,
- Unité centrale informatique
- Ingénieur +++
- Médecin +

Quantifiée

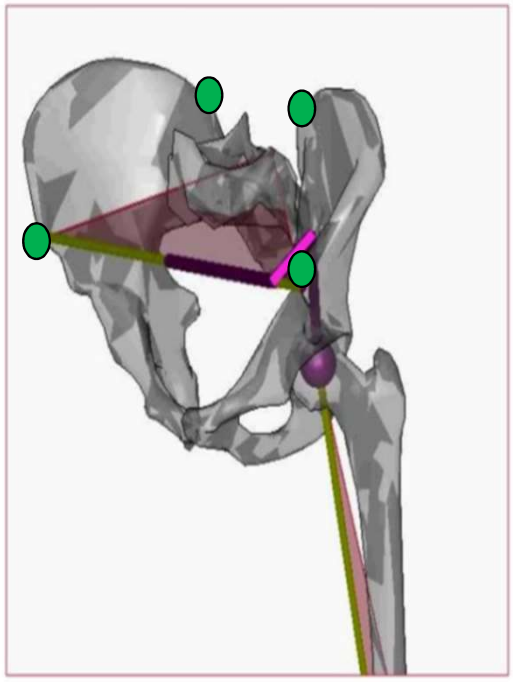


ANALYSE QUANTIFIEE DE MARCHE : Cinématique



Cinématique → MODÉLISATION
Un modèle est toujours *faux*…

Outil cinématique complexe : Analyse cinématique 3D
Système de capture du mouvement avec marqueurs actifs ou **passifs** (ci-dessous passifs)



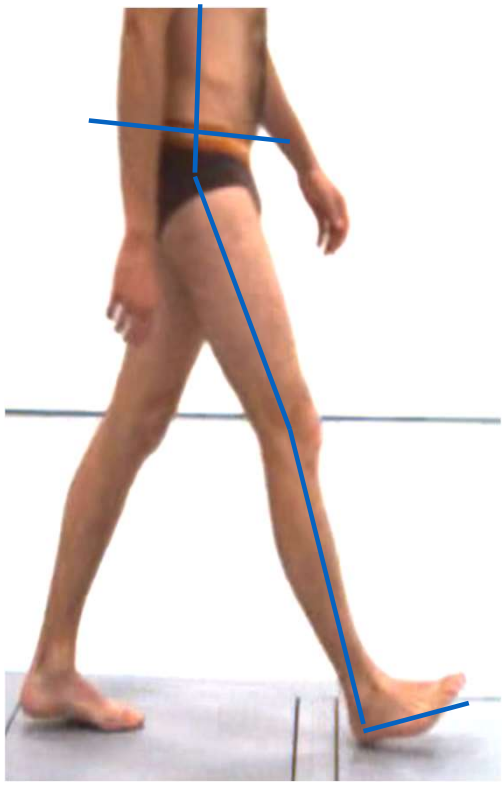
Marqueurs externes EIAS, EIPS, condyles…

Cinématique pertinente = paramètres articulaires

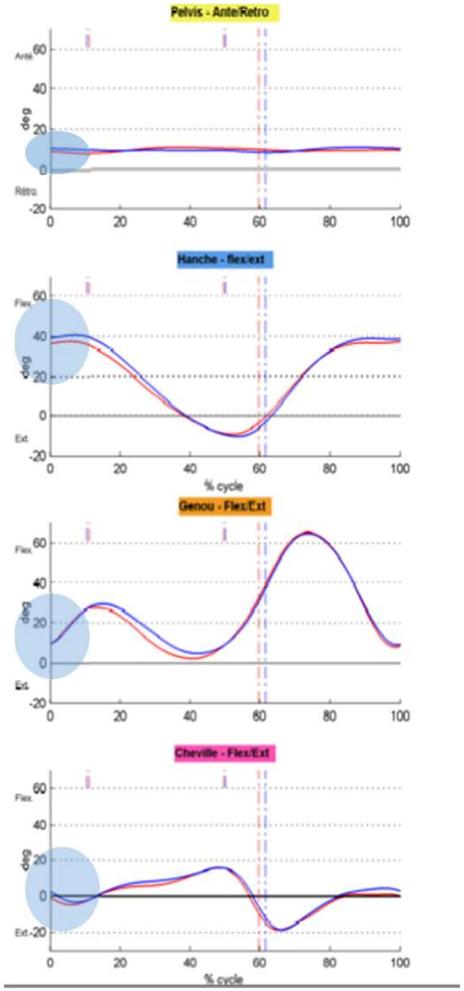
Reconstruction par le modèle du centre articulaire de hanche, genou, cheville…

≠ données anatomiques

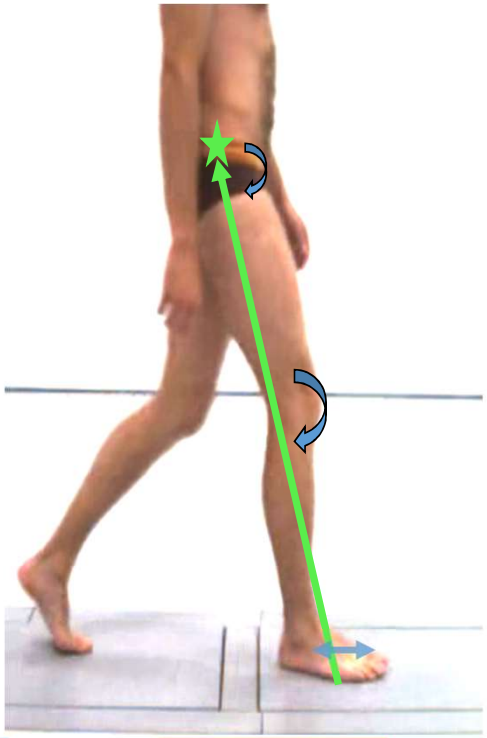
AOM/AQM : au cours du cycle de marche plan sagittal



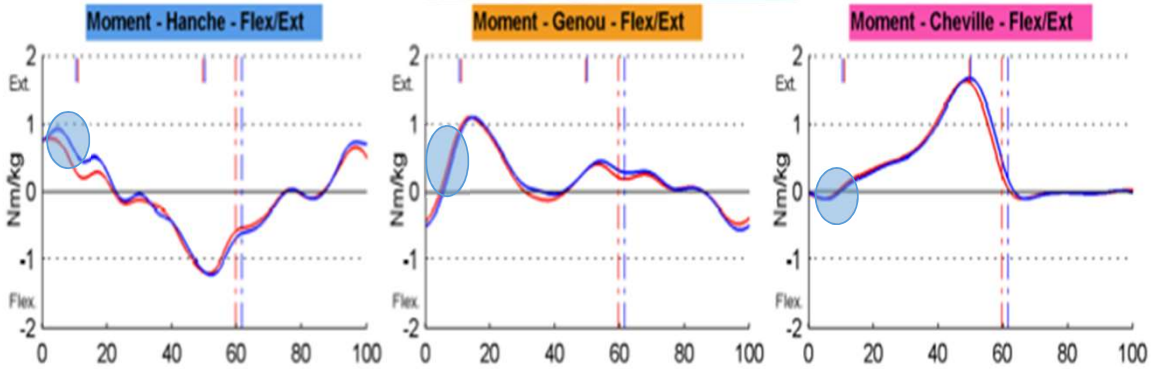
Contact initial pied droit



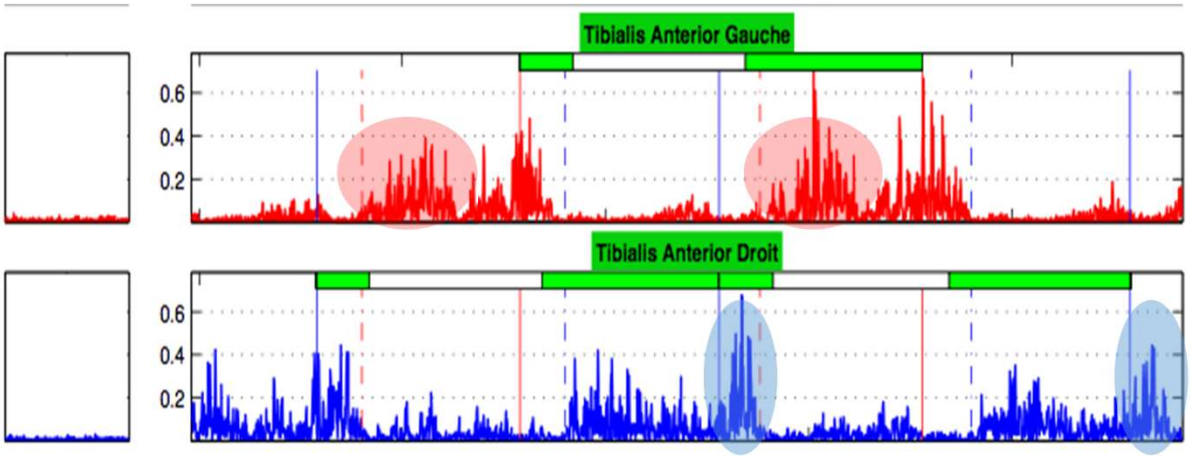
Interprétation dynamique : moments et **vecteur FRS**



Loading response :
moments fléchisseurs :
amorti de la charge



AQM et EMG : exemple du tibial antérieur



Activité monophasique : du toe-off à la fin de la mise en charge. 2 périodes de recrudescence d'activité : début d'oscillation (contraction concentrique pour relever le pied) et après le CI (contraction excentrique pour freiner la FP de cheville)

A quoi sert l'AQM?

- Outil de ***mesure***
- Outil d'***évaluation***

A quoi ne sert-elle pas?

- A faire un diagnostic de pathologie
- A donner une recette **thérapeutique**

APPORTS DE L'EVALUATION INSTRUMENTALE ?

« Efficacité Clinique »

Types of efficacy.

Efficacy Type (Numeric)	Efficacy Type	Description
1	Technical	Physical process of obtaining data, including accuracy and reliability of equipment & procedures used in data collection
2	Diagnostic accuracy	Data interpretation, including performance in classifying patients & making diagnoses, interpreting data, identifying measures predictive of good or bad outcomes for specific treatments
2b	Outcome prediction	Gait analysis used to evaluate the efficacy of treatments at group level
3 – 4[a]	Diagnostic thinking & treatment	Impact of gait analysis on treatment decision-making and the treatment actually done for individual patients
5[a]	Patient outcome	Effect on outcomes for individual patients
6	Societal	Cost effectiveness or cost-benefit analysis from societal viewpoint

Wren *et al*. 2020

Exemple : PC unilatérale spastique G

- Vidéo

QNB

QCM n°2 : pied tombant *(« spastic drop foot »)*

- Juste avant le contact initial…

A. A un genou excessivement fléchi ?
B. Est en flexion plantaire de cheville ?
C. A une flexion de hanche normale ?
D. A une insuffisance d'activation du tibial antérieur ?
E. A une activation des ischiojambiers ?

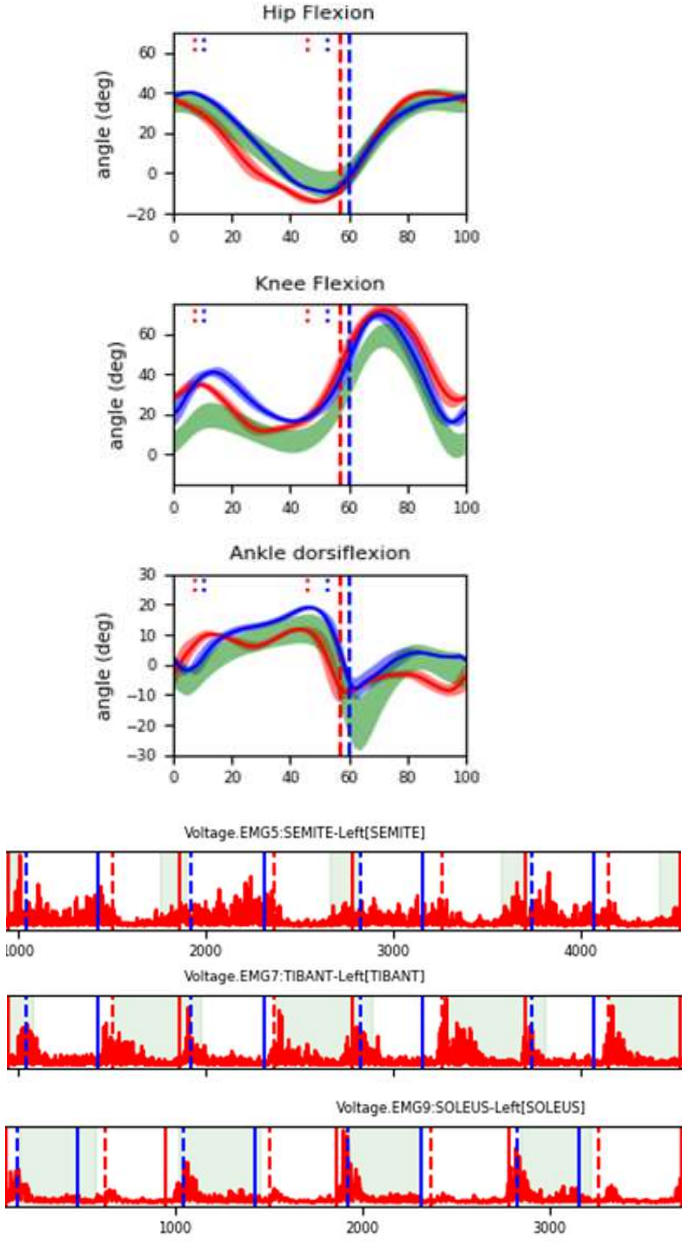
QCM n°2

- Juste avant le contact initial…

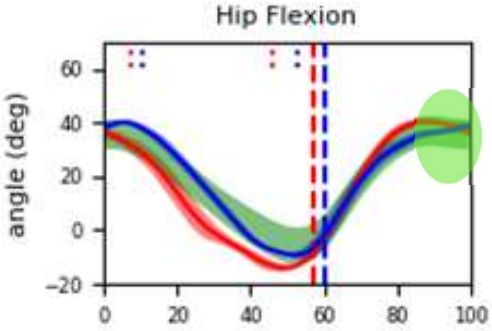
A. A un genou excessivement fléchi ?
B. Est en flexion plantaire de cheville ?
C. A une flexion de hanche normale ?
D. A une insuffisance d'activation du tibial antérieur ?
E. A une activation des ischiojambiers ?

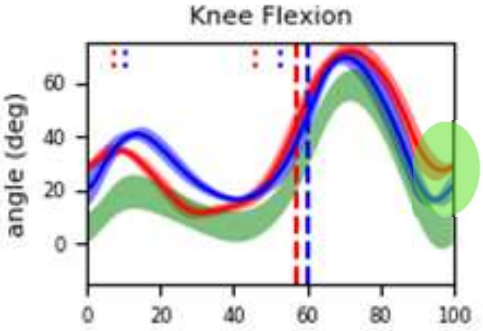
QCM n°2

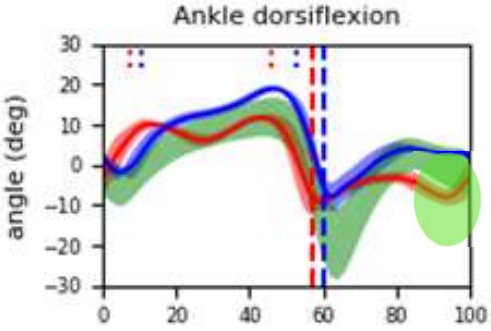
- En fin de phase oscillante, ce patient …
  A. A un genou excessivement fléchi ?
  B. Est en flexion plantaire de cheville ?
  C. A une flexion de hanche normale ?
  D. A une insuffisance d'activation du tibial antérieur ?
  E. A une activation des ischiojambiers ?

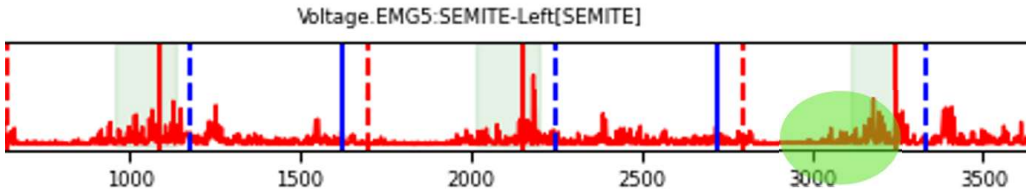


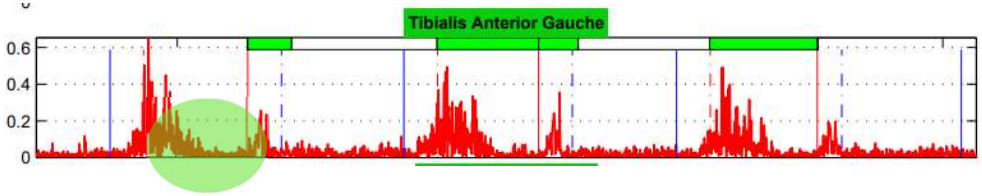
A. A un genou excessivement fléchi ?
B. Est en flexion plantaire de cheville ?
C. A une flexion de hanche normale ?
D. A une insuffisance d'activation du tibial antérieur ?
E. A une activation des ischiojambiers ?


Hip Flexion
angle (deg)
60
40
20
0
−20
0
20
40
60
80
100


Knee Flexion
angle (deg)
60
40
20
0
0
20
40
60
80
100


Ankle dorsiflexion
angle (deg)
30
20
10
0
−10
−20
−30
0
20
40
60
80
100


Voltage.EMG5:SEMITE-Left[SEMITE]
1000
1500
2000
2500
3000
3500


Tibialis Anterior Gauche
0.6
0.4
0.2
0

QCM n°2

- En fin de phase oscillante, ce patient …

A. A un genou excessivement fléchi ?
B. Est en flexion plantaire de cheville ?
C. A une flexion de hanche normale ?
D. A une insuffisance d'activation du tibial antérieur ?
E. A une activation des ischiojambiers ?

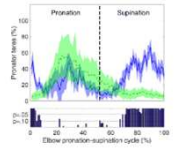
AQM et Parésie Spastique

- Modifications musculaires (Rétractions ++)
- Hyperactivité musculaires
  - Spasticité
  - Dystonie spastique
  - Cocontractions
  - …
- Parésie / déficit moteur / fatigabilité pyramidale
- Variabilité inter-individuelle du « phénotype » de parésie spastique

Limites de ***l'évaluation clinique*** de la parésie spastique

- Evaluation **locale** (redondance musculaire)
- **Diagnostic différentiel**
  - Parésie *vs.* cocontraction
  - Hyperactivité musculaire *vs.* Rétraction
- **Biomarqueurs** : évolution / traitement (*Harvey et al., 2017; Katalinic et al., 2011;* ***Lecharte, Gross, Nordez, & Le Sant, 2020****) … vs Pradines et al. 2019*
- **Individualisation des traitements** selon symptôme prédominant *(Ward et al. JRM 2014, Shaw et al. Stroke 2011)*

EVALUATION INSTRUMENTALE DE LA PARÉSIE SPASTIQUE



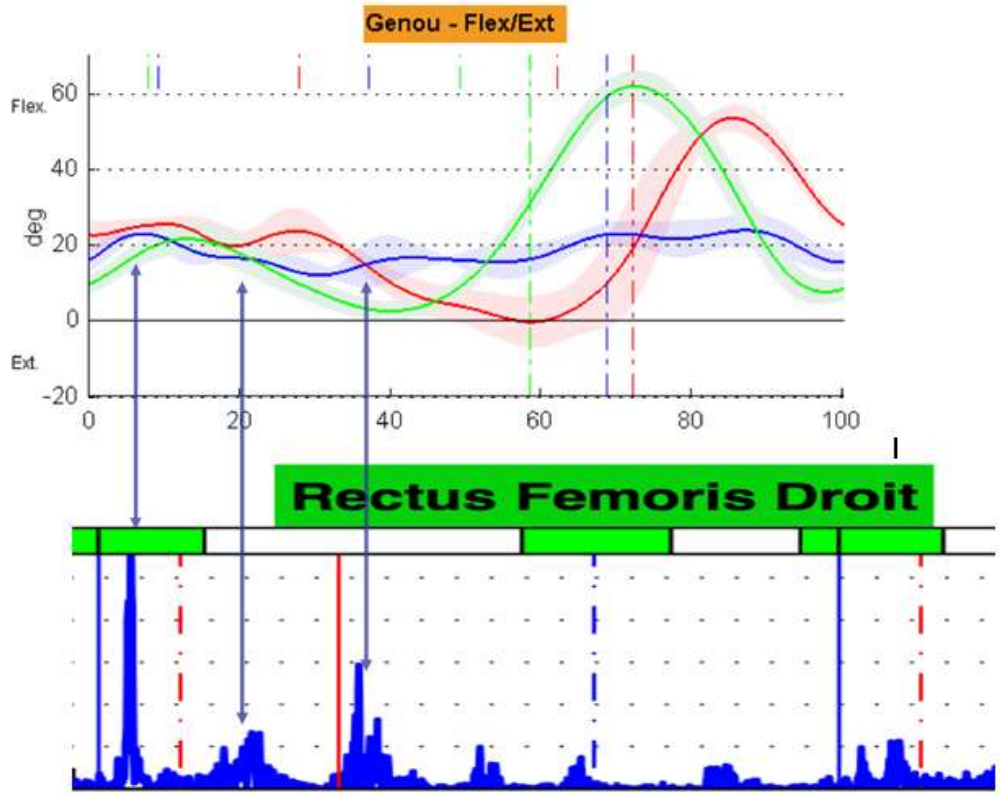
QCM n°3

- Quelles sont les anomalies motrices de la parésie spastique qui sont identifiables par l'AQM ?
  A. Les rétractions
  B. La spasticité
  C. Les cocontractions
  D. La parésie
  E. La fatigabilité motrice

QCM n°3

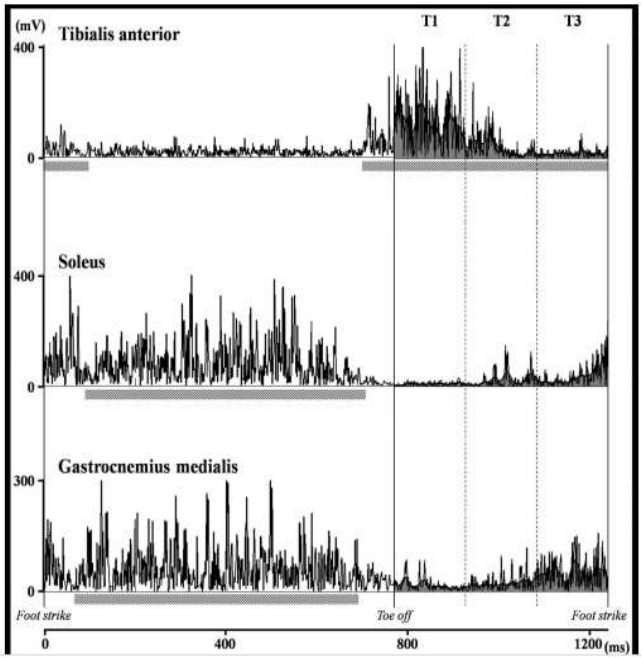
- Quelles sont les anomalies motrices de la parésie spastique qui sont identifiables par l'AQM ?
  A. Les rétractions
  B. La spasticité
  C. Les cocontractions
  D. La parésie **+/-**
  E. La fatigabilité **+/- (test fatigue)**

AQM et spasticité



Clonus du quadriceps en phase d'appui

AQM et EMG dynamique : QCM n°4



Thèse M Ghedira

A. Le *tibialis anterior* présente un arrêt prématuré.

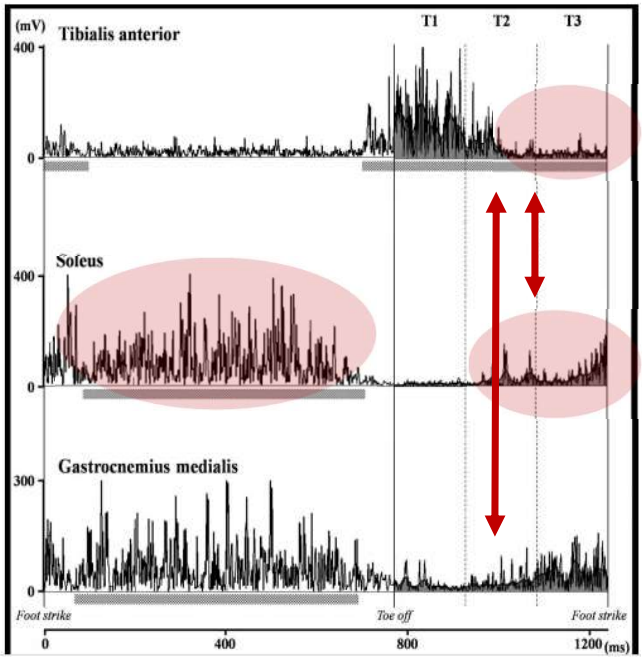
B. L'activité du *soleus* est prématurée.

C. Il existe un clonus du *soleus.*

D. Il existe des cocontractions du *soleus* en phase oscillante.

E. Il existe des cocontractions du GCN m en phase oscillante.

AQM et EMG dynamique : QCM n°4



Thèse M Ghedira

A. Le *tibialis anterior* présente un arrêt prématuré.

B. L'activité du *soleus* est prématurée.

C. Il existe un clonus du *soleus.*

D. Il existe des cocontractions du *soleus* en phase oscillante.

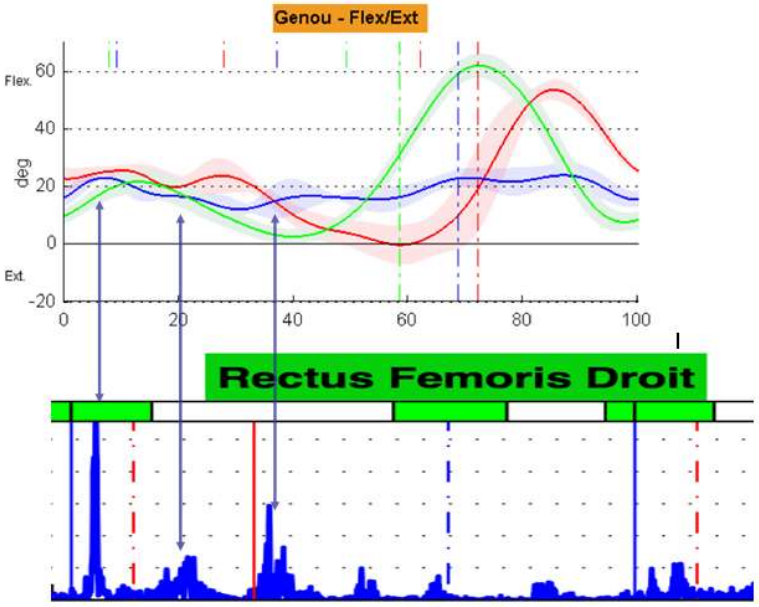
E. Il existe des cocontractions du GCN m en phase oscillante.

A quoi sert l'AQM?

Apport diagnostique et thérapeutique / AOM

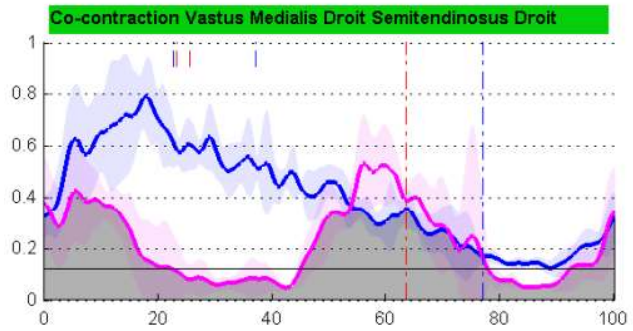
=

Corrélations **EMG/cinématique** +++



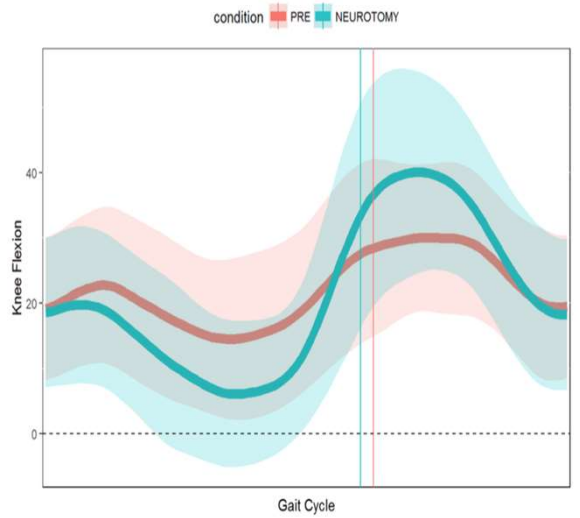
Attention à l'EMG

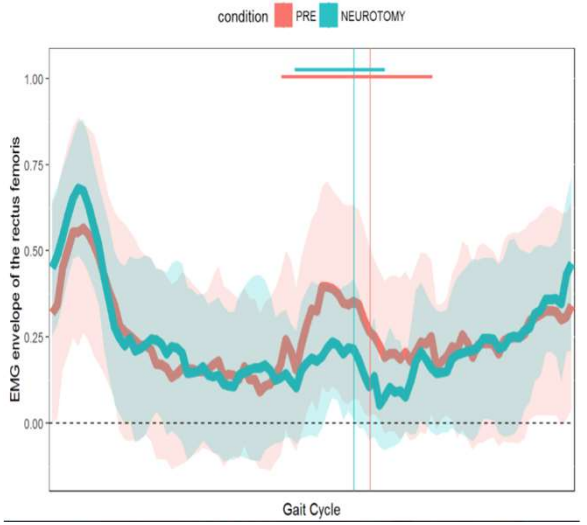
- Analyse qualitative
- Quantitatif ?
  - Spasticité oui/non
  - Cocontraction oui/non
  - Dystonie spastique oui/non
  - Parésie ???
- Problème de la corrélation EMG / force



AQM et BLOCS MOTEURS

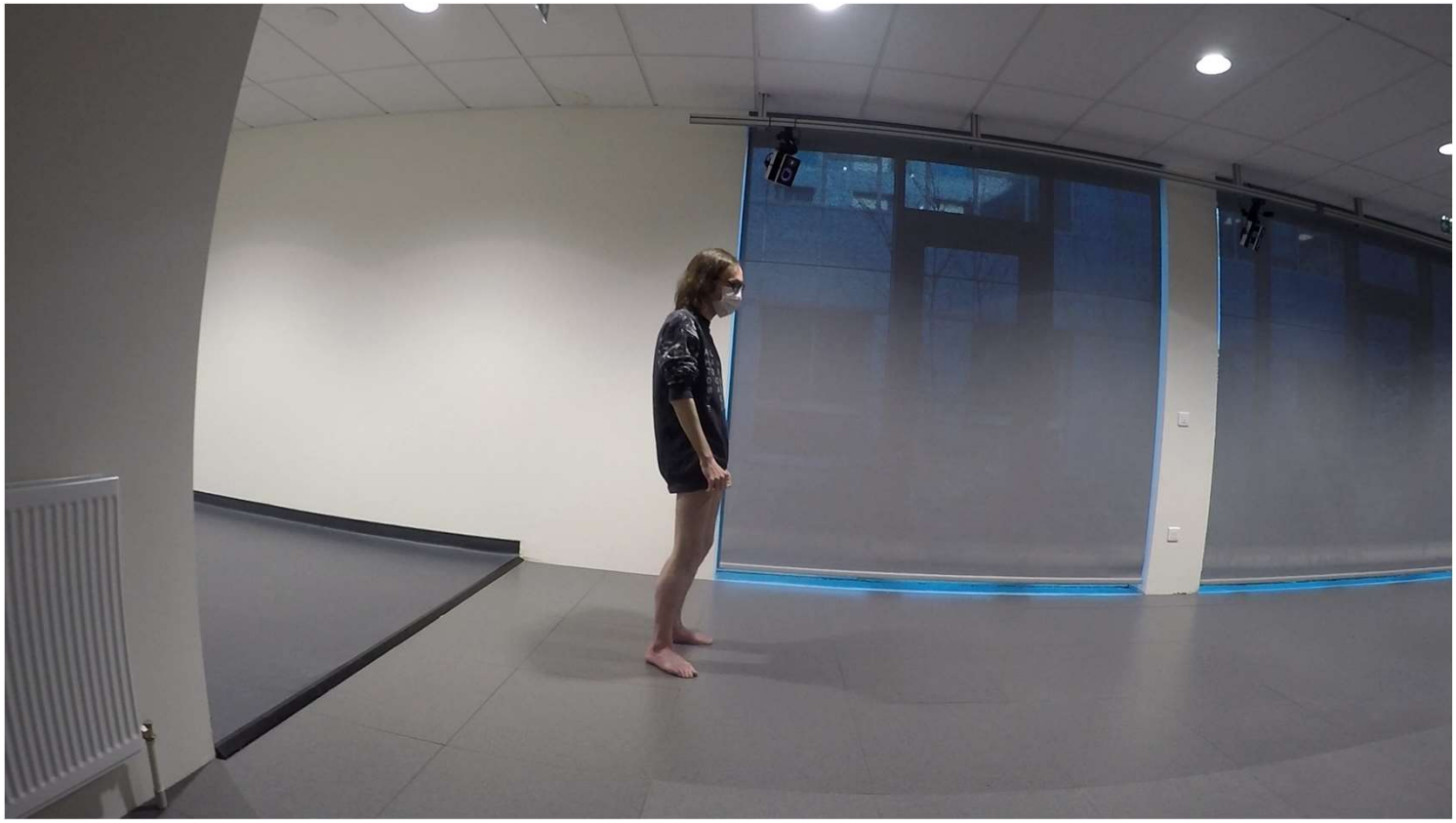
- Associer une anomalie de mouvement à une hyperactivité musculaire
- Traiter l'hyperactivité musculaire par BMNS
- Vérifier l'efficacité du BMNS
  - Neurophysiologique
  - cinématique

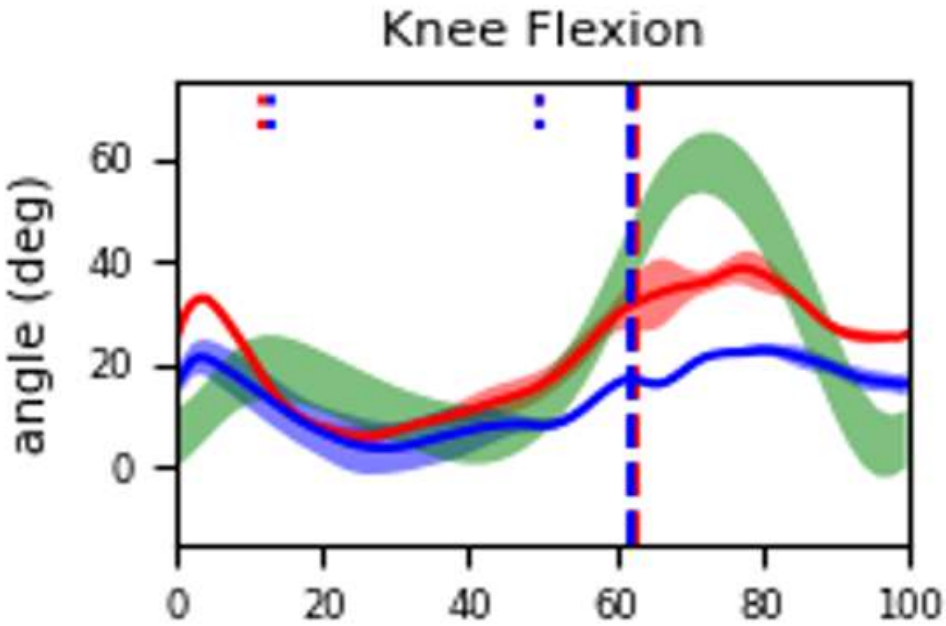




AQM et BMNS : exemple 1 – QCM n°5

- Lésion médullaire incomplète AIS D sur lésion médullaire traumatique de l'enfance
- Marche avec DFGPO « stiff-knee gait »
- Vidéo




Knee Flexion
angle (deg)
60
40
20
0
0
20
40
60
80
100

QCM n°5

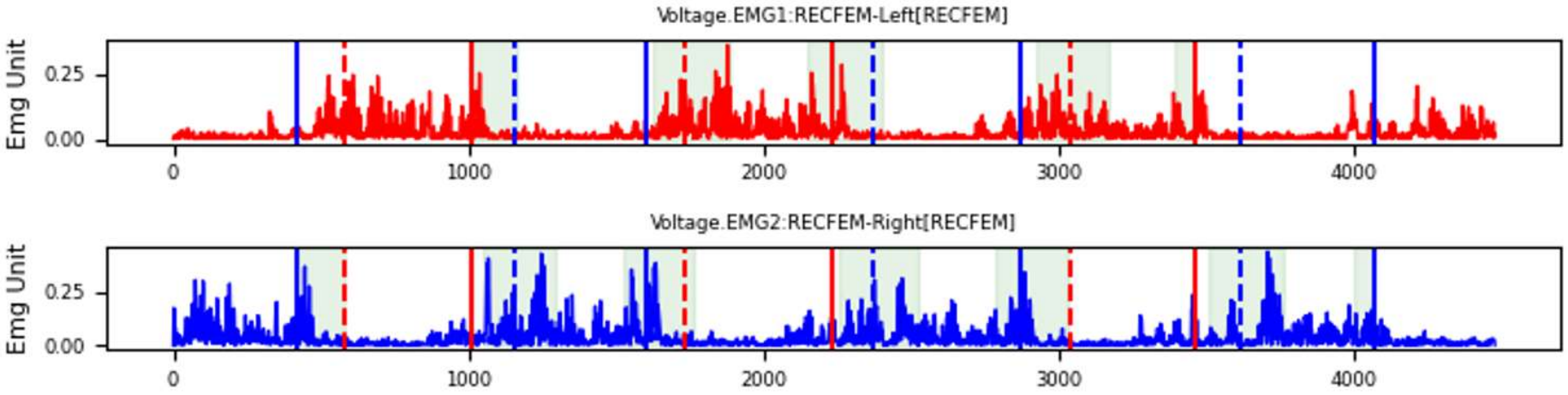
Parmi les propositions suivantes, quelles sont les causes possibles de DFGPO dans la parésie spastique ?

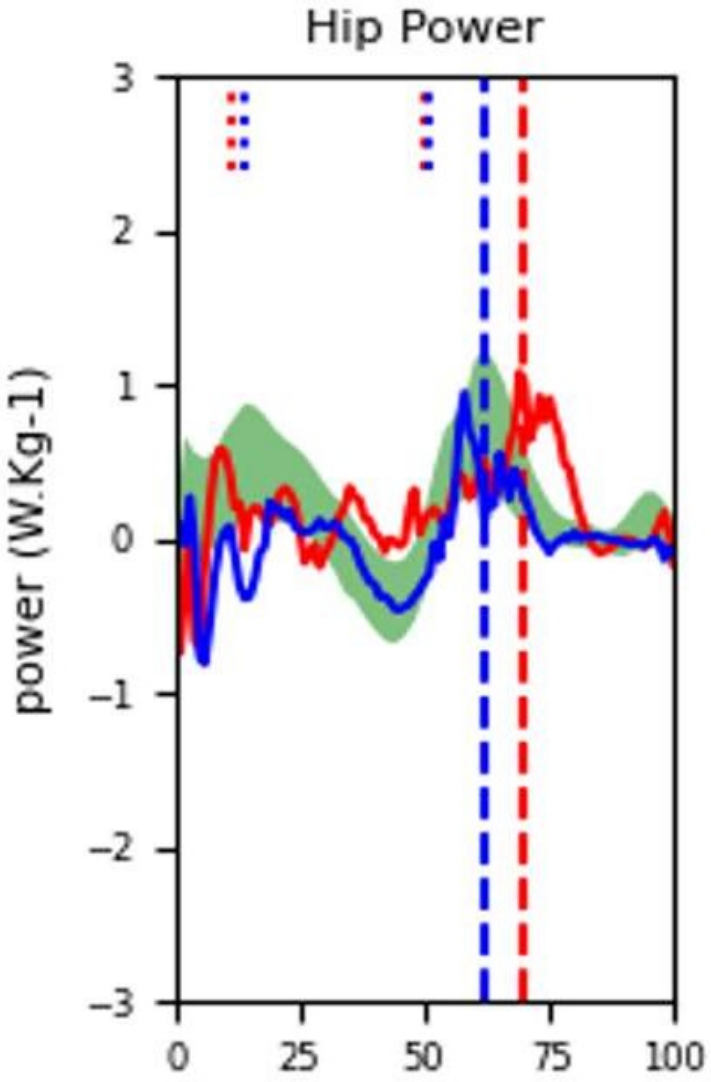
A. Parésie des fléchisseurs de hanche
B. Parésie des ischio-jambiers
C. Activité excessive, inappropriée, du rectus femoris
D. Activité excessive, inappropriée des ischio-jambiers
E. Parésie des fléchisseurs plantaires

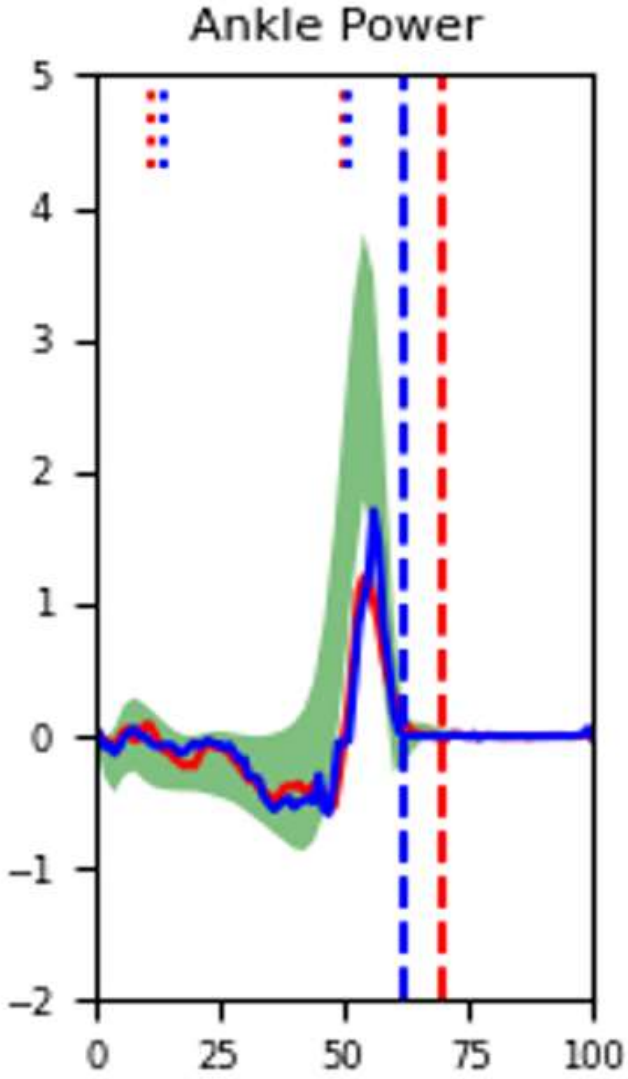
QCM n°5

Parmi les propositions suivantes, quelles sont les causes possibles de DFGPO dans la parésie spastique ?

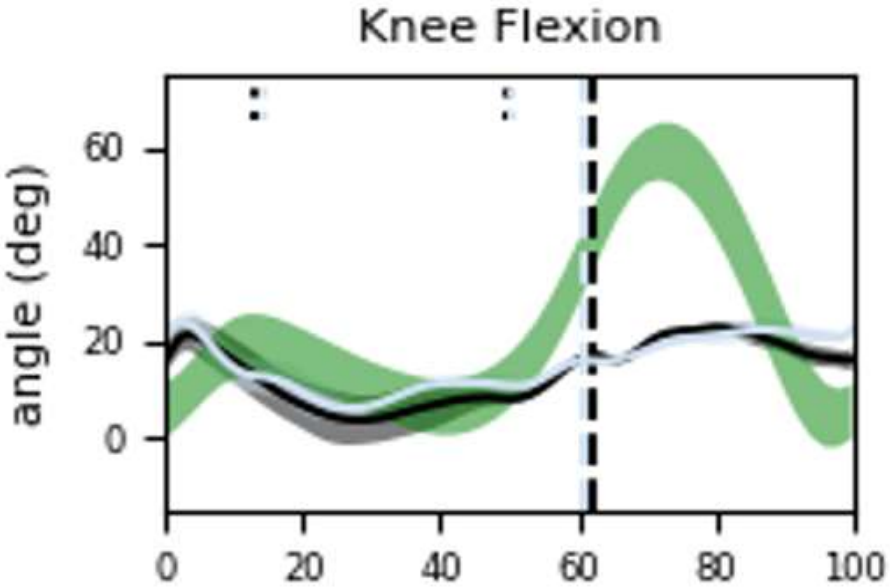
A. **Parésie des fléchisseurs de hanche**
B. Parésie des ischio-jambiers
C. **Activité excessive, inappropriée, du rectus femoris**
D. Activité excessive, inappropriée des ischio-jambiers
E. **Parésie des fléchisseurs plantaires**

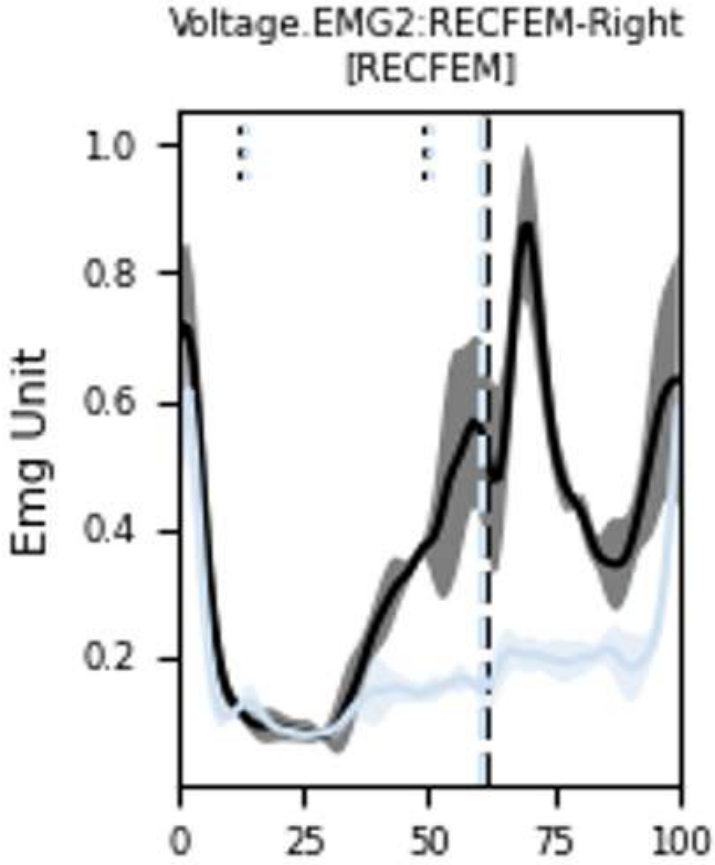

Voltage.EMG1:RECFEM-Left[RECFEM]
Emg Unit
0.25
0.00
0
1000
2000
3000
4000
Voltage.EMG2:RECFEM-Right[RECFEM]
Emg Unit
0.25
0.00
0
1000
2000
3000
4000


Hip Power
power (W.Kg-1)
3
2
1
0
−1
−2
−3
0
25
50
75
100


Ankle Power
5
4
3
2
1
0
−1
−2
0
25
50
75
100

SonoSite MICROMAXX
08:42
Neu
L38
98%
176
0
IM
0,9


Knee Flexion
angle (deg)
60
40
20
0
0
20
40
60
80
100

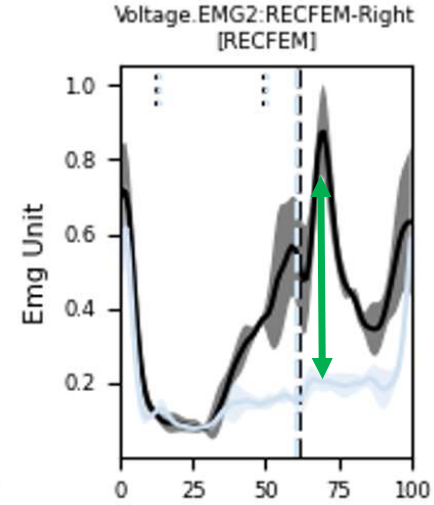

Voltage.EMG2:RECFEM-Right
[RECFEM]
Emg Unit
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
25
50
75
100

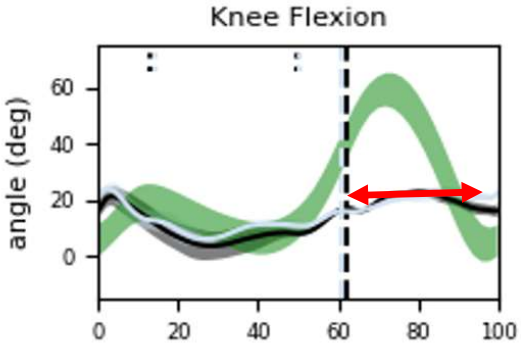
A quoi sert l'AQM?

Apport diagnostique et thérapeutique / AOM

=

Corrélations **EMG/cinématique** +++





AQM (et blocs moteurs) dans la PARESIE SPASTIQUE

Avantages :

- Arguments objectifs (une mesure vaut mille mensonges…) y compris vis-à-vis du patient

- Analyse simultanée de toutes les articulations : mécanismes de compensation

- Compréhension biomécanique de la physiopathologie

- Surtout si la question n'est pas seulement « hypertonie ou rétraction » : phénomènes dynamiques

- Surtout pour marches « rapides » (clinique insuffisante) et plan sagittal (AQM fiable).

Inconvénients

- Coût en moyens financiers et humains, en temps

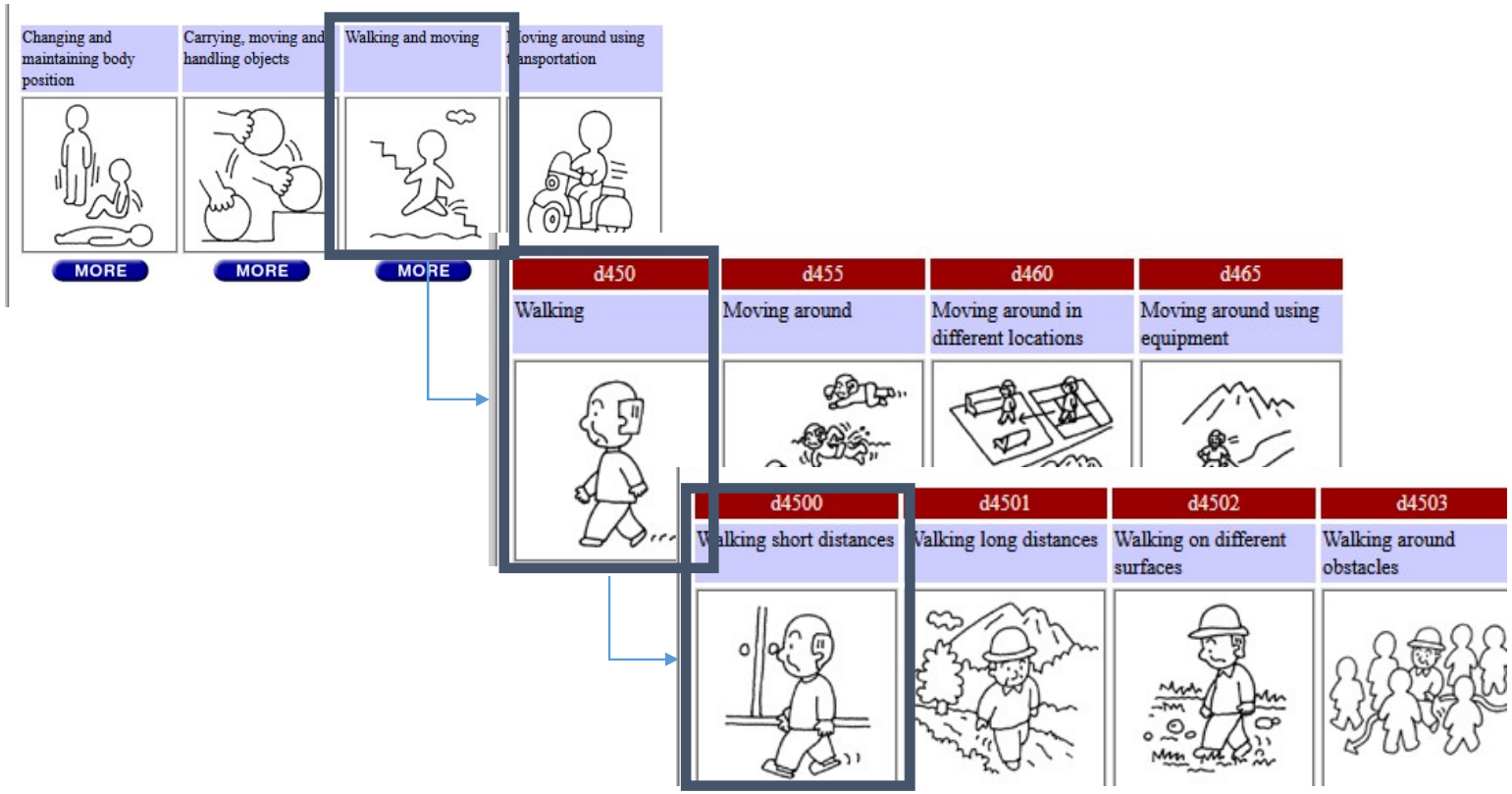
- Sources d'erreurs (position marqueurs, traitement du signal) : nécessité expertise+++

- Problématiques non accessibles : déformations du pied (Oxford foot model ?)

- Corrélation avec la fonction ?

Role d'un laboratoire d'analyse du mouvement

CAS de la MARCHE Quantification d'une infime partie de l'activité



A l'exception de la marche sur courte distance, toutes les autres marches sortent du champ d' évaluation d'un LAM

SAVE THE DATE: les 27 et 28 juin 2023 en visio

Module optionnel COFEMER – 2ème édition

Méthodologies de recherche en MPR

Des exposés flash-teaser de 20 minutes et la présentation de dossiers ressources où se former sur la méthodologie dont j'ai besoin pour ma thèse

OBJECTIF: une thèse avec une méthodo que je maitrise, sur un sujet qui me plait et dont les résultats seront utiles…
… ou comment ne pas me flageller quand j'ai passé 200h pour rien

Trucs et astuces pour la revue de littérature avec recherche PubMed.
Comment construire et écrire une méta-analyse
Trucs et astuces pour une recherche dans les règles
Trucs et astuces pour une recherche de qualité - boite à outil
Les top 10 conseils pour construire et exploiter une base de données sur excel
Calcul numérique : utilisation d'outils informatiques - boite à outil
Ecrire en langage scientifique et communiquer en congrès
Comment écrire et passer son premier article
Le timing/organisation du mémoire et de la thèse

RCT et Cross over studies
N of 1 trials et Méthodologies Cas Unique Expérimentaux (SCED)
Méthodologies qualitatives
Construction d'un outil de mesure et Métrologie
Etudes de couts
Construire une étude de cohorte
R&D en MPR, Recherche et validation de dispositifs médicaux

Agata Krasny-Pacini (Strasbourg)
Raphaël Gross (Nantes)