

Contexte – Exemple d'applications

Déficiences sensori-motrices et assistance au mouvement

C. Azevedo

Journée du GT8 Robotique et Neurosciences, Jeudi 23 juin 2011

INSTITUT NATIONAL
DE RECHERCHE
EN INFORMATIQUE
ET EN AUTOMATIQUE



EPI DEMAR

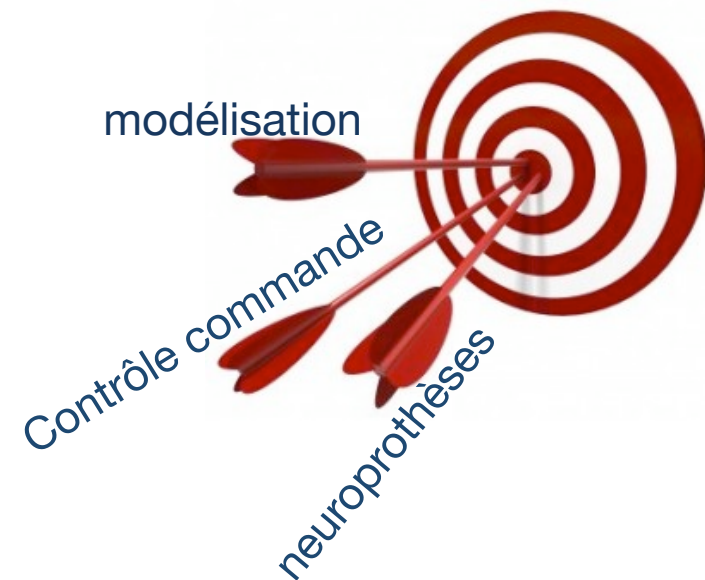
Solutions d'assistance, suppléance et rééducation fonctionnelles dans le cadre de déficiences sensori-motrices

Outil principal : stimulation électrique

Motivation : recherche appliquée à une problématique clinique

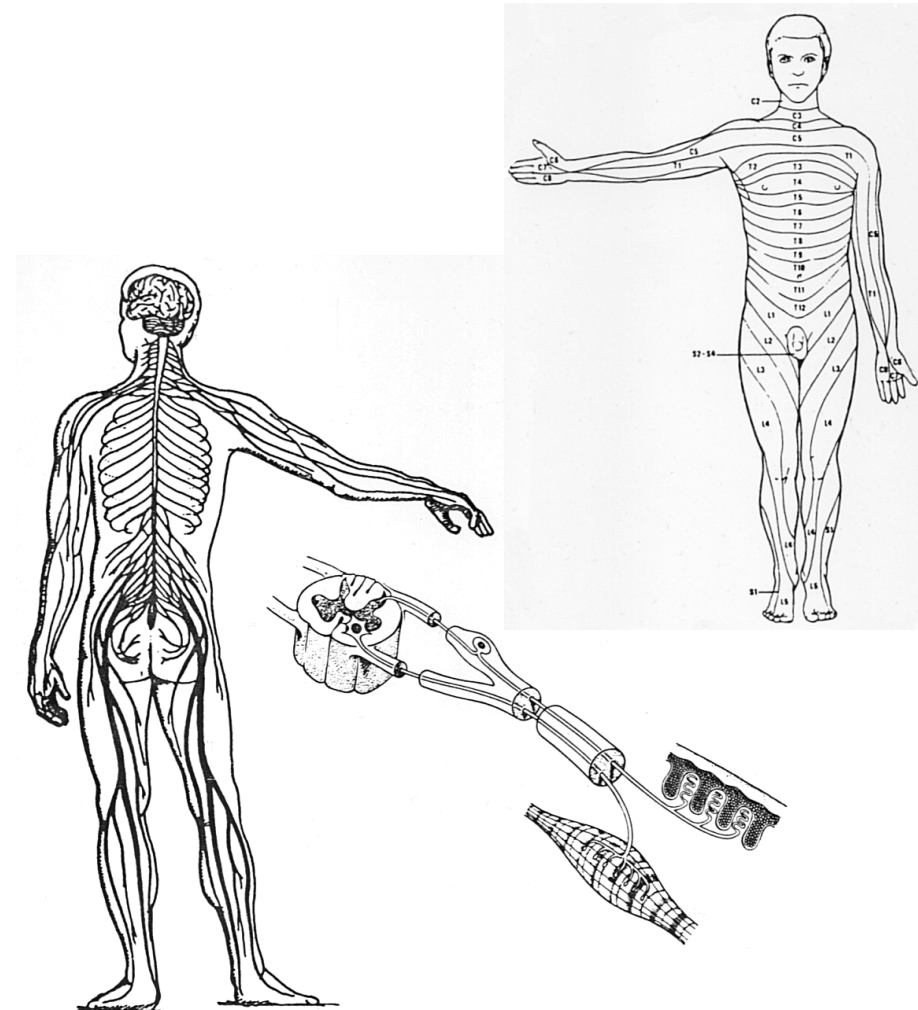
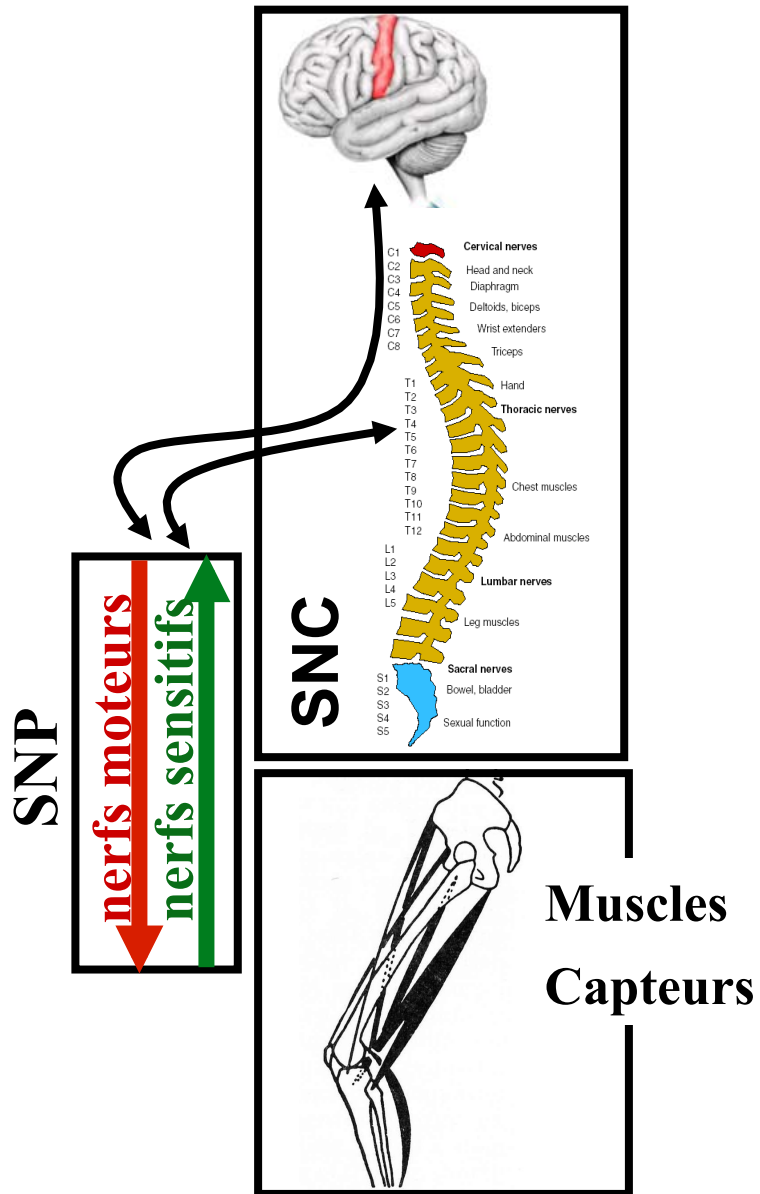
→ solution concrète pour le patient

problème clinique



Contexte et problématique

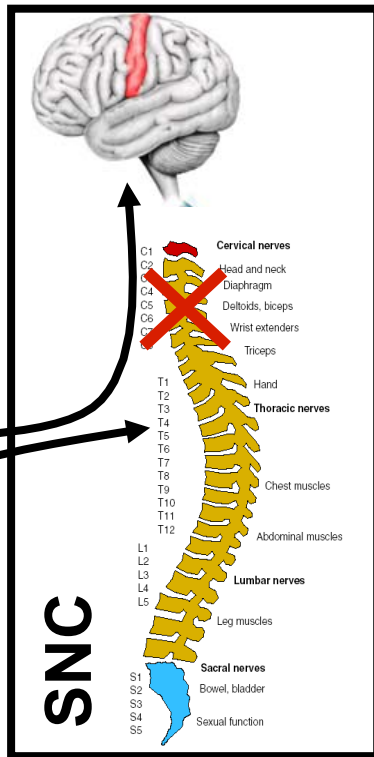
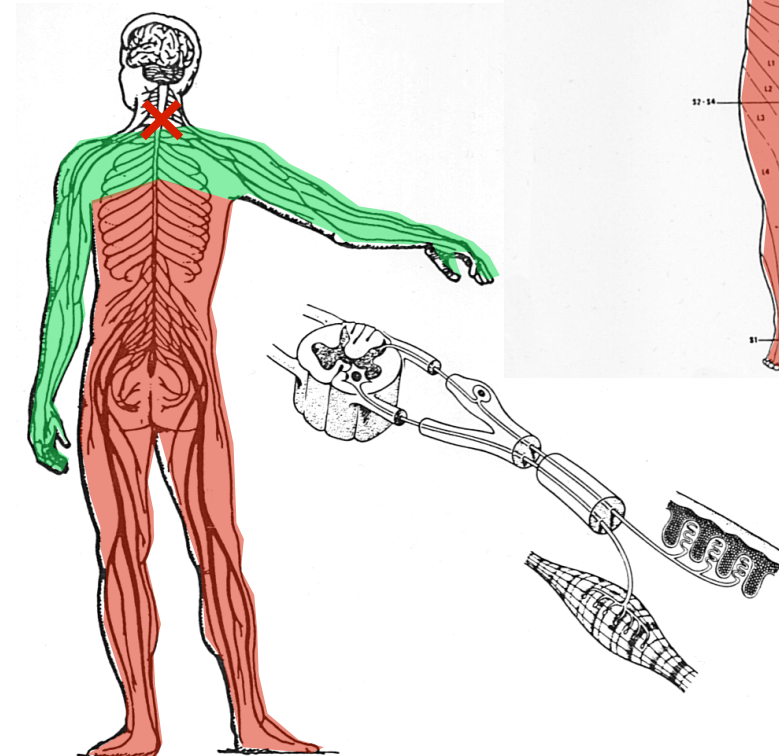
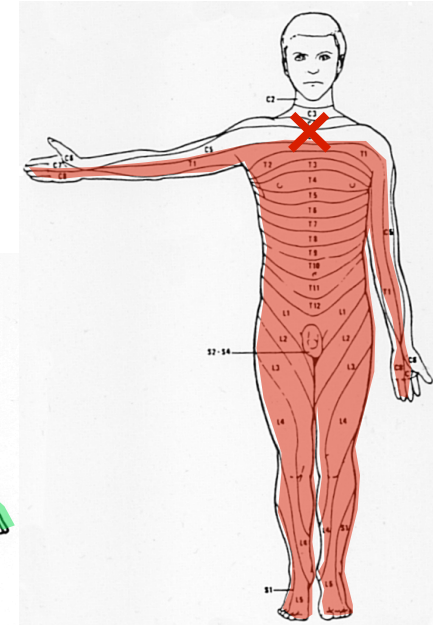
Le système sensori-moteur



Contexte et problématique

Lésions du SNC

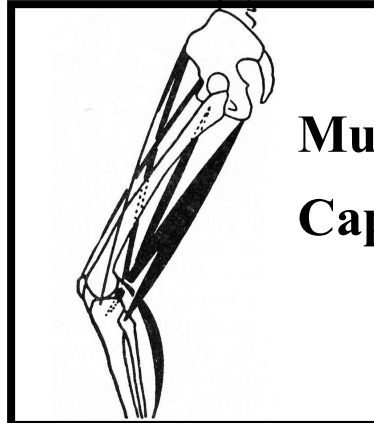
Lésions médullaires



SNP

nerfs moteurs

nerfs sensitifs

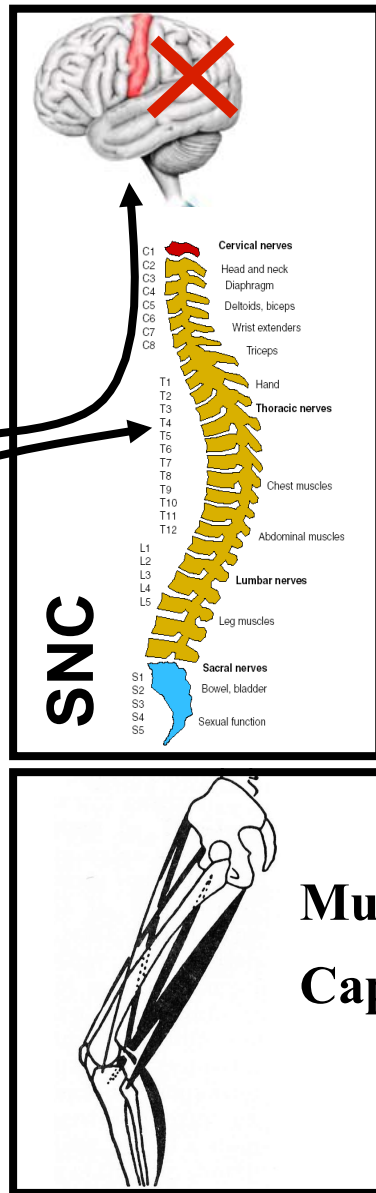
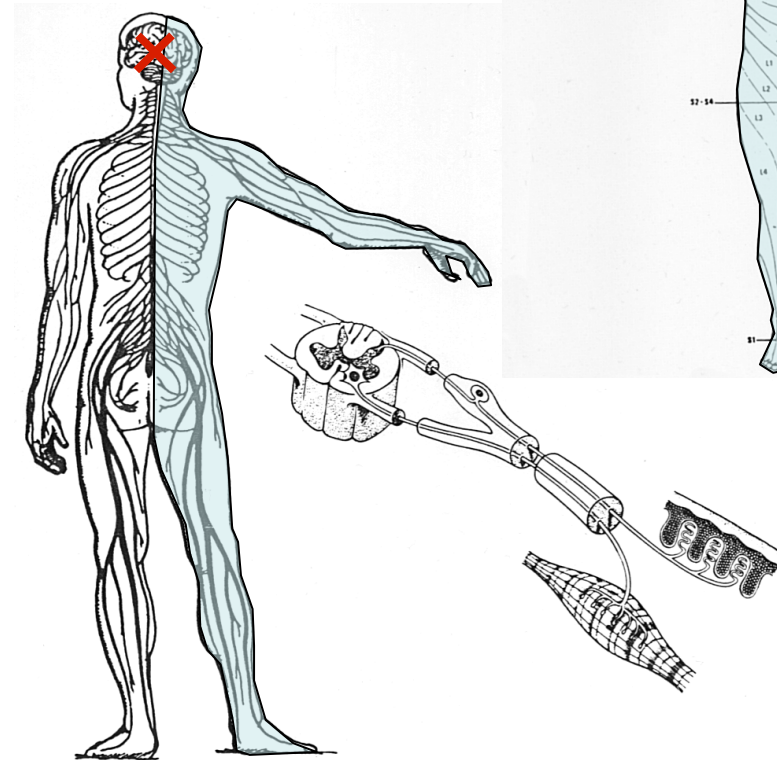
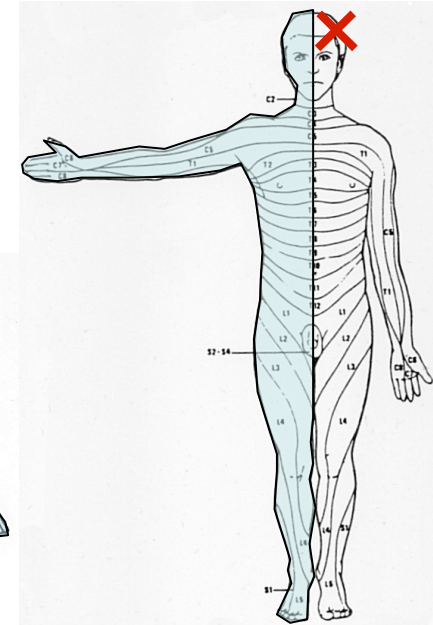


Muscles
Capteurs

Contexte et problématique

Le système sensori-moteur

Lésions du cerveau



SNP

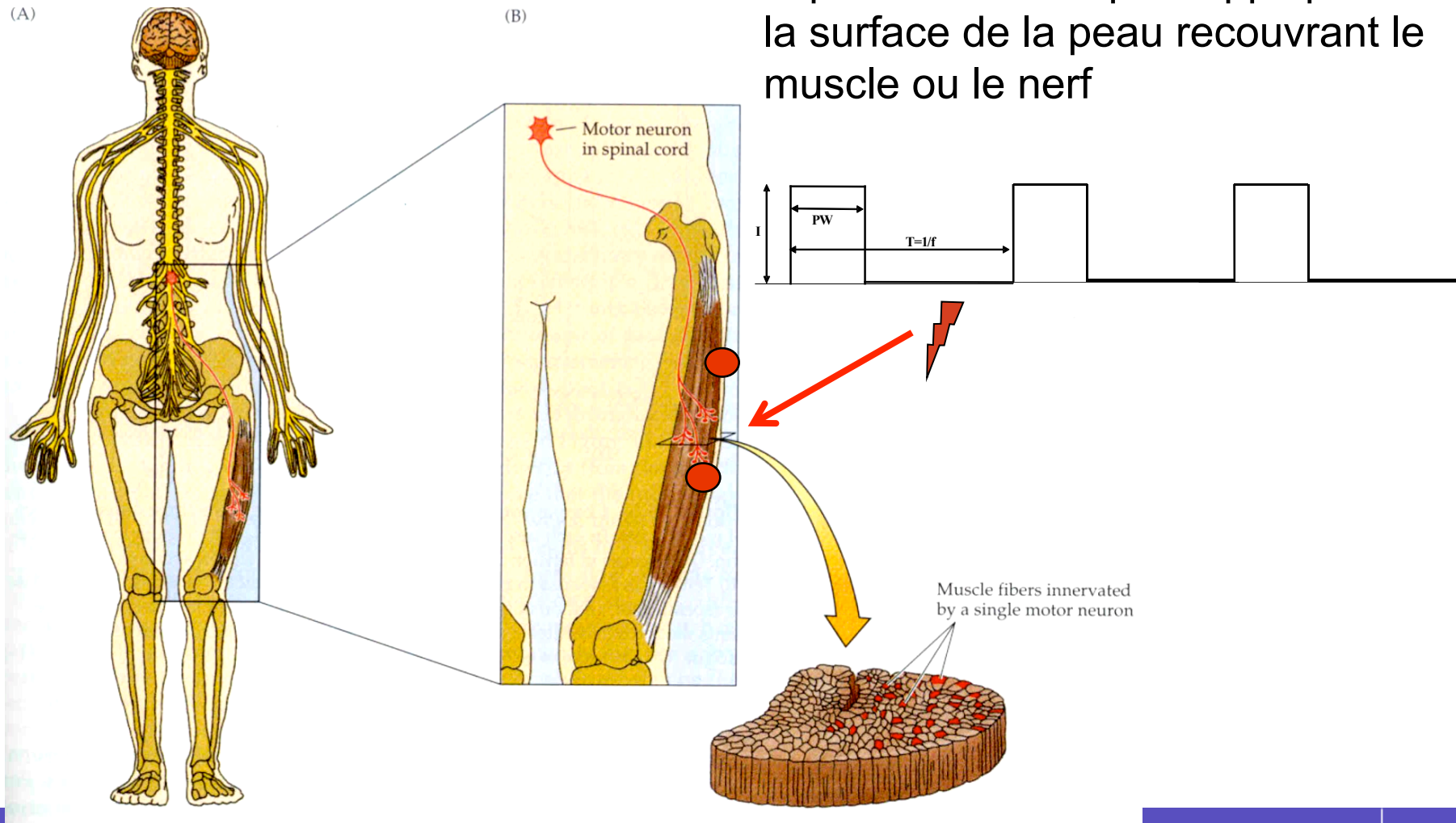
nerfs moteurs

nerfs sensitifs

Muscles
Capteurs

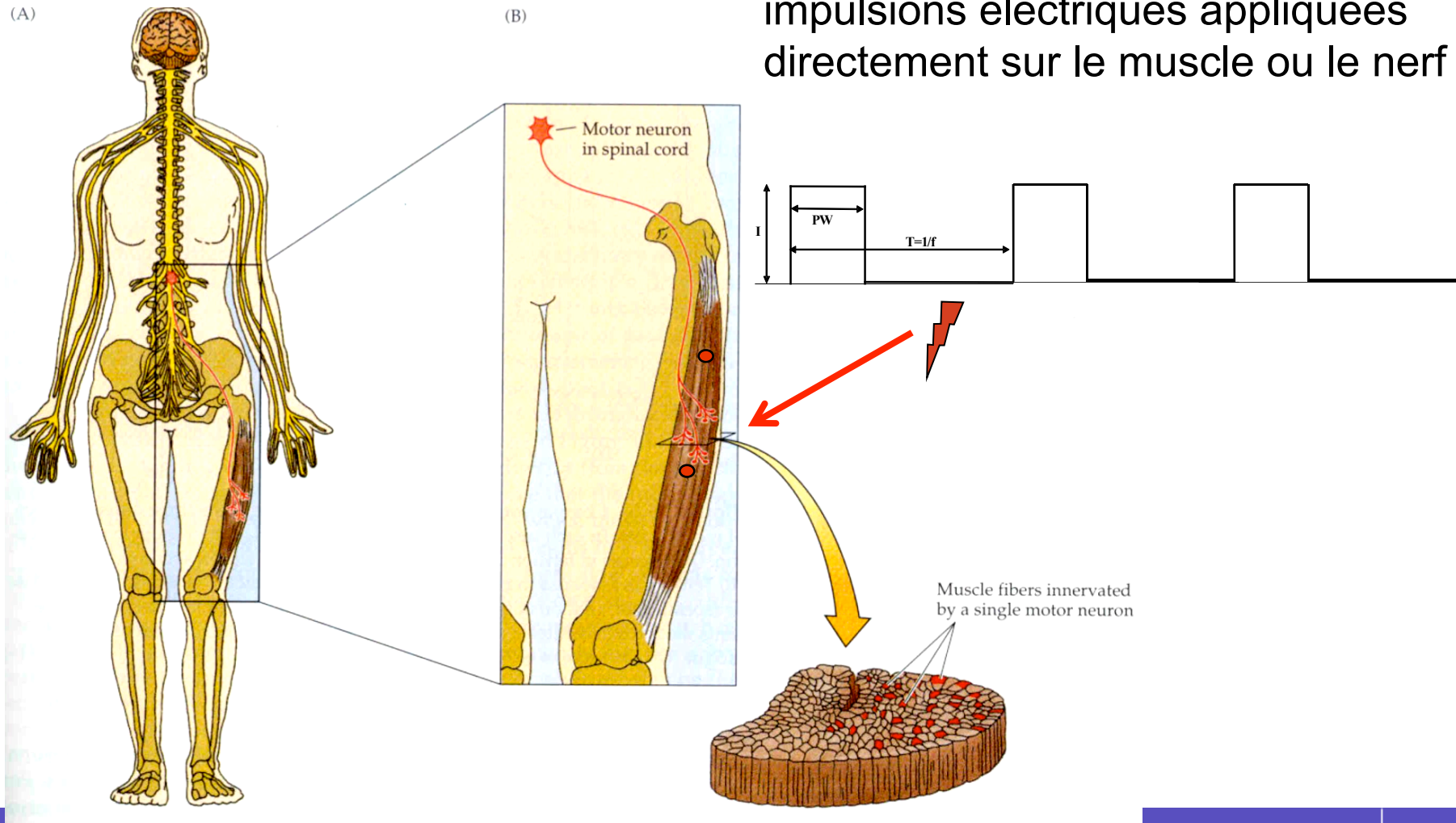
Contexte et problématique

La technique de la stimulation électrique



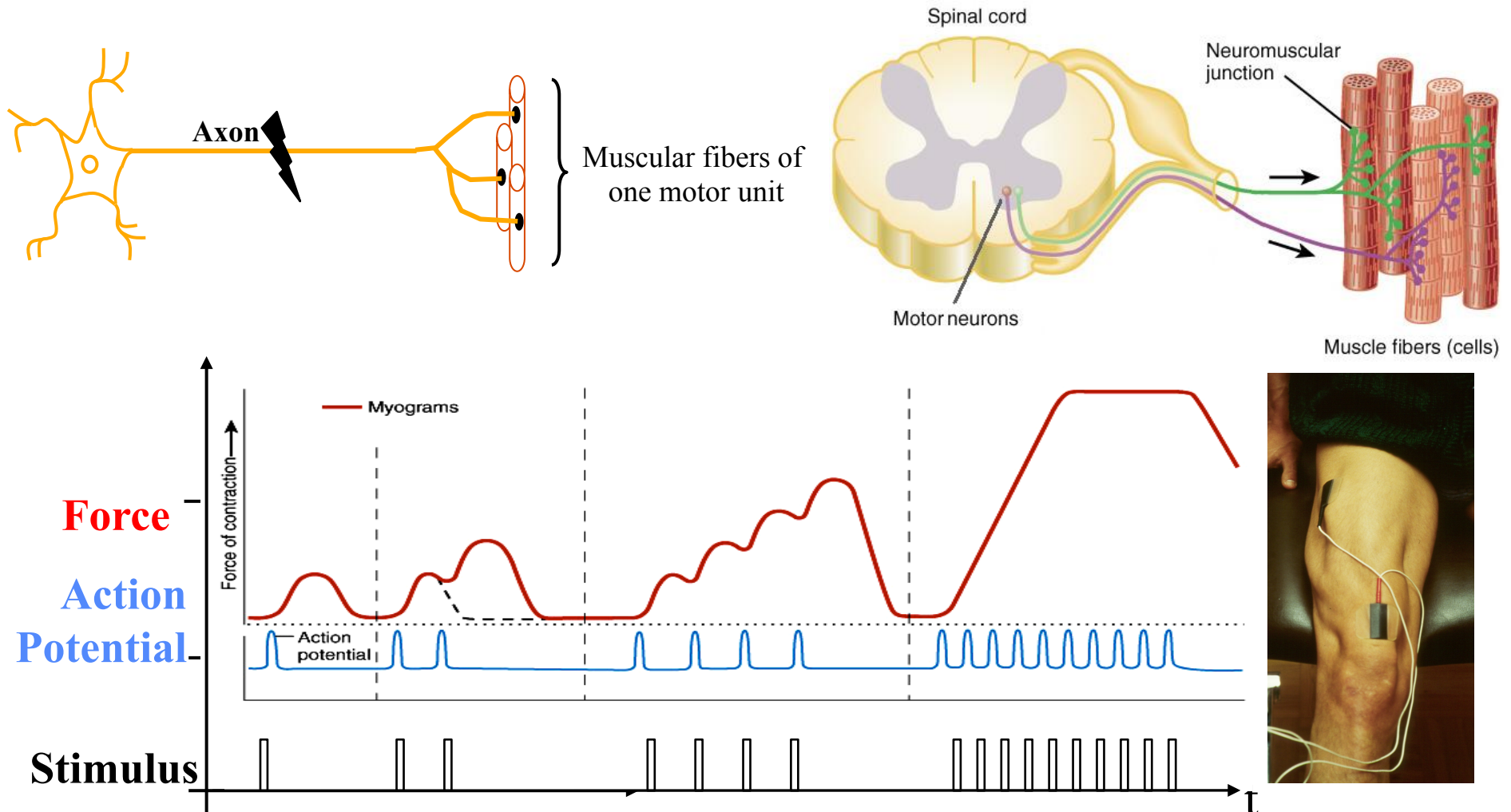
Contexte et problématique

La technique de la stimulation électrique



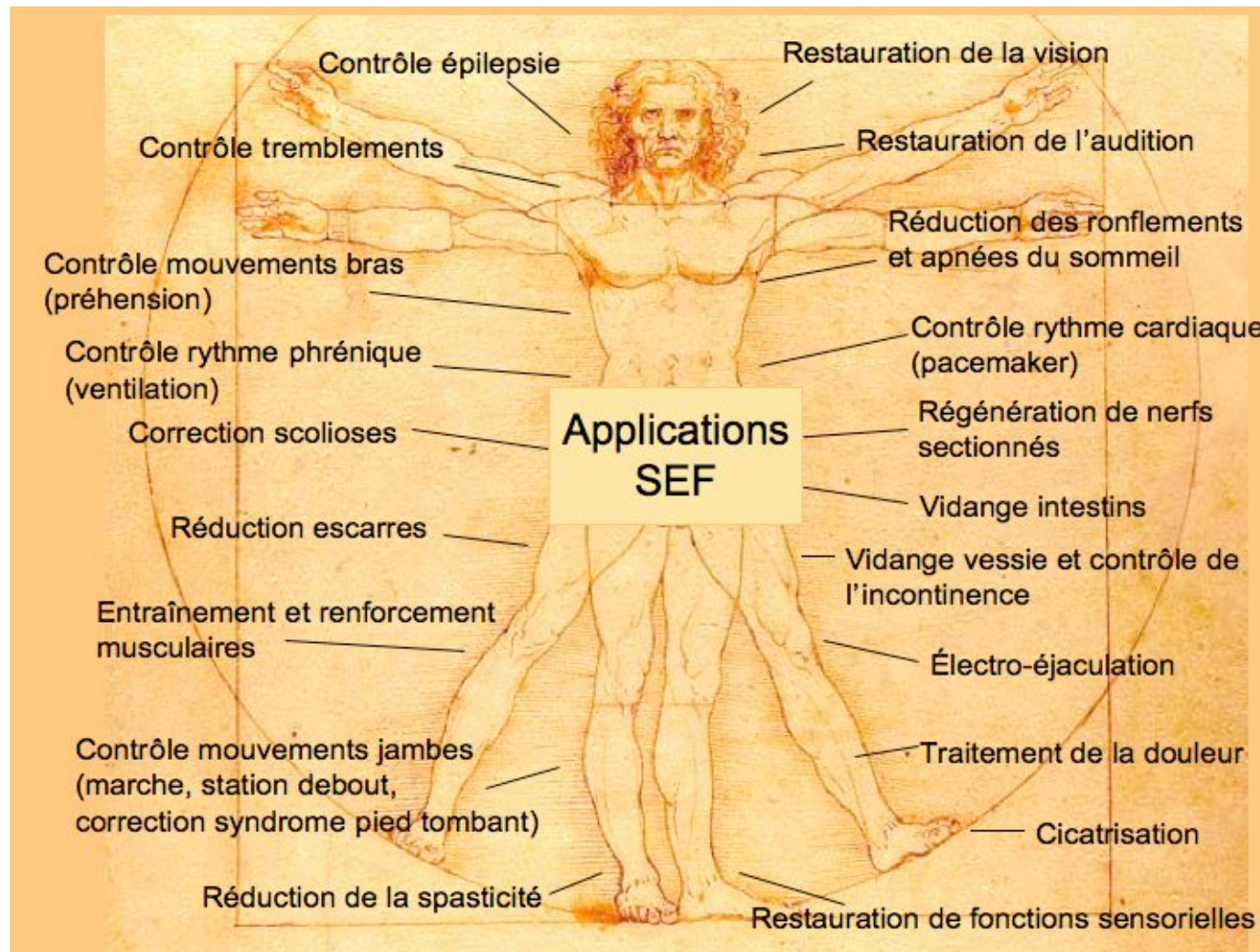
Contexte et problématique

La technique de la stimulation électrique



Contexte et problématique

La technique de la stimulation électrique



★ DEMAR

Observer pour mieux contrôler

Améliorer la coordination entre membres valides sous contrôle volontaire et membres déficients sous contrôle artificiel.

1. Observer
2. Interpréter
3. Contrôler

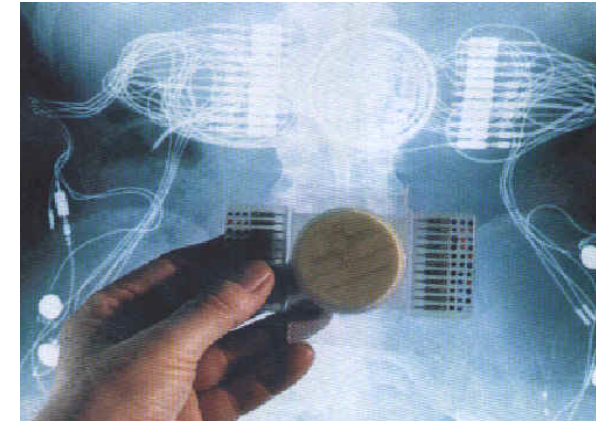
Contrainte : minimisation le nombre de mesures et solutions réalistes dans le contexte visé (calibration...)

Exemple d'application n°1

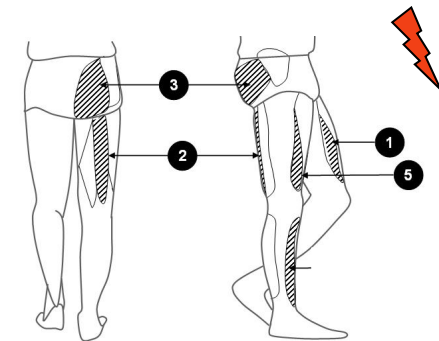
Assistance aux transferts chez le sujet paraplégique



Transfert assis-debout sous SEF



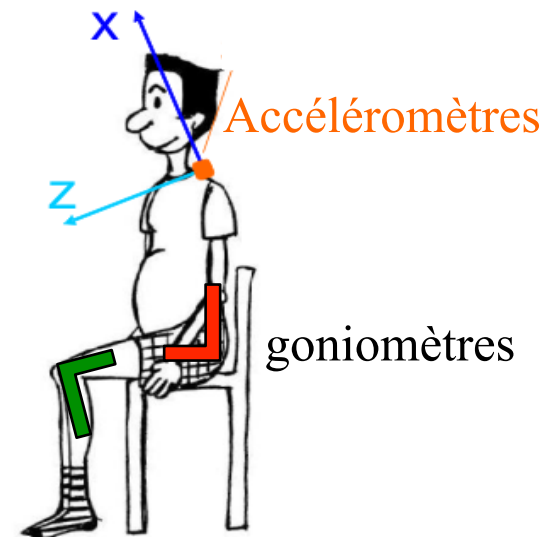
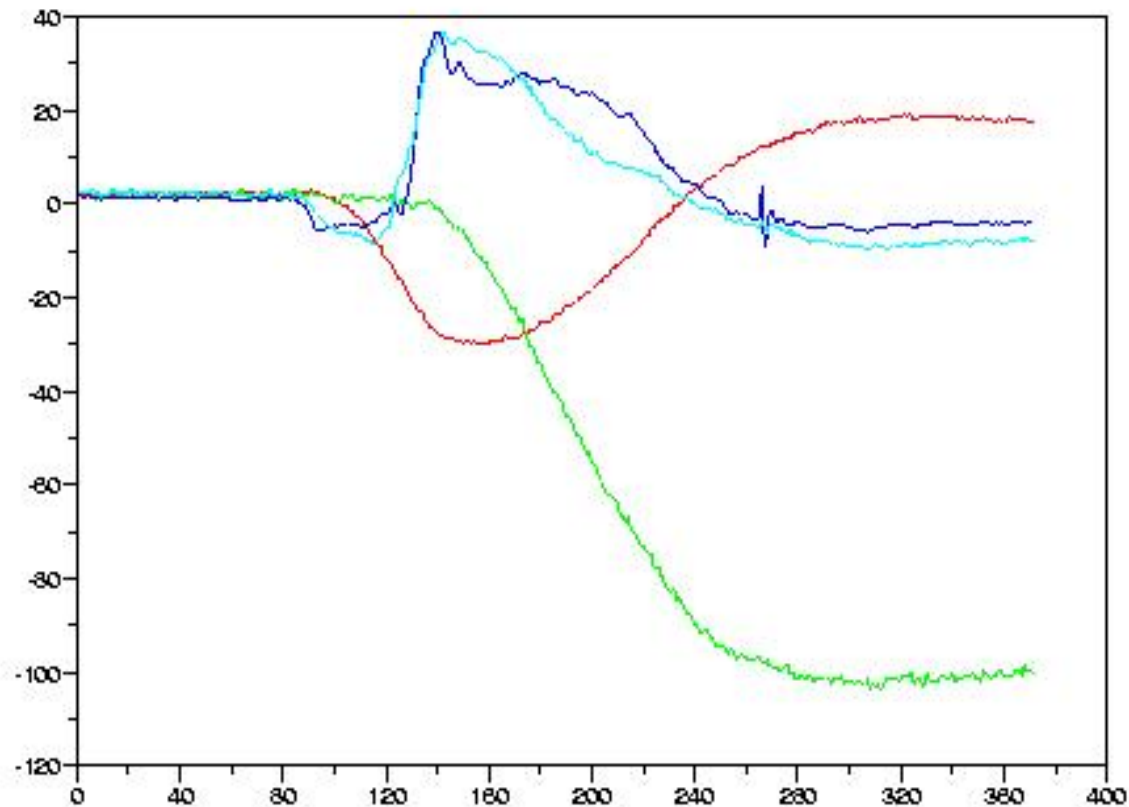
Projet SUAW 2000 ©



- trop coûteux énergétiquement
- trop contraignant pour les épaules

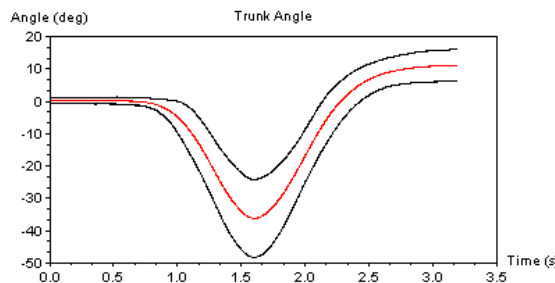
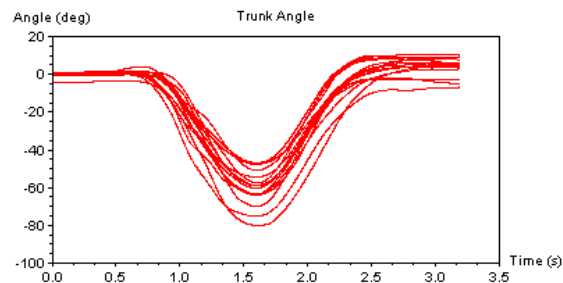
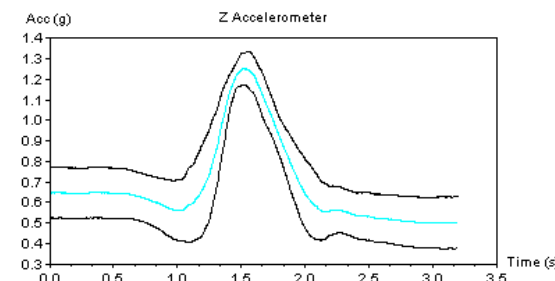
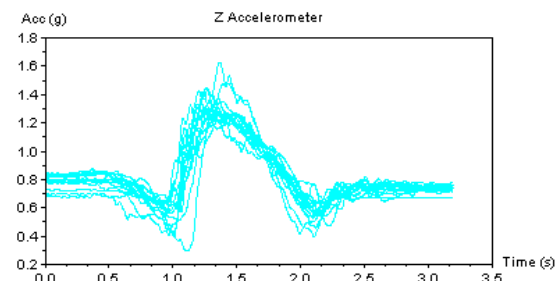
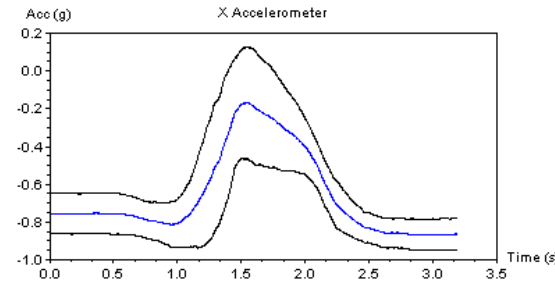
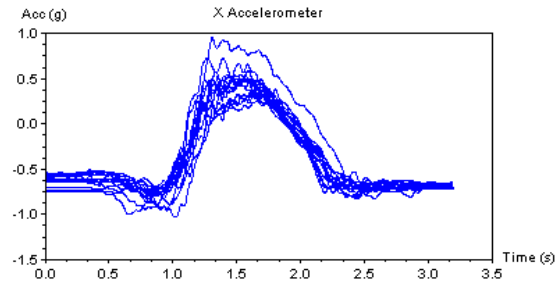
Détection du mouvement de lever de chaise chez le sujet valide

Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA/CEA), D. David (CEA-LETI)



Détection du mouvement de lever de chaise chez le sujet valide

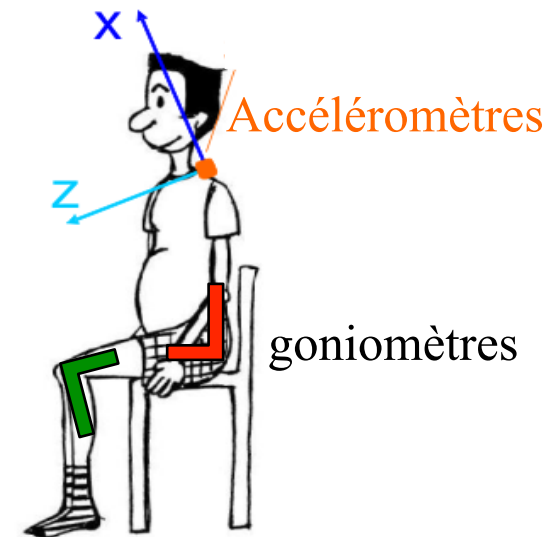
Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA), D. David (CEA-LETI)



10 sujets valides

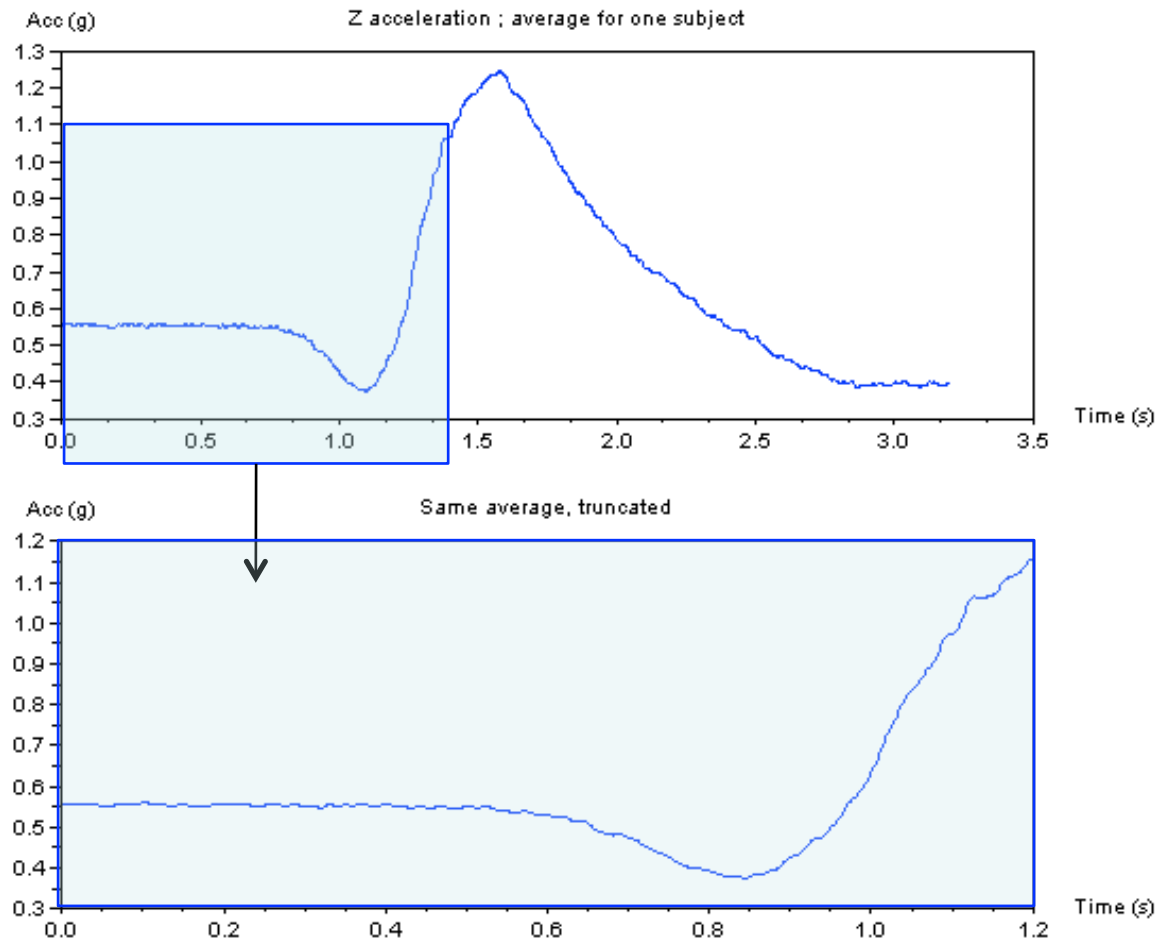
23 a 45 ans

Variabilité faible intra / inter

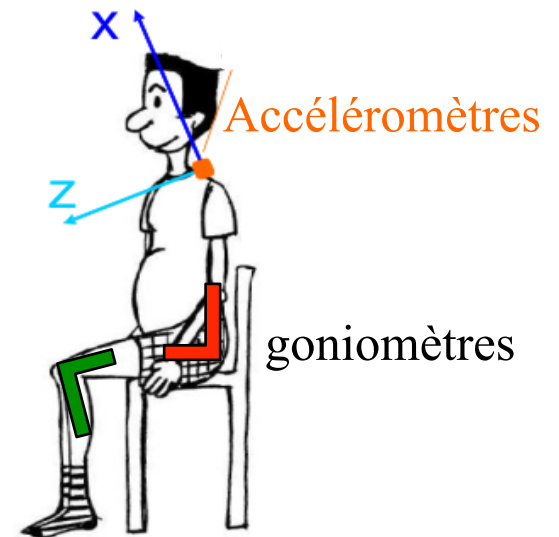


Détection du mouvement de lever de chaise chez le sujet valide

Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA/CEA), D. David (CEA-LETI)

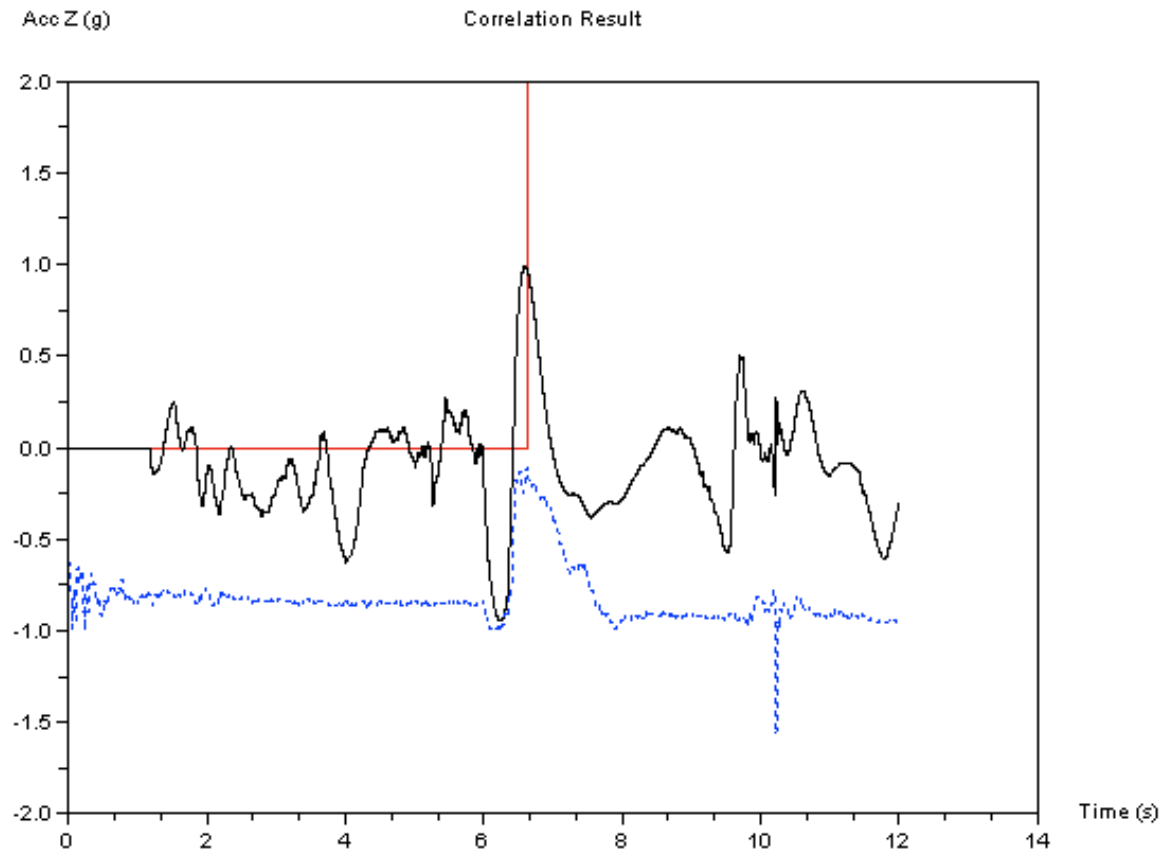


1. Création d'une référence

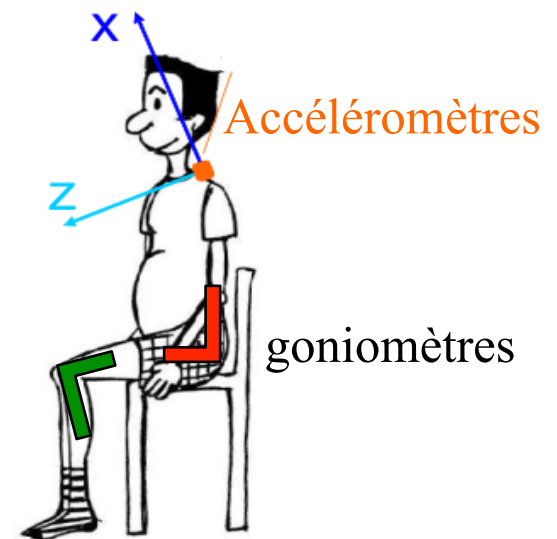


Détection du mouvement de lever de chaise chez le sujet valide

Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA/CEA), D. David (CEA-LETI)



1. Création d'une référence
2. Comparaison de la mesure à la référence

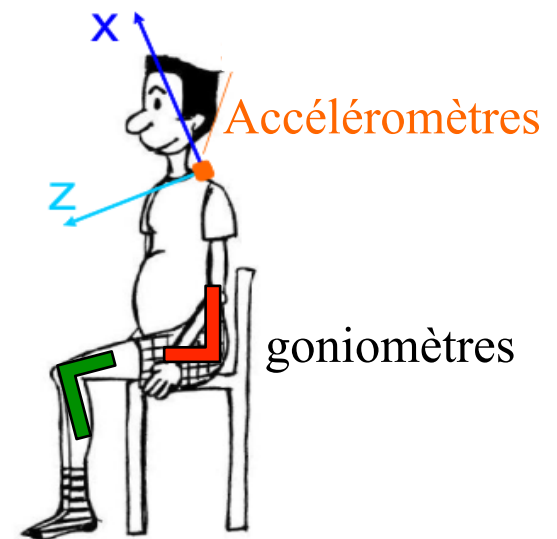


Détection du mouvement de lever de chaise chez le sujet valide

Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA/CEA), D. David (CEA-LETI)

algorithme de reconnaissance **au plus tôt** du mouvement : comparaison de la mesure à une référence par corrélation

- Moyenne des retards de détection : 0.7 ms
- Écart type : 40 ms
- Sensibilité : 97 %
- Spécificité : 76 %



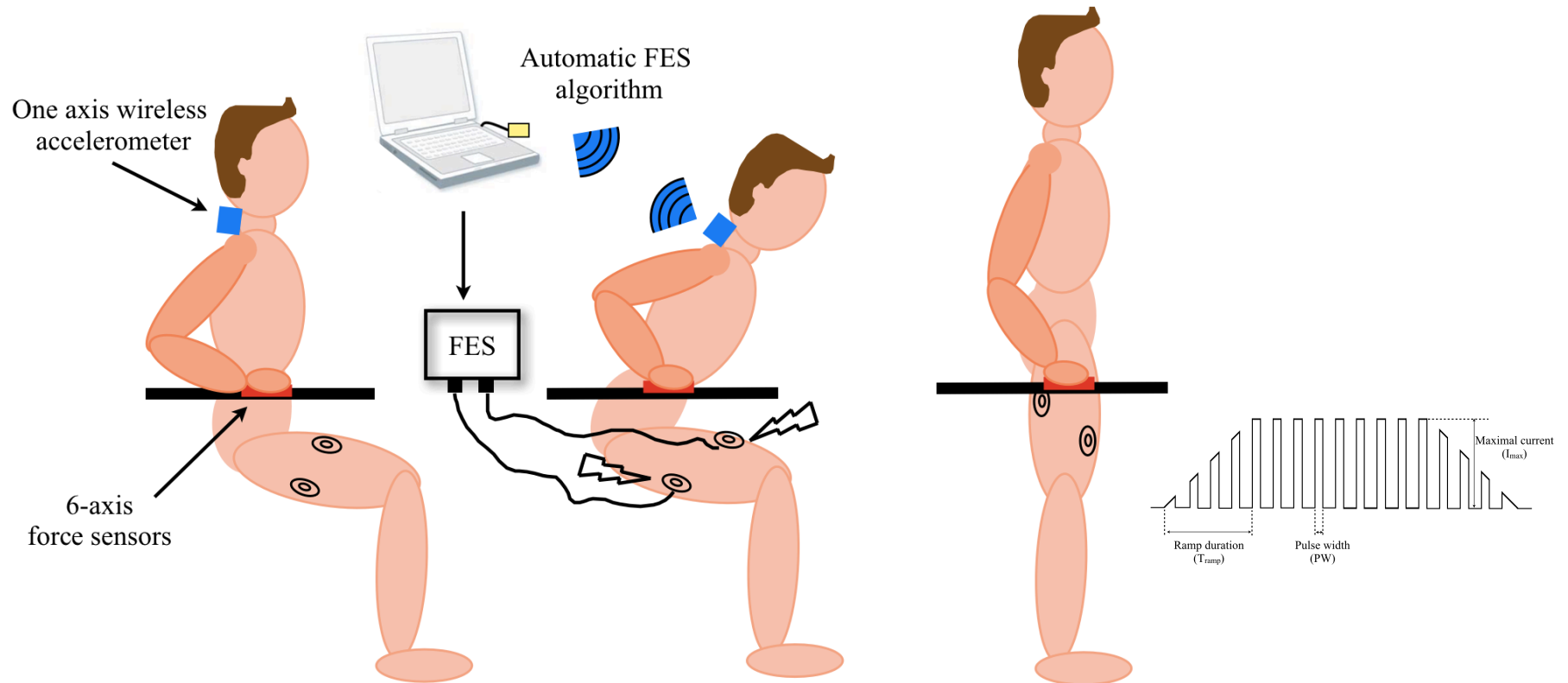
Synchronisation de la stimulation électrique des jambes de sujets paraplégiques avec le mouvement de leur tronc

Collab. C. Fattal (Propara), J. Jovic (INRIA), R. Pissard (INRIA)

- Adaptation de la méthode de détection de lever de chaise
- Étude de l'influence de l'instant de déclenche de la stimulation des jambes sur les efforts des membres supérieurs
- intégrer le délais entre l'application de la stimulation et la réponse effective du muscle = anticiper

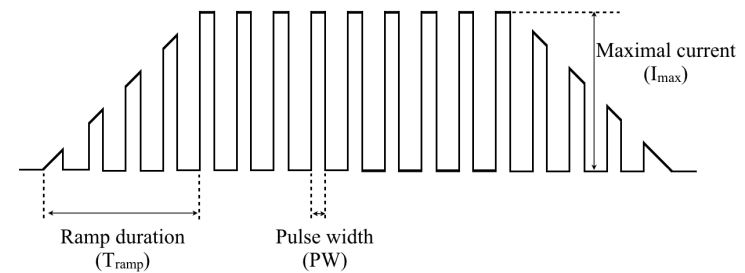
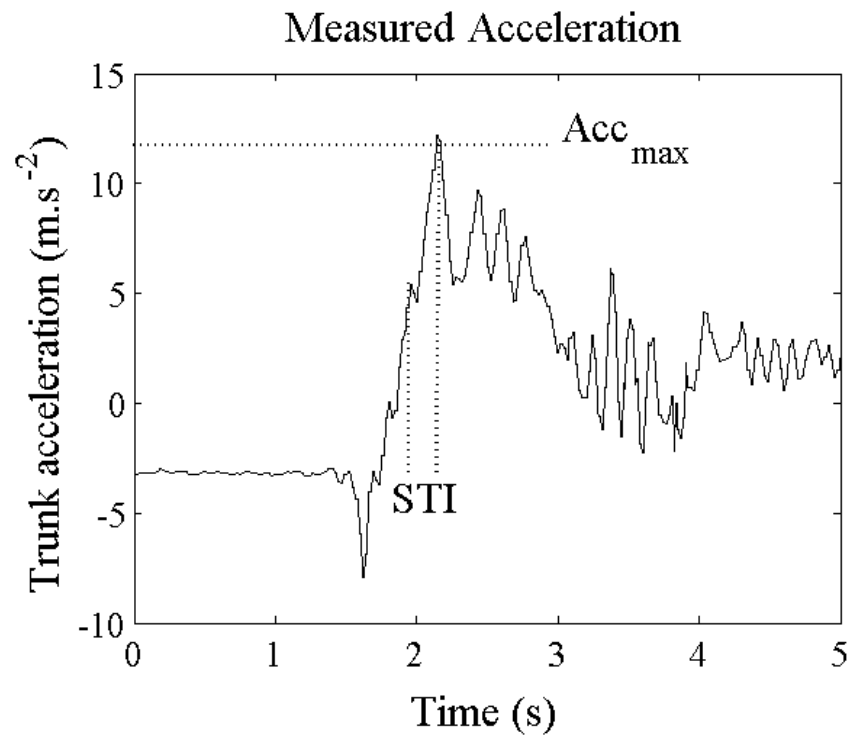
Synchronisation de la stimulation électrique des jambes de sujets paraplégiques avec le mouvement de leur tronc

Collab. C. Fattal (Propara), J. Jovic (INRIA), R. Pissard (INRIA)



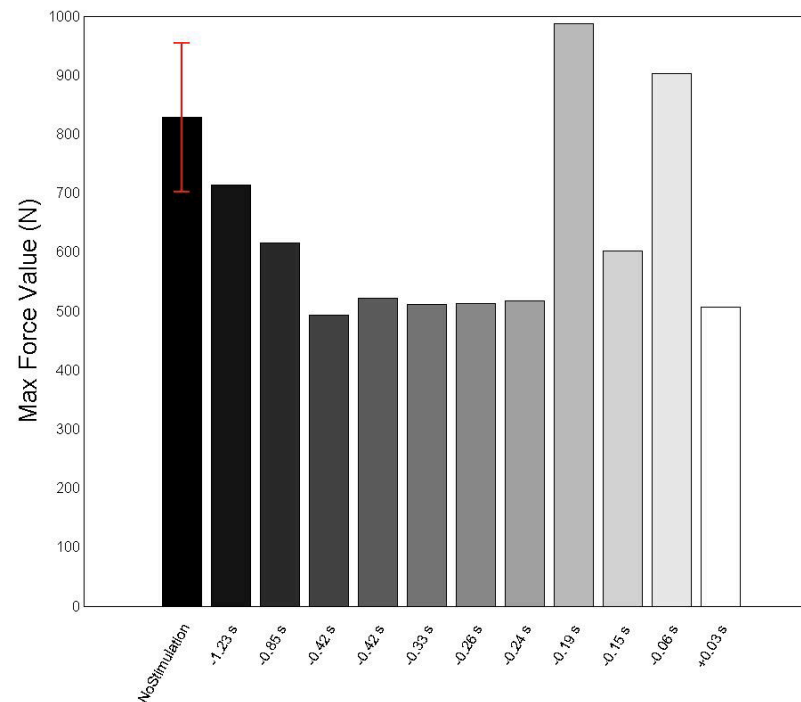
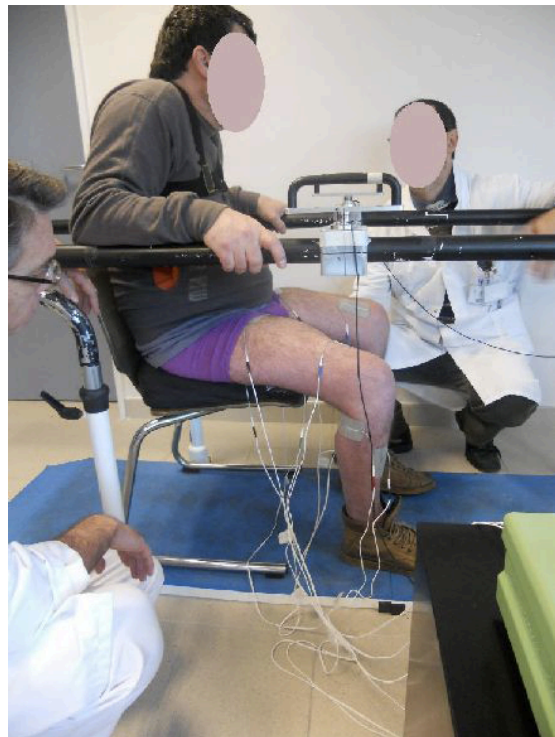
Synchronisation de la stimulation électrique des jambes de sujets paraplégiques avec le mouvement de leur tronc

Collab. C. Fattal (Propara), J. Jovic (INRIA), R. Pissard (INRIA)



Synchronisation de la stimulation électrique des jambes de sujets paraplégiques avec le mouvement de leur tronc

Collab. C. Fattal (Propara), J. Jovic (INRIA), R. Pissard (INRIA)

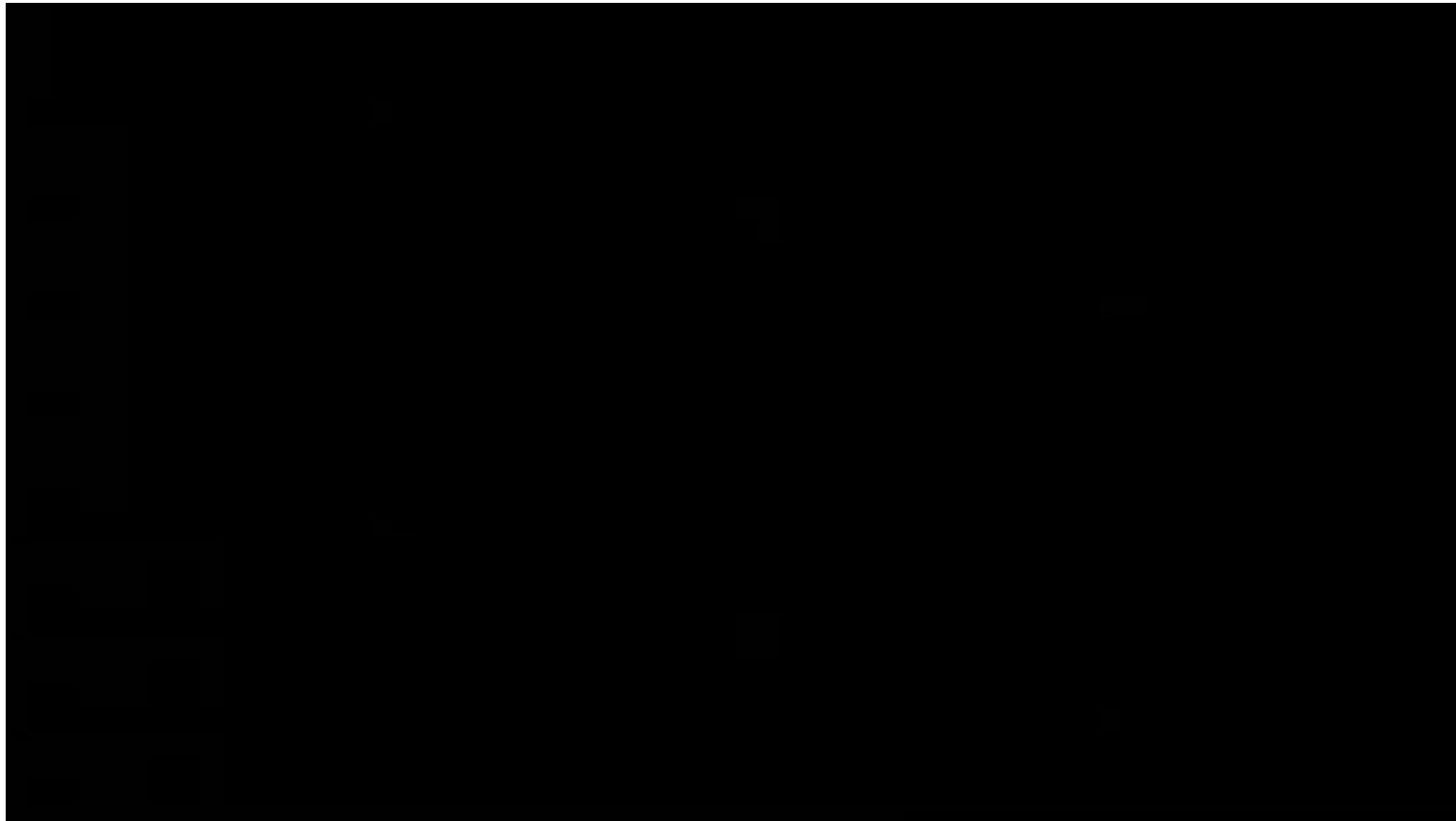


Exemple : efforts maximum membres sup. sujet 2

Autorisation CPP Nîmes – Octobre 2010

Synchronisation de la stimulation électrique des jambes de sujets paraplégiques avec le mouvement de leur tronc

Collab. C. Fattal (Propara), J. Jovic (INRIA), R. Pissard (INRIA)

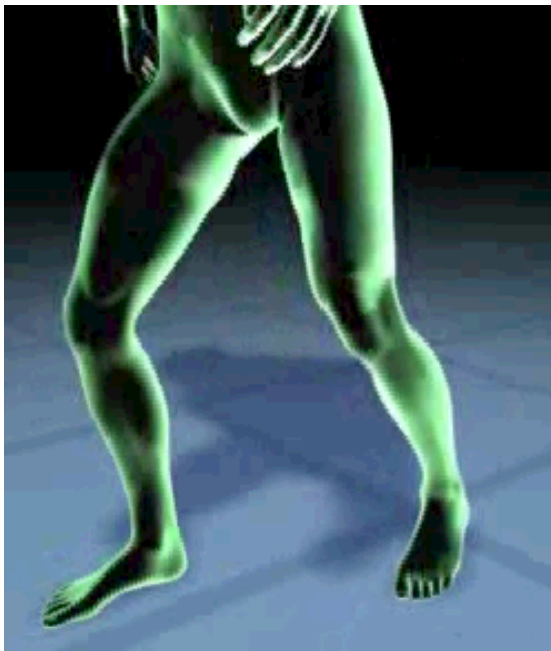


Exemple d'application n°2

Assistance à la marche chez le sujet hémiplégique

Marche hémiplégique

- après un AVC récupération neurologique dans les mois qui suivent, mais dans 10 à 20% des cas le syndrome de pied tombant (**drop foot**) persiste.



<http://www.ininc.us/>

- **Drop foot** : incapacité plus ou moins importante à relever le pied en phase oscillante de la marche (jambier antérieur)
- **Rééducation/suppléance fonctionnelles**

Correction du pied tombant



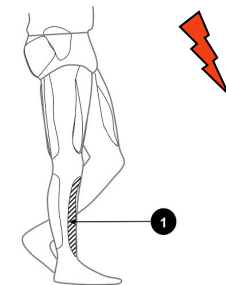
- Pas d'assistance



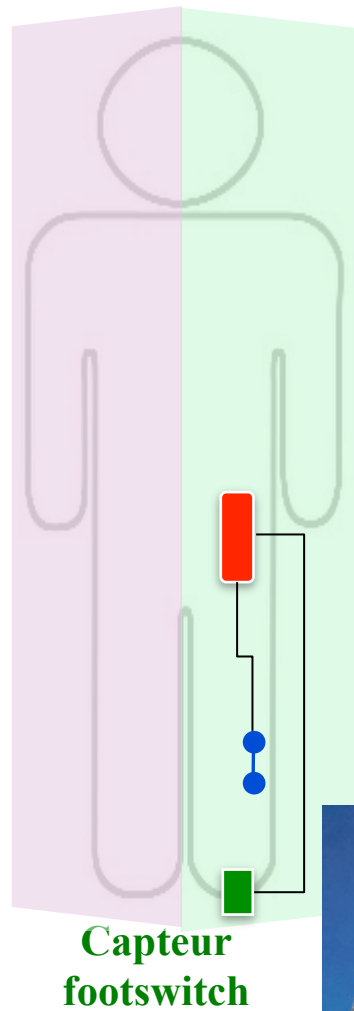
- Releveur de pied



- Drop foot stimulator

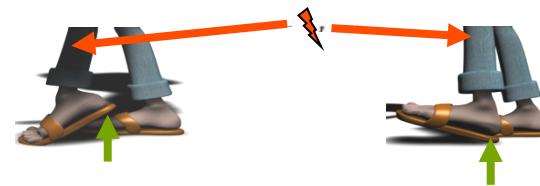
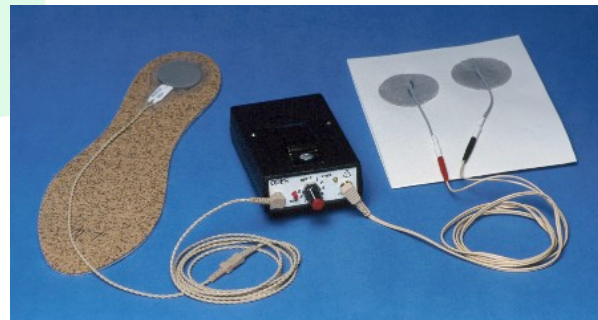
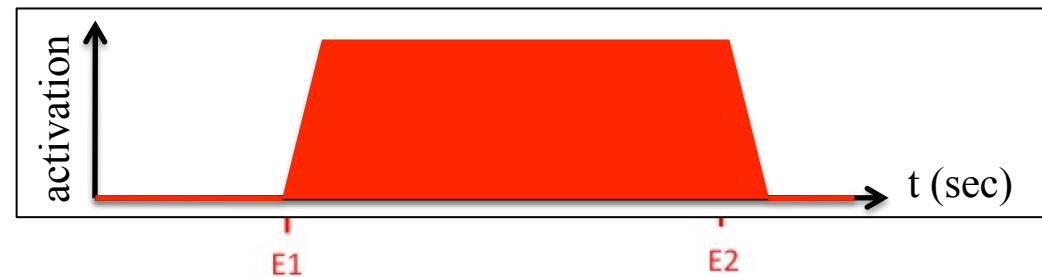


Correction du pied tombant



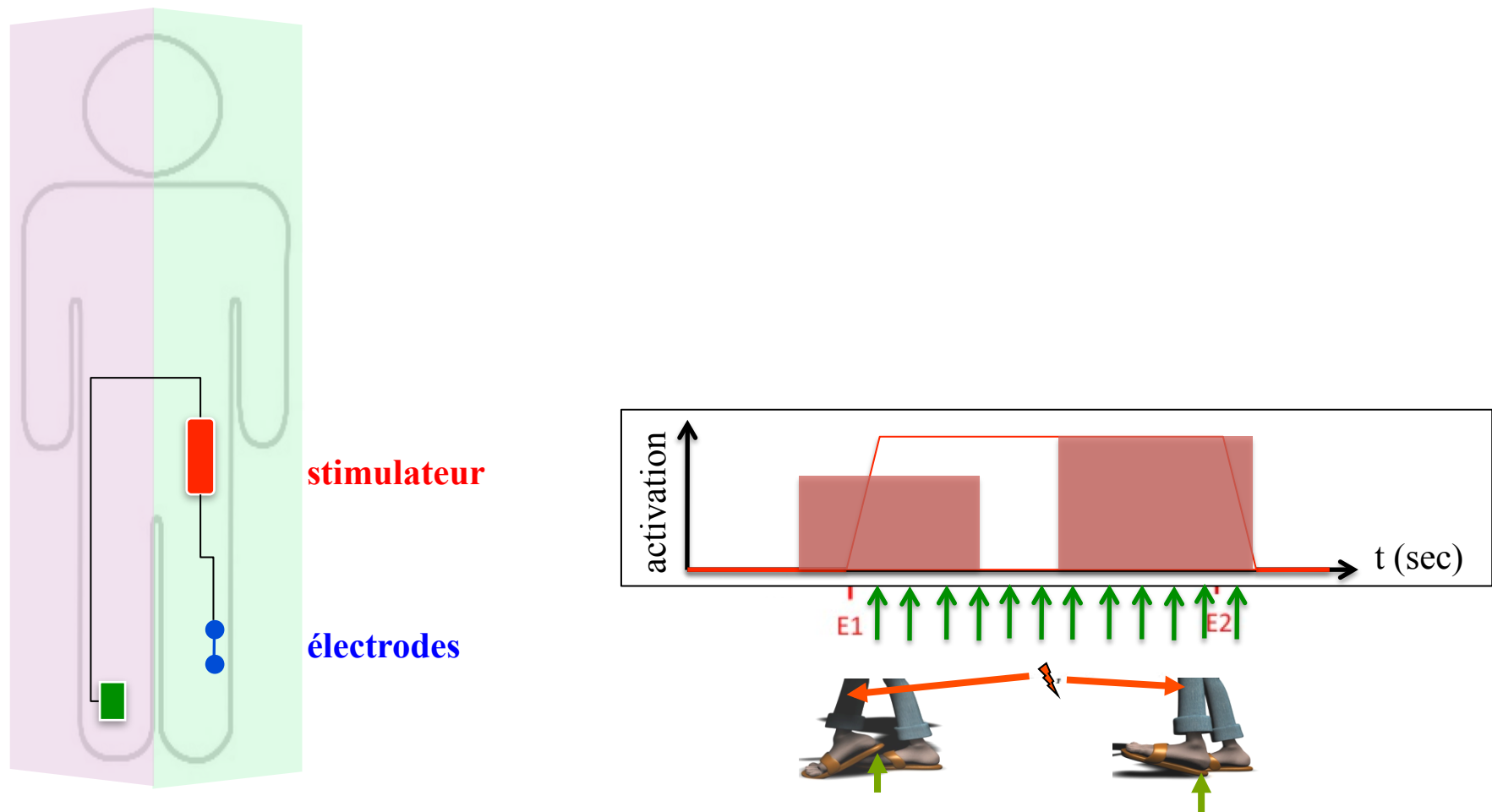
Drop foot stimulators classiques :

- déclenchement / « événement » discret
- séquence de stimulation pré-programmée
- manque d'adaptabilité : chgmts rythme, tâches posturales...
- fatigabilité précoce



Observation en continu du cycle de marche

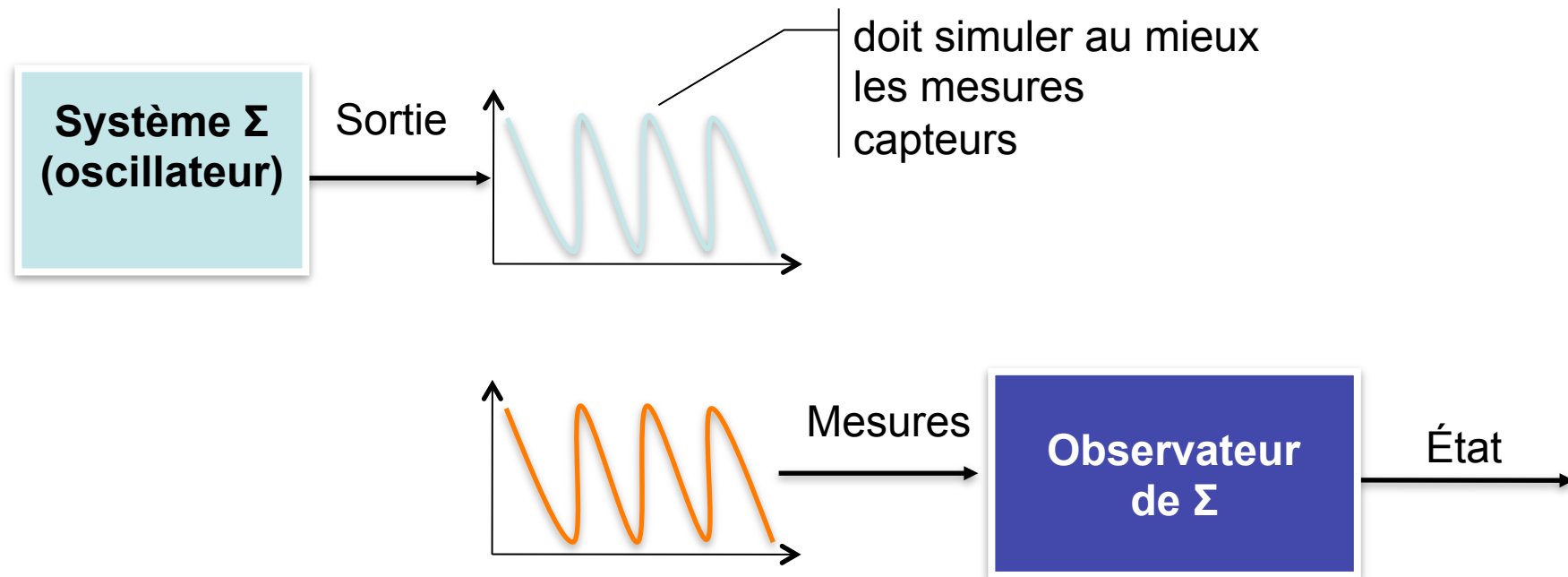
Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA/CEA), D. David (CEA-LETI)



Observation en continu du cycle de marche

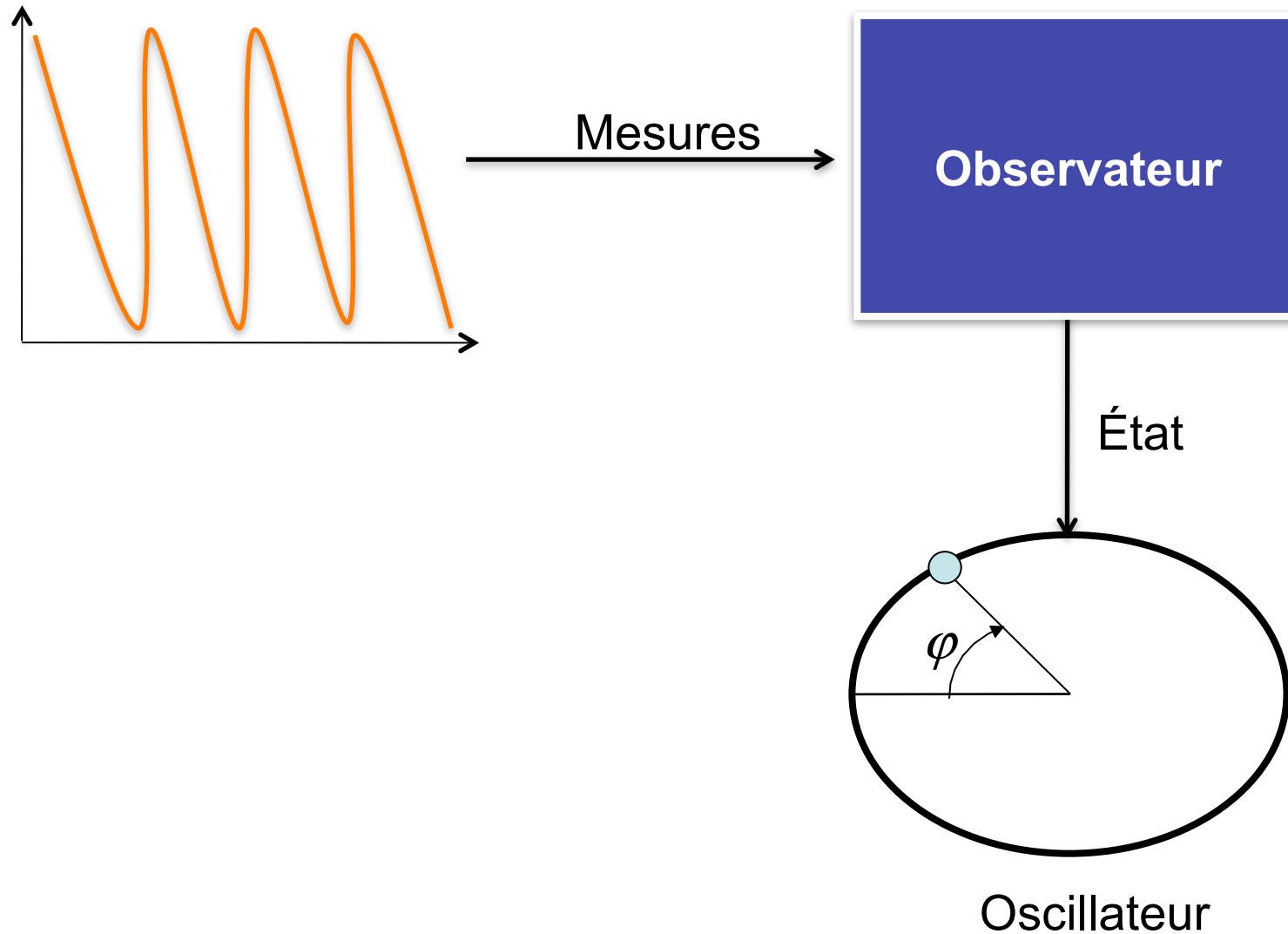
Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA/CEA), D. David (CEA-LETI)

- Modélisation du signal capteur (cyclique) par un oscillateur non linéaire
- Construction d'un observateur du modèle



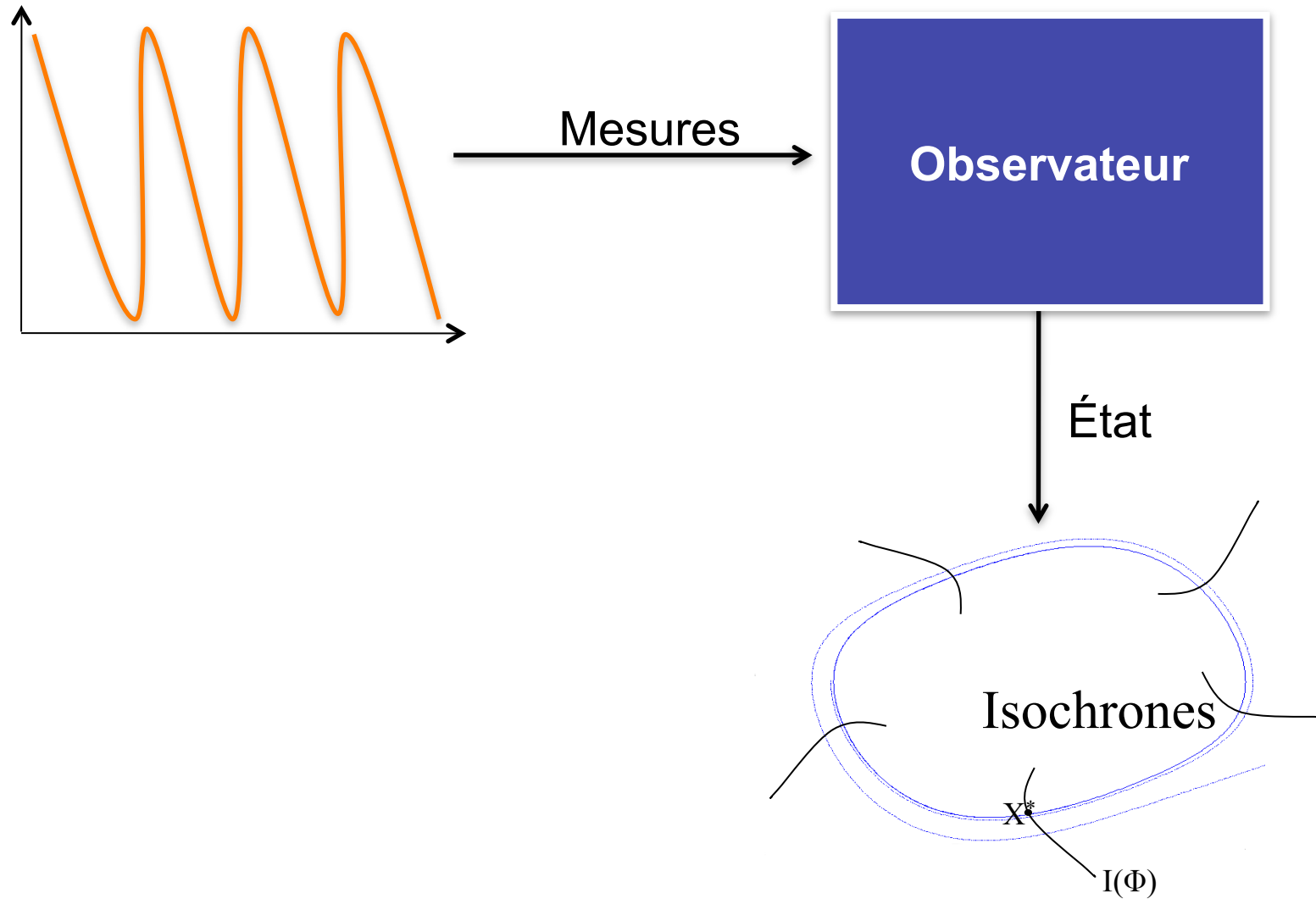
Observation en continu du cycle de marche

Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA/CEA), D. David (CEA-LETI)



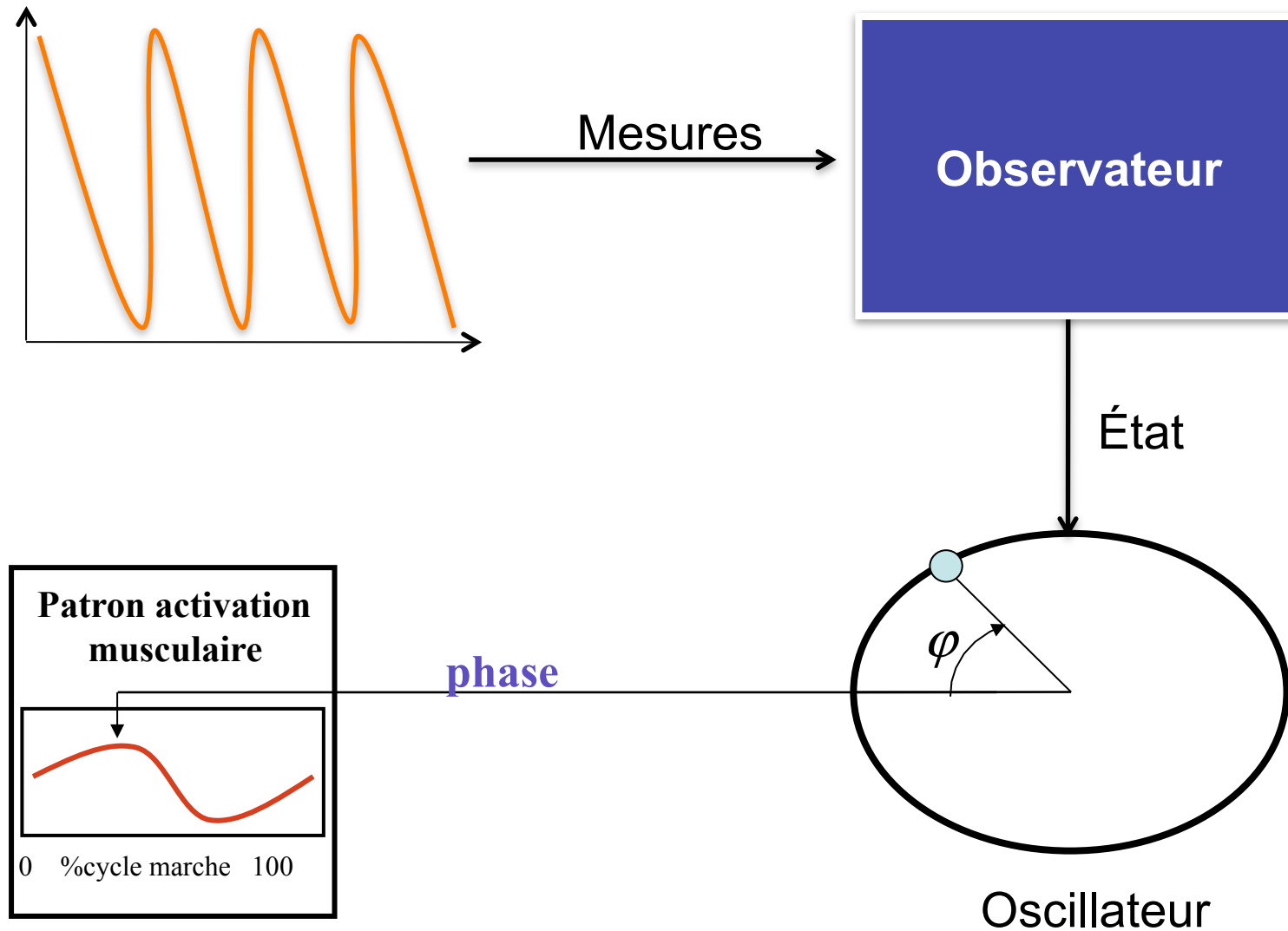
Observation en continu du cycle de marche

Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA/CEA), D. David (CEA-LETI)



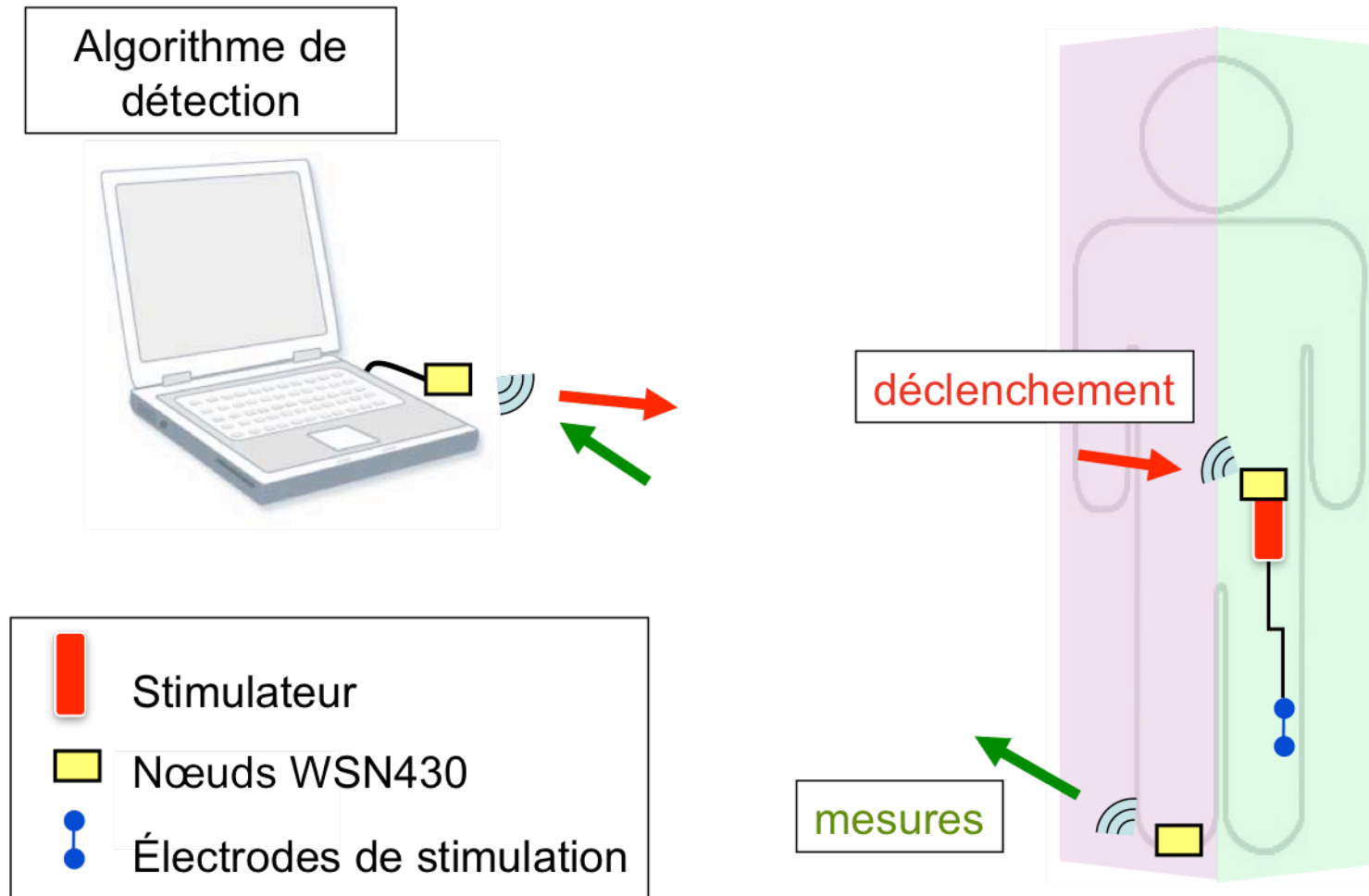
Observation en continu du cycle de marche

Collab. B. Espiau (INRIA), R. Héliot (INRIA/CEA), D. David (CEA-LETI)



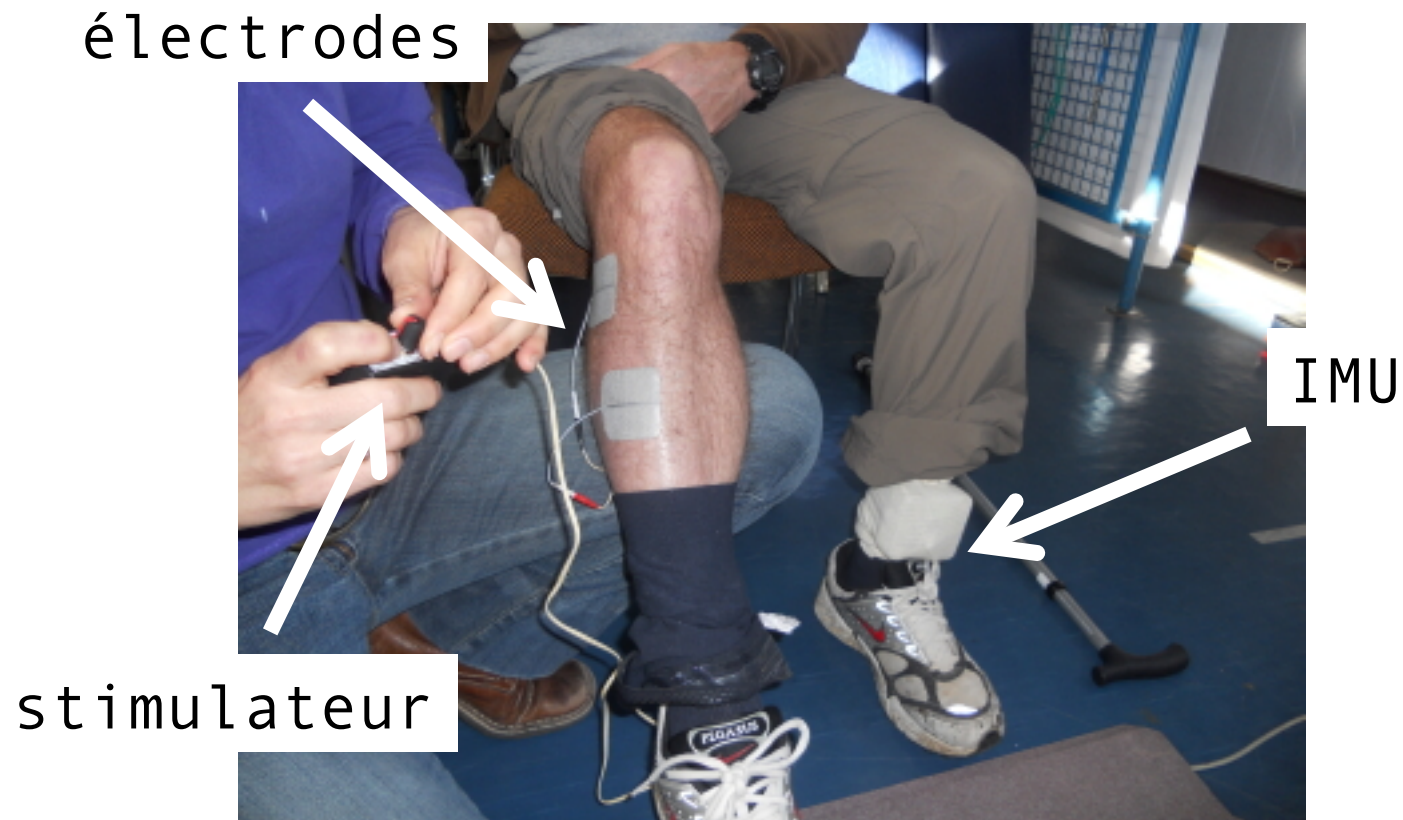
Activation de la stimulation électrique pendant la marche d'un sujet hémiparalysé

Collab. R. Pissard (INRIA), F. Jammes (INRIA), J. Froger (CHU Nîmes)



Activation de la stimulation électrique pendant la marche d'un sujet hémiplégique

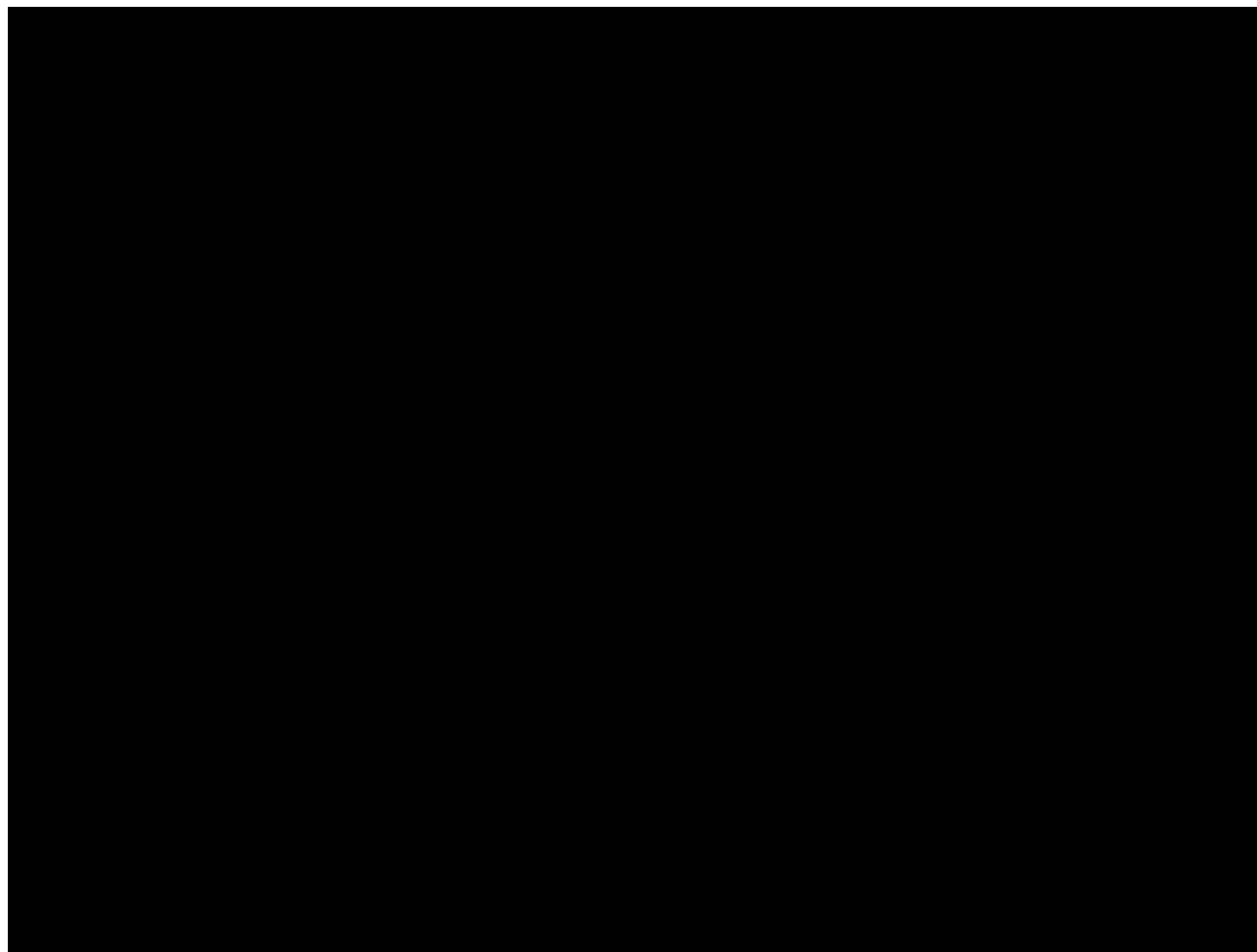
Collab. R. Pissard (INRIA), F. Jammes (INRIA), J. Froger (CHU Nîmes)



Autorisation CPP Nîmes – Juin 2010

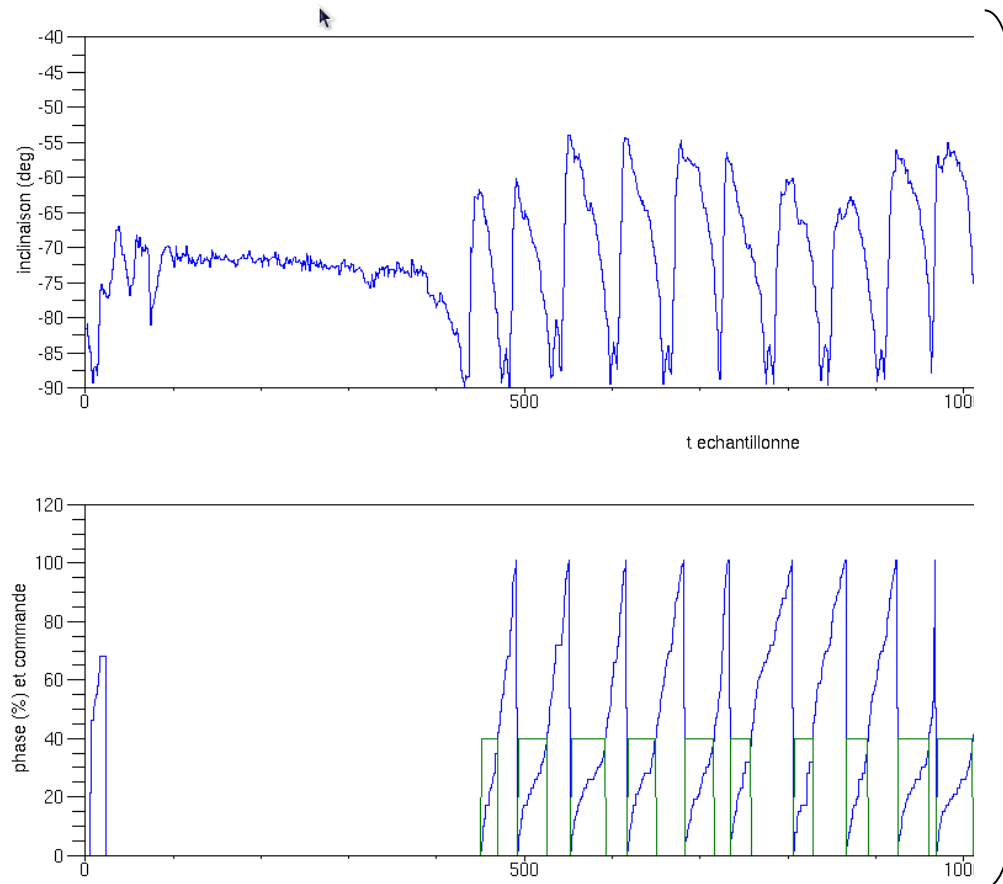
Activation de la stimulation électrique pendant la marche d'un sujet hémiplégique

Collab. R. Pissard (INRIA), F. Jammes (INRIA), J. Froger (CHU Nîmes)



Activation de la stimulation électrique pendant la marche d'un sujet hémiplégique

Collab. R. Pissard (INRIA), F. Jammes (INRIA), J. Froger (CHU Nîmes)



3 sujets hémiplégiques ont testé le système.

L'algorithme de détection/déclenchement semble robuste et efficace.