

Et les hommes alors ?

et les femmes !

Christine Azevedo Coste, INRIA/LIRMM, Montpellier



Et les hommes alors ?

et les femmes !

Du robot à l'homme

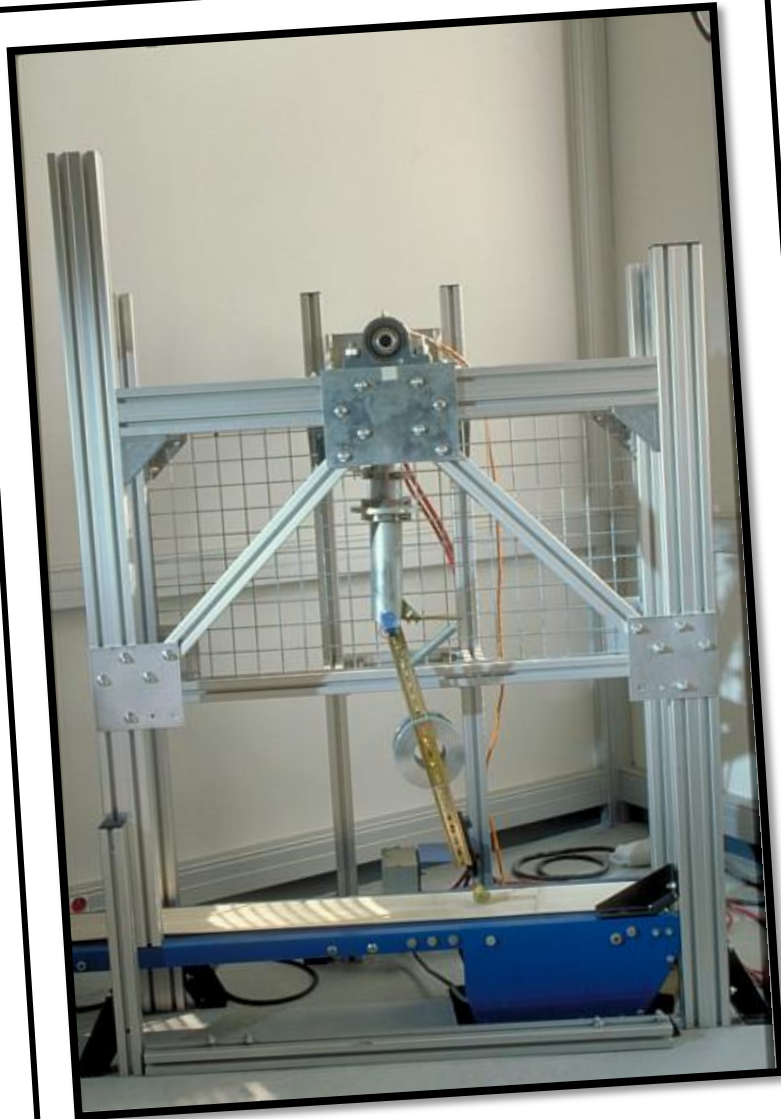
Tour d'horizon **non exhaustif** des travaux de Bernard dans le domaine de l'analyse et du contrôle du mouvement humain.

Robotique anthropomorphe et locomotion



Des robots aux mensurations proches de celles de l'homme pour étudier la marche, relever le défi du contrôle de l'équilibre bipède et simuler des prothèses...





double pendule sous actionné

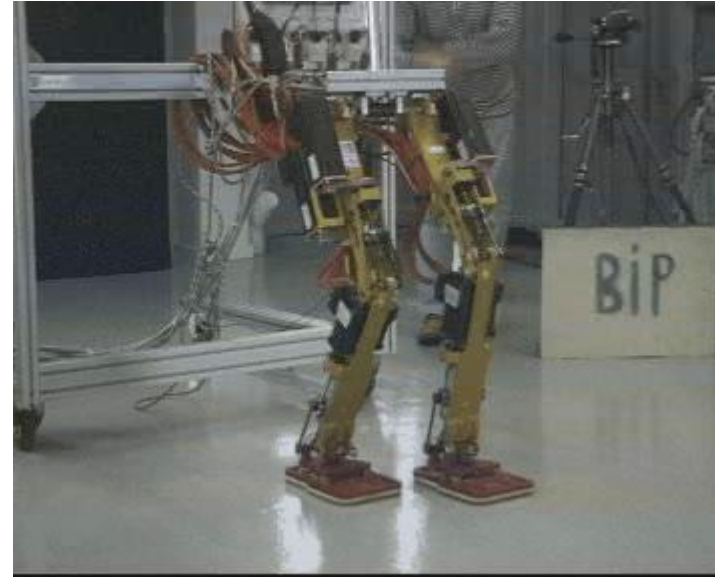
Double pendule sous actionné **simulant une jambe humaine**. Seule la hanche est munie d'un moteur, tandis que le genou comporte un rappel élastique analogue a celui de certaines orthèses. Le contact avec le sol se fait au travers d'un pied télescopique comportant un ressort et un amortisseur. Un tapis roulant permet d'entraîner le pied, donc de simuler la marche cyclique.

1998 – Roger Pissard Gibollet, Isabelle Guigues

1999 arrivée de BIP à l'INRIA

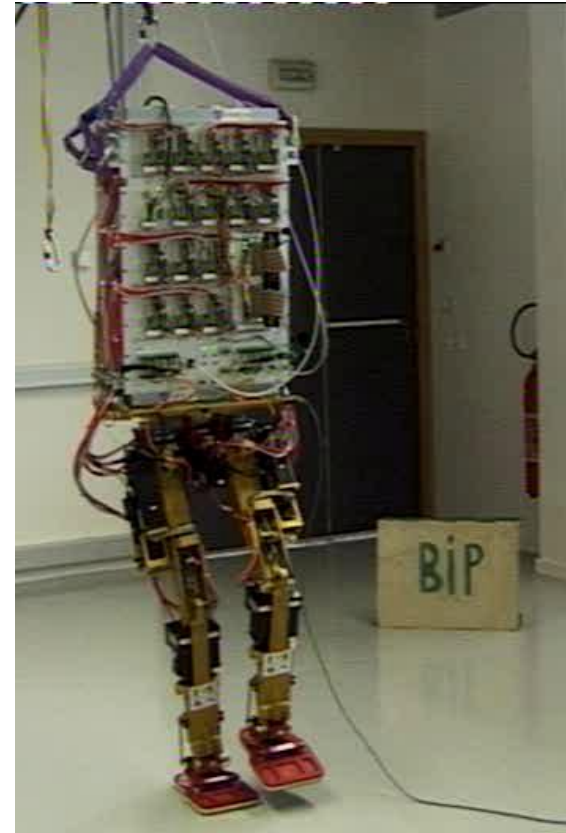
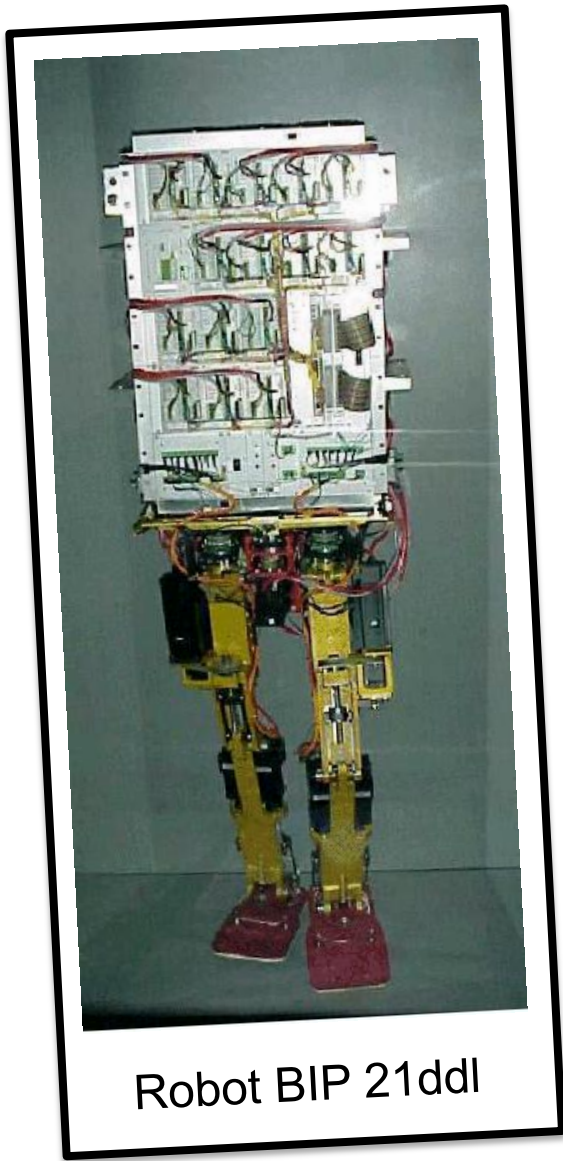


Robot BIP 8ddl



Marche dans le plan sagittal

1999 - Roger Pissard-Gibollet, Nicolas Andreff



2000 - Roger Pissard-Gibollet, Pierre Brice Wieber, Nathalie Cislo





Exposition universelle de
Hanovre 2000

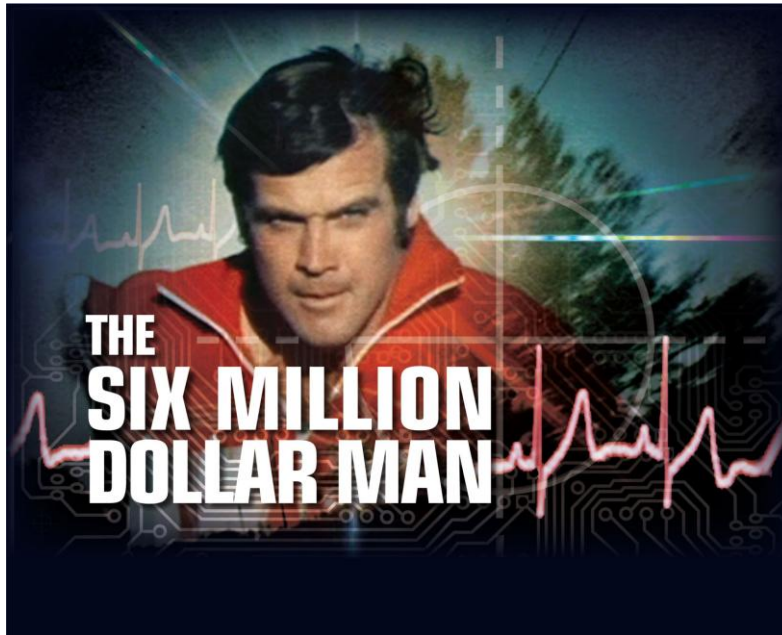


Plusieurs thèses encadrées autour de la modélisation, commande, planification, simulation de robots bipèdes, dont :

- 1997 Ahmed Keramane – **Cycles de marche des robots de type compas : analyse et commande**
- 1998 Frank Génot - **Contributions à la modélisation et à la commande des systèmes mécaniques de corps rigides avec contraintes unilatérales**
- 1999 Bilal El Ali - **Contribution à la commande du centre de masse d'un robot bipède**
- 2000 Pierre-Brice Wieber - **Modélisation et commande d'un robot marcheur anthropomorphe**
- 2002 Christine Azevedo Coste – **Contrôle de la locomotion artificielle : de l'homme aux robots**
- 2012 Mehdi Benallegue - **Synchronization of robot motions with human motions**



Robotique au service de l'humain

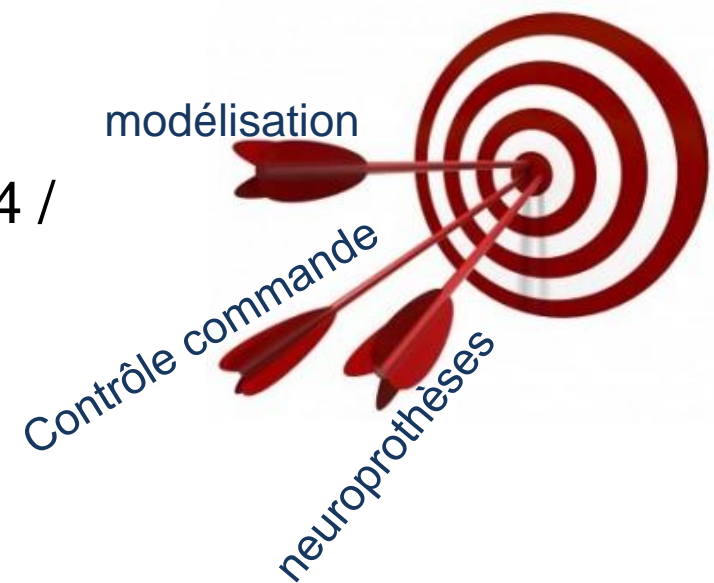


EPI DEMAR à Montpellier

- Fin Projet Européen SUAW + fermeture du labo INSERM impliqué dans le projet – 2000
- Rencontre David Guiraud – 2001
- Détachement David Guiraud – 2002
- Création équipe projet DEMAR – 2004 / Sophia
- Bernard officiellement membre de l'équipe depuis 2010

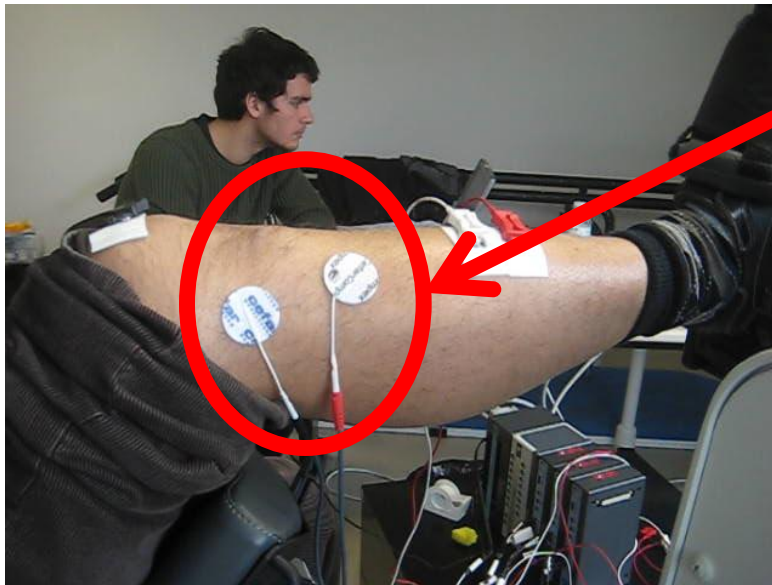
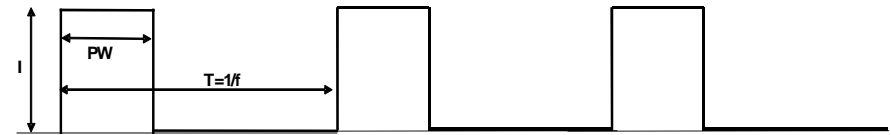


**problème
clinique**



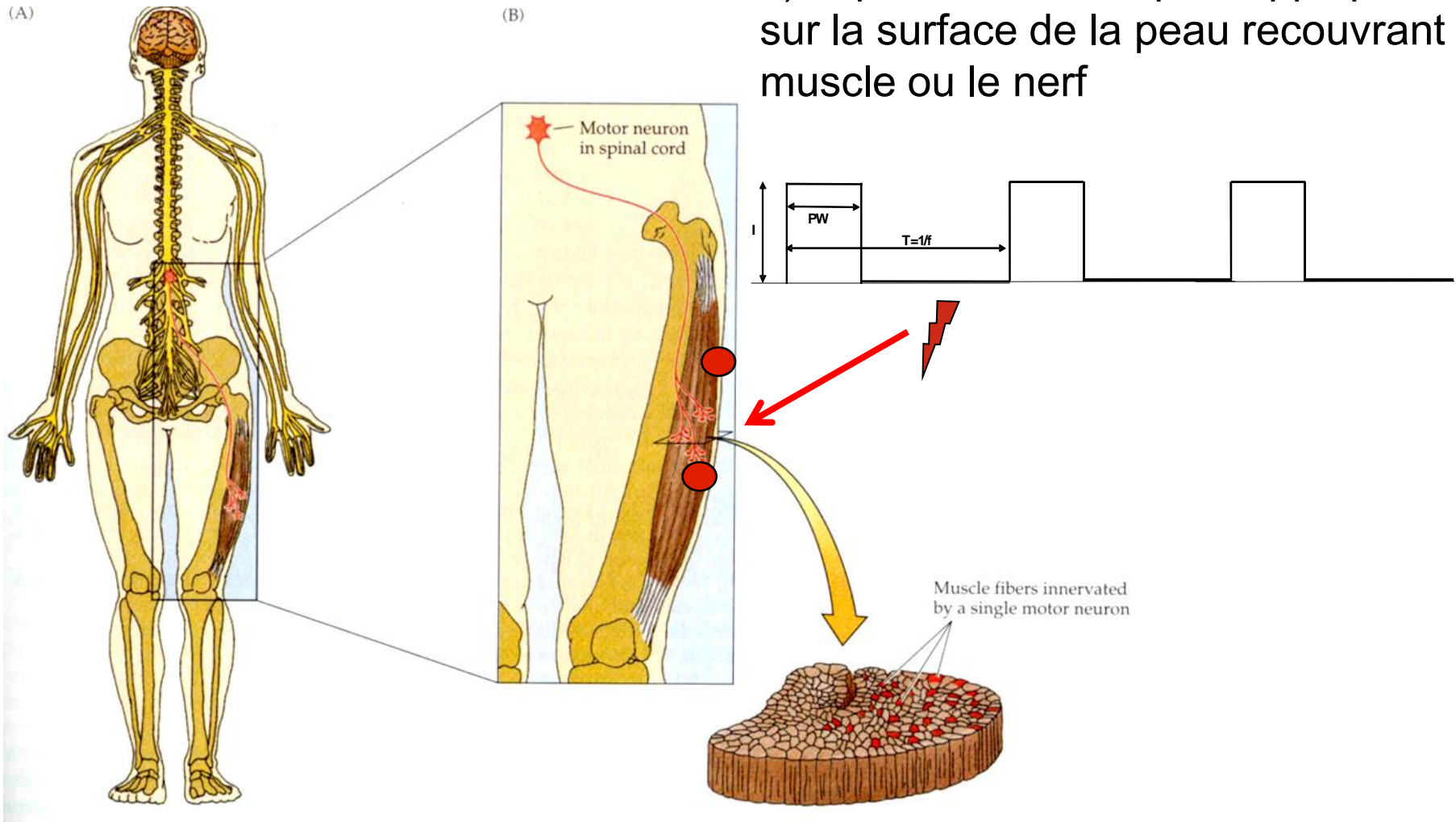
Principe de la stimulation électrique

impulsions électriques appliquées sur la surface de la peau recouvrant le muscle ou le nerf



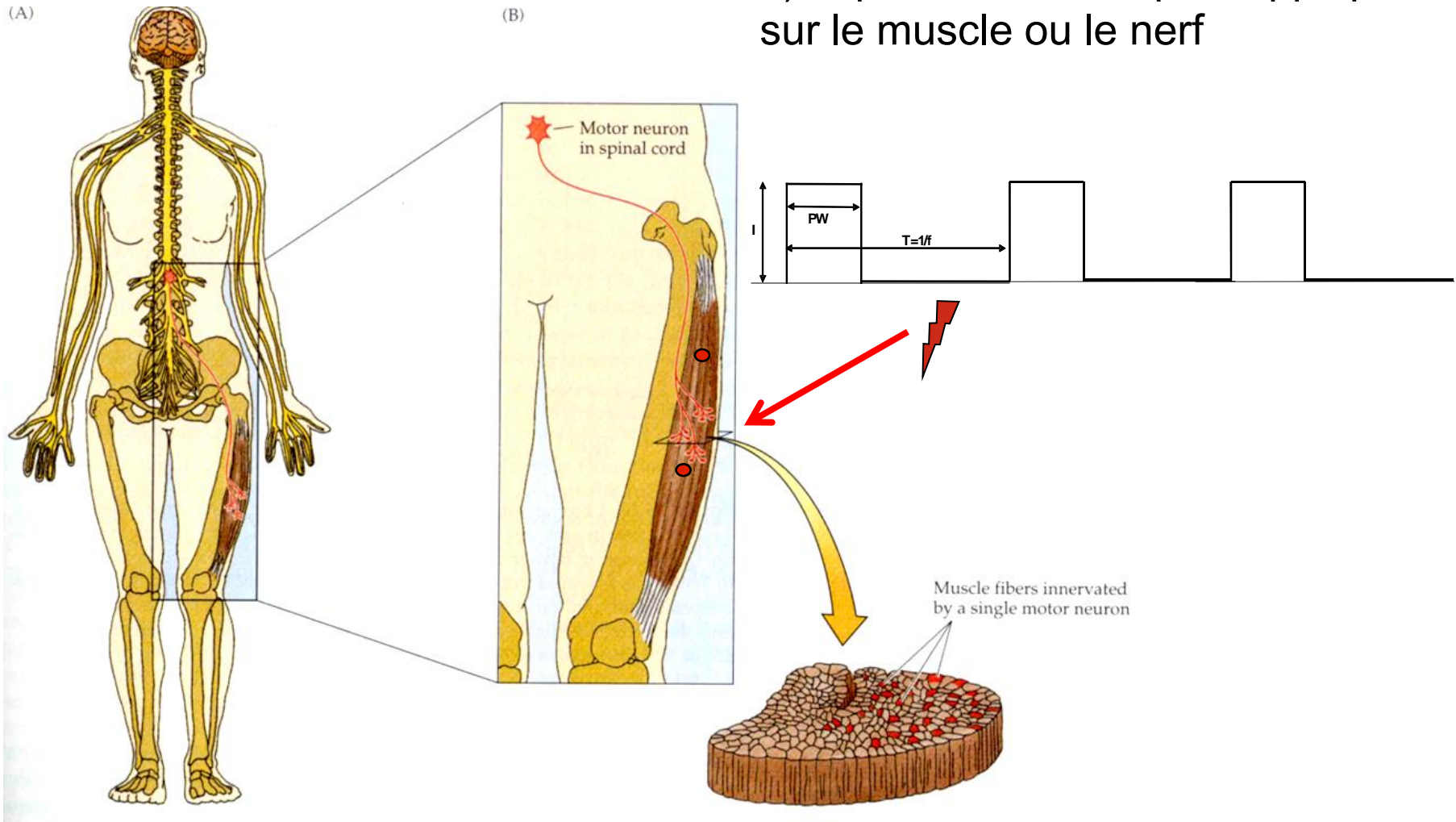
Principe de la stimulation électrique

1) impulsions électriques appliquées sur la surface de la peau recouvrant le muscle ou le nerf

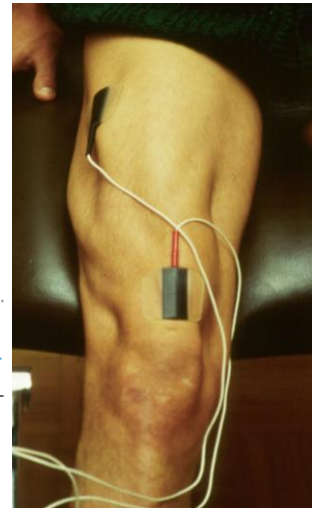
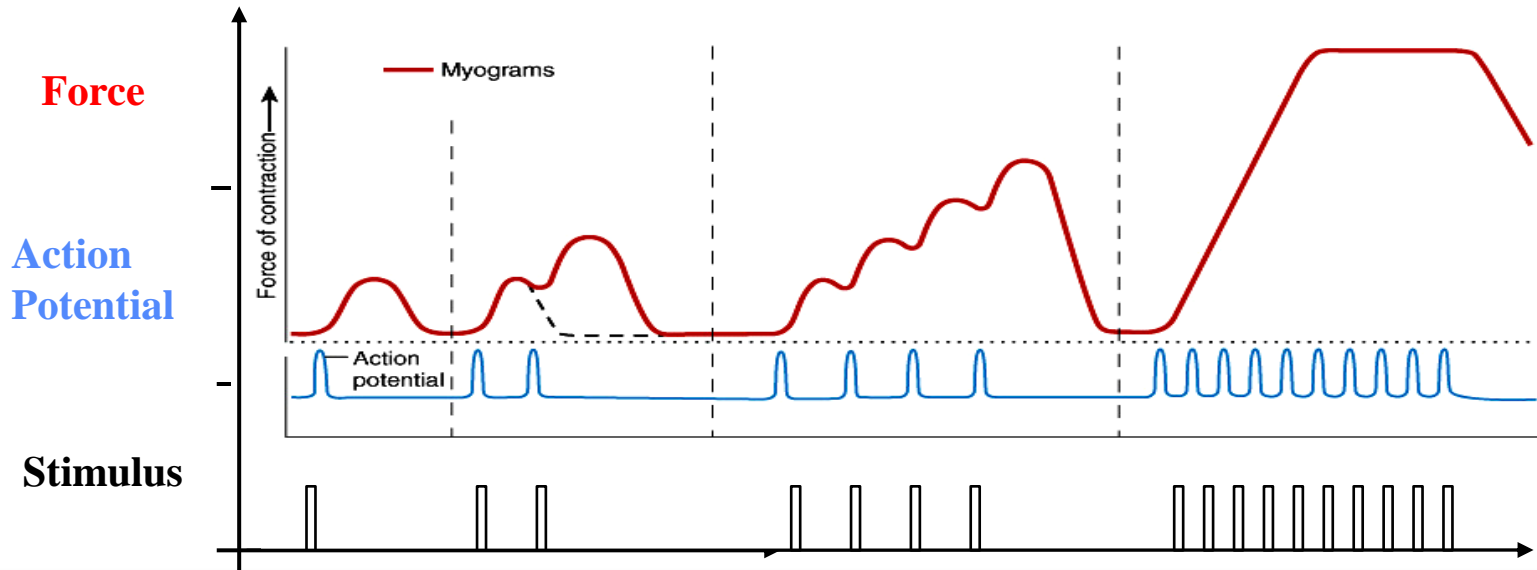
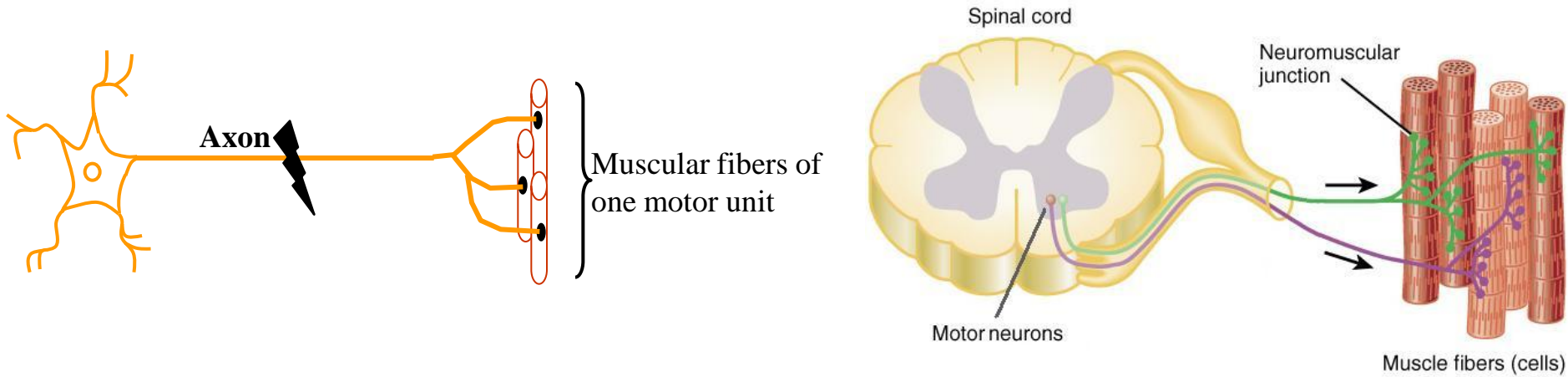


Principe de la stimulation électrique

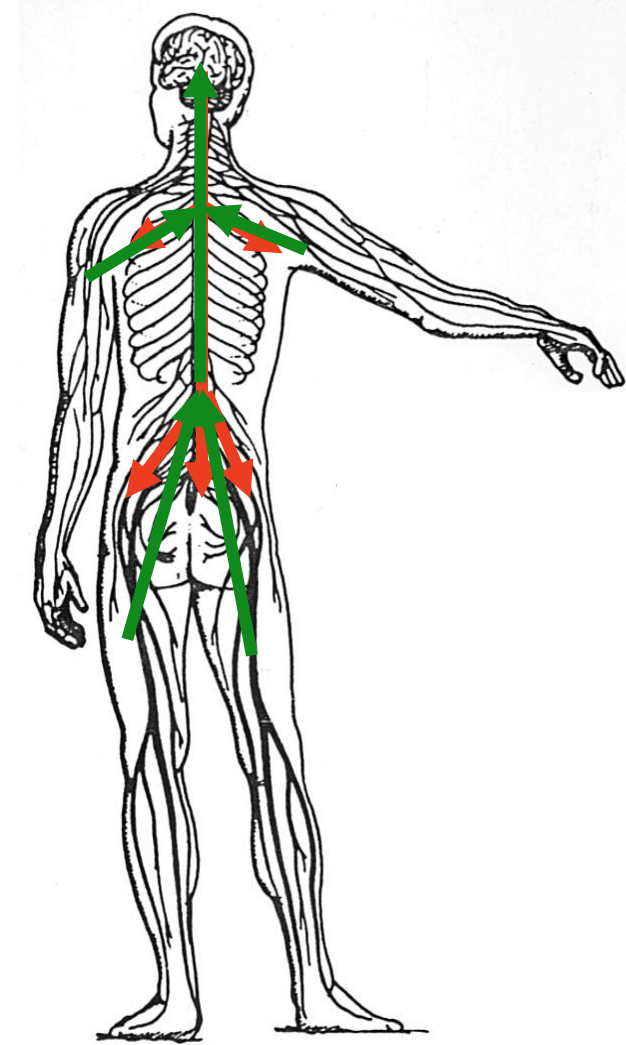
2) impulsions électriques appliquées sur le muscle ou le nerf



Principe de la stimulation électrique

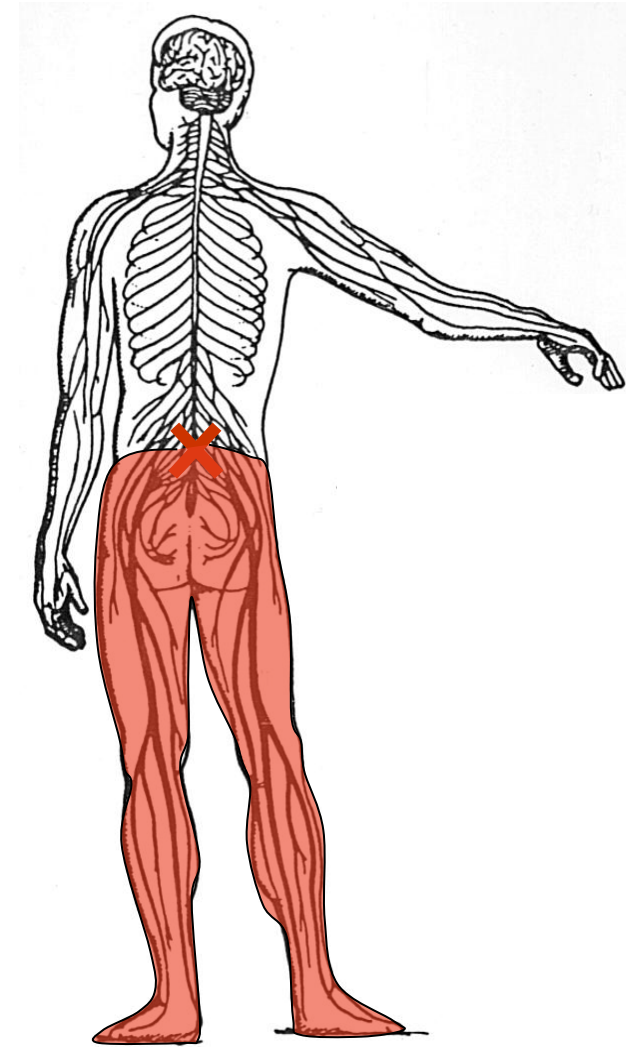


Lésion médullaire complète



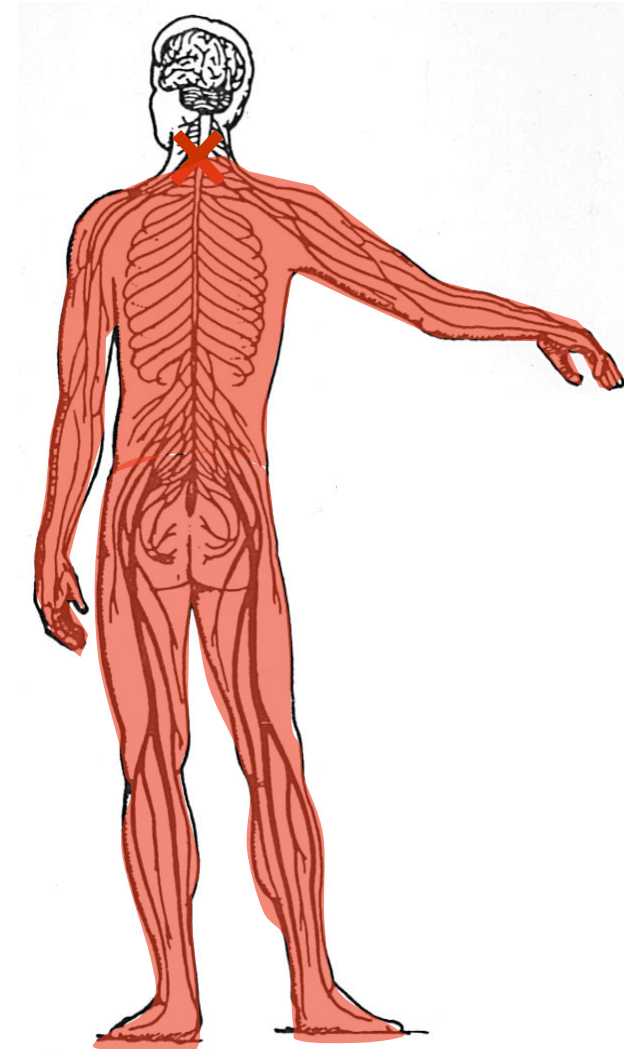
Lésion médullaire complète

Paraplégie

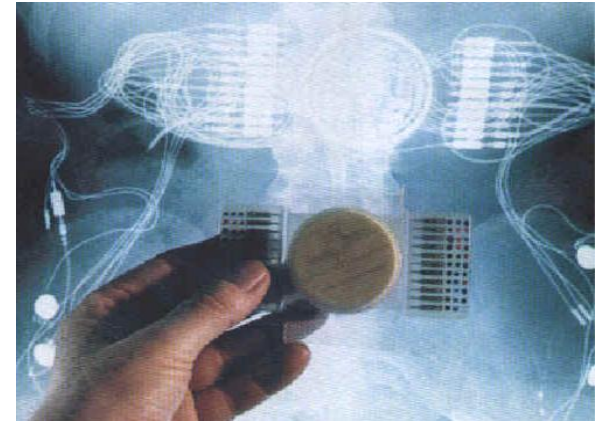


Lésion médullaire complète

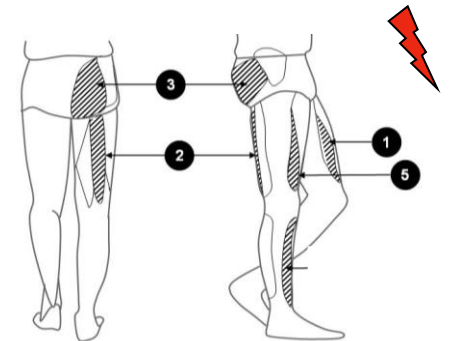
Tétraplégie



La stimulation électrique et la déambulation assistée



Projet SUAW 2000 ©



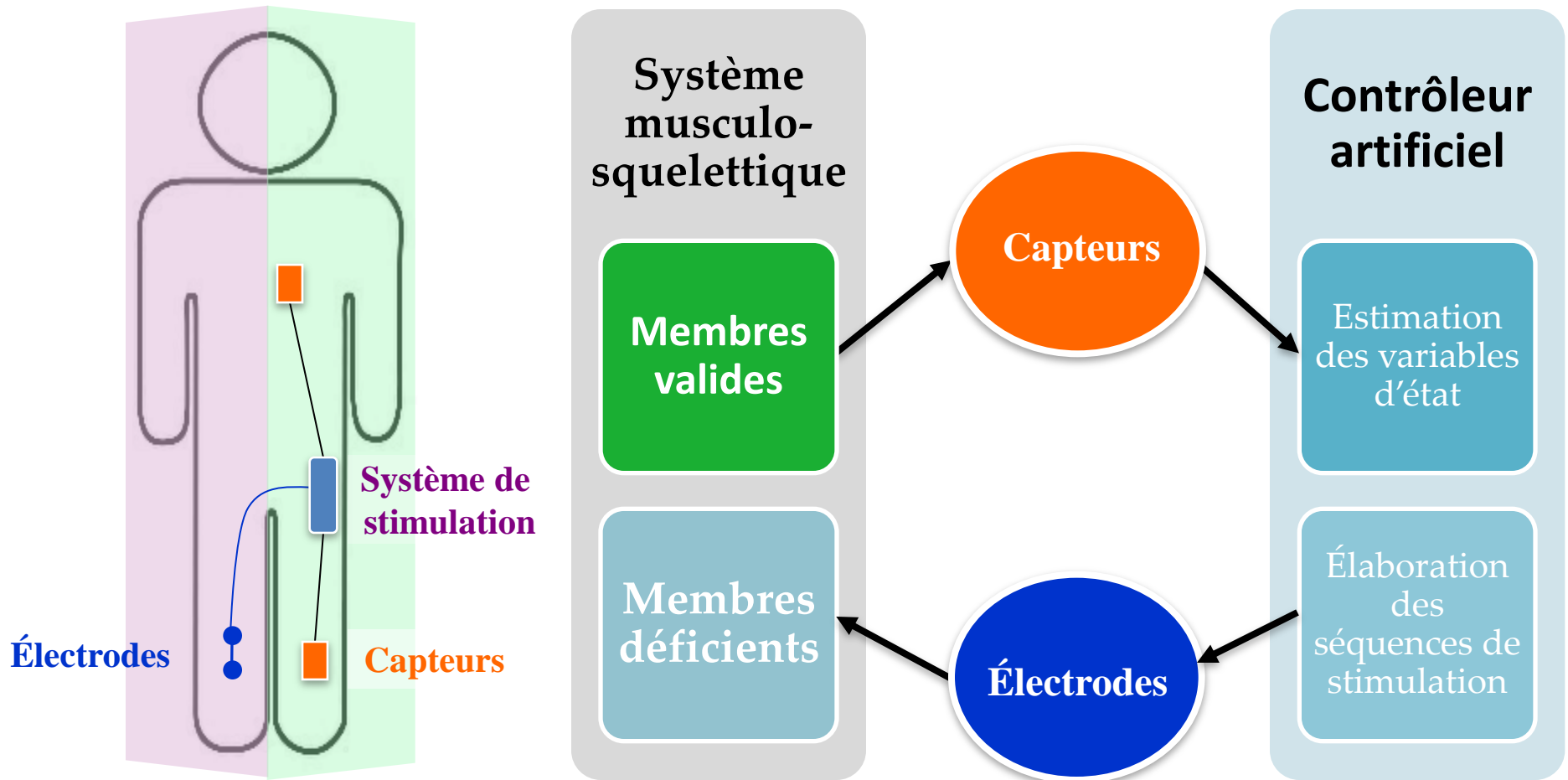
Locomotion assistée par stimulation électrique fonctionnelle



Observer des membres valides pour contrôler un robot, une prothèse, un membre déficient...



Observer des membres valides pour contrôler un robot, une prothèse, un membre déficient...

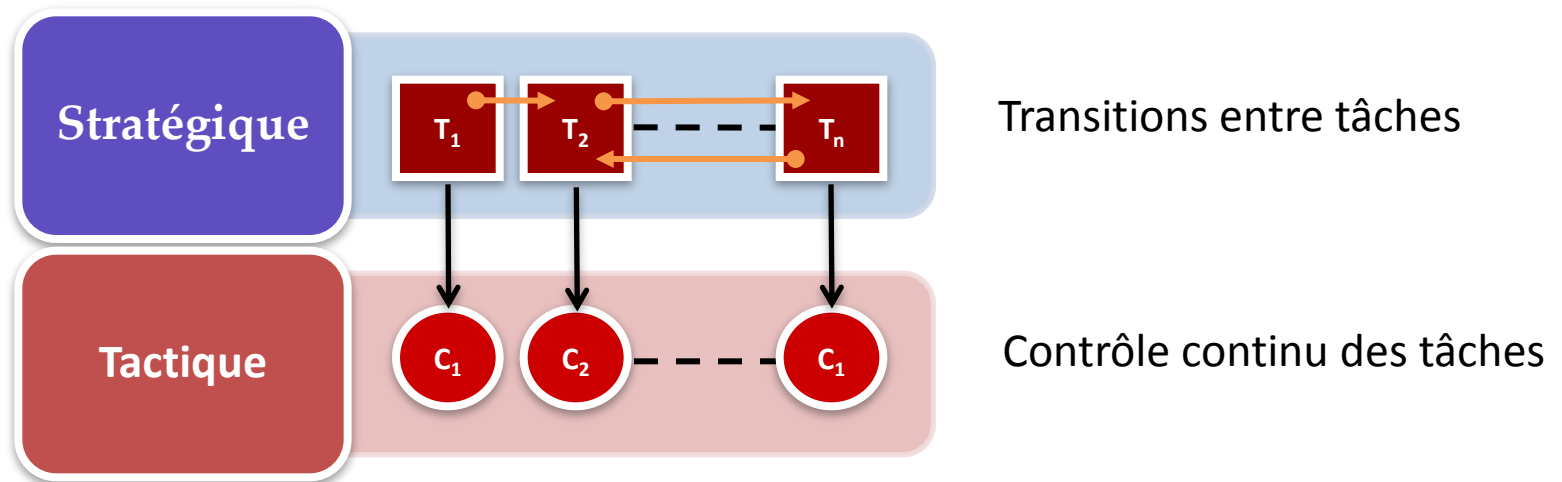


Rodolphe Héliot (INRIA/CEA LETI), Dominique David (CEA-LETI)



Observer des membres valides pour contrôler un robot, une prothèse, un membre déficient...

- Coordination des membres valides et déficients
- Originalité :
 - Deux niveaux de coordination



- Replacer le patient au centre du contrôle
- S'adapter en temps réel aux mouvements des membres valides du patient

Rodolphe Héliot (INRIA/CEA LETI), Dominique David (CEA-LETI)



Application 1 - Lever de chaise assisté par stimulation électrique

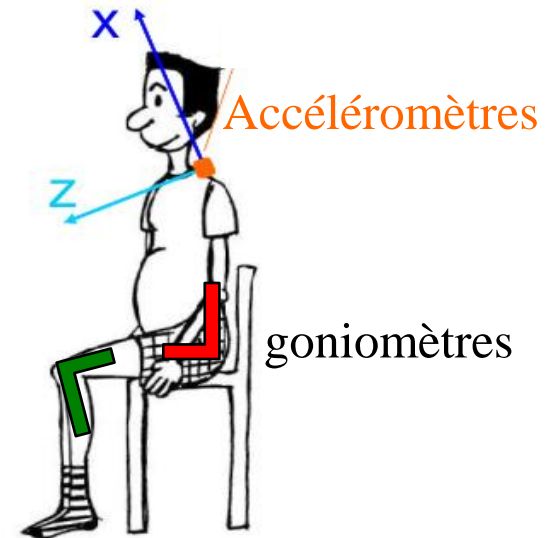
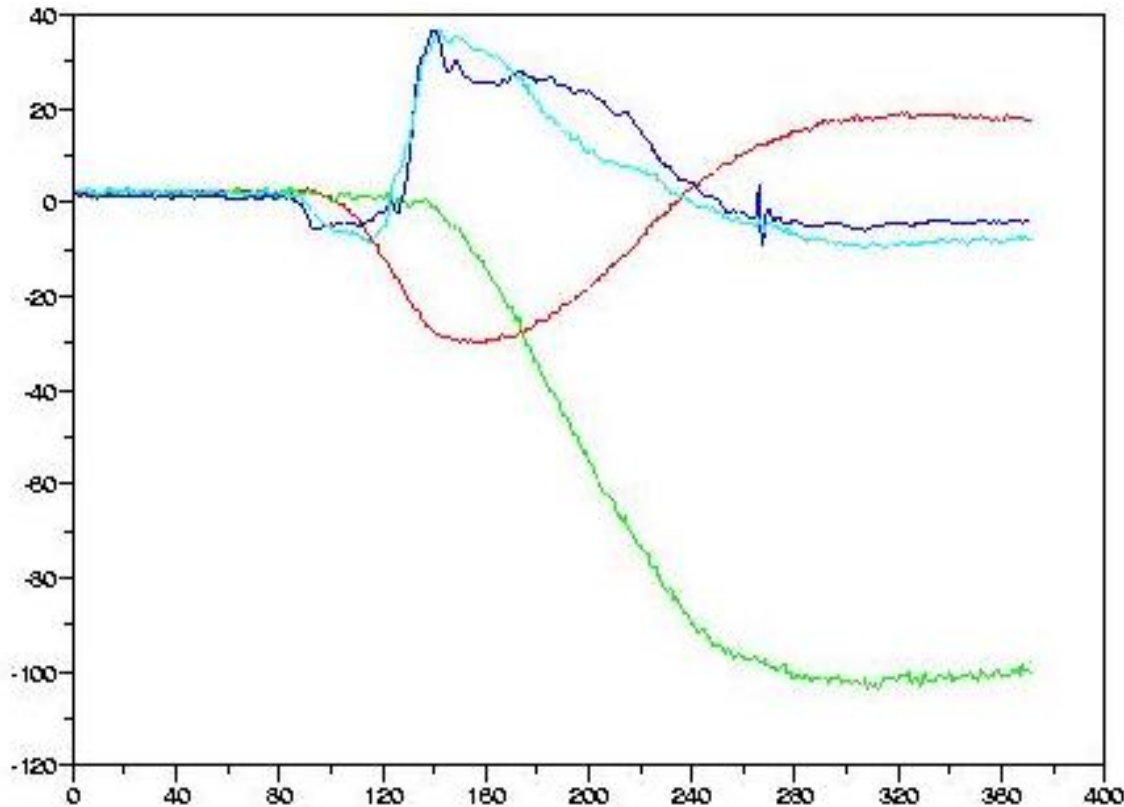


- trop coûteux énergétiquement
- trop contraignant pour les épaules



Application 1 - Lever de chaise assisté par stimulation électrique

Détection du mouvement de lever de chaise chez le sujet valide

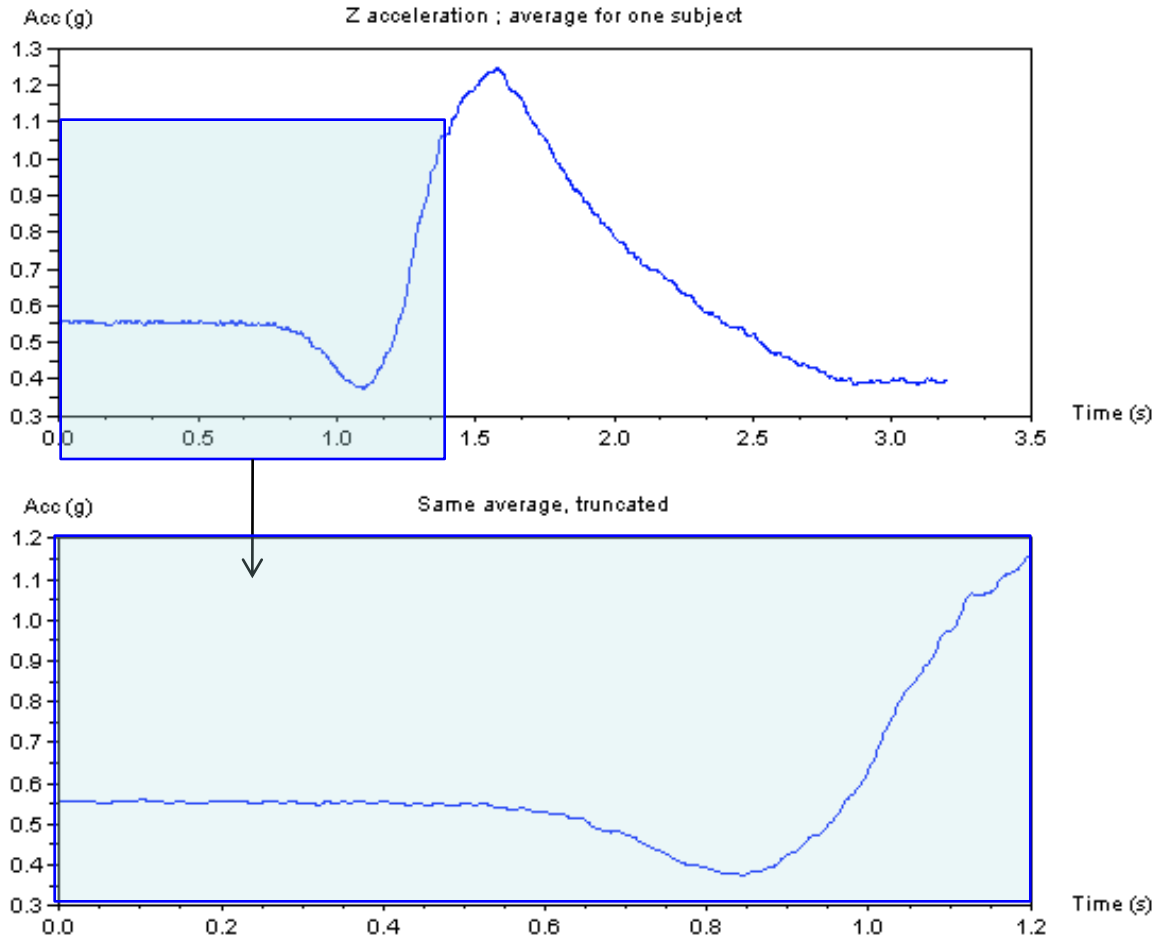


Rodolphe Héliot (INRIA/CEA LETI), Dominique David (CEA-LETI)

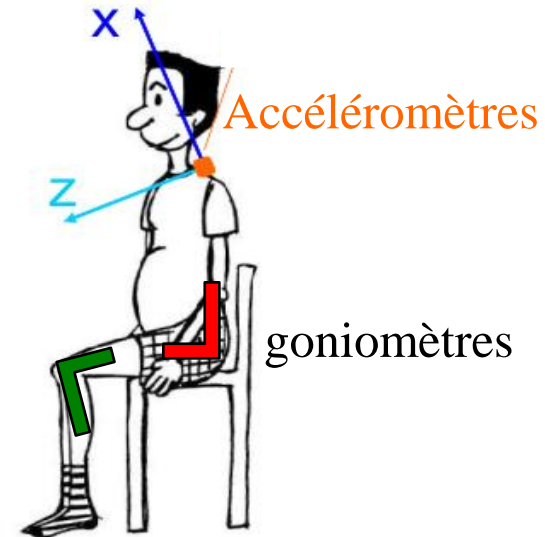


Application 1 - Lever de chaise assisté par stimulation électrique

Détection du mouvement de lever de chaise chez le sujet valide



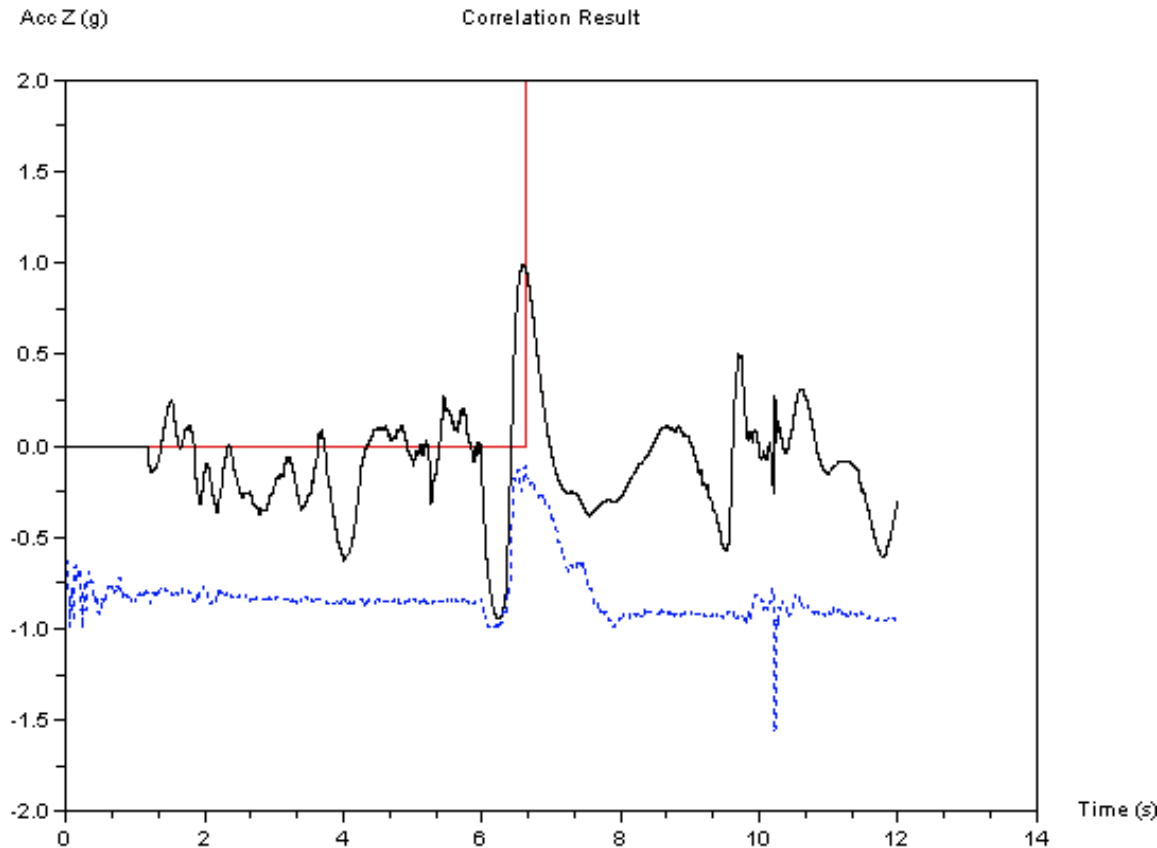
1. Création d'une référence



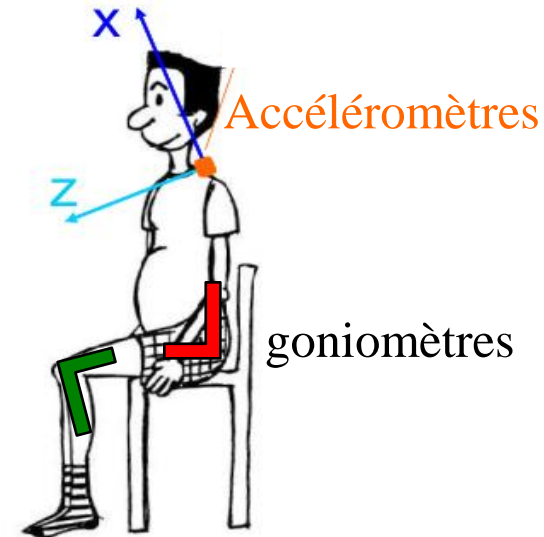
Rodolphe Héliot (INRIA/CEA LETI), Dominique David (CEA-LETI)

Application 1 - Lever de chaise assisté par stimulation électrique

Détection du mouvement de lever de chaise chez le sujet valide



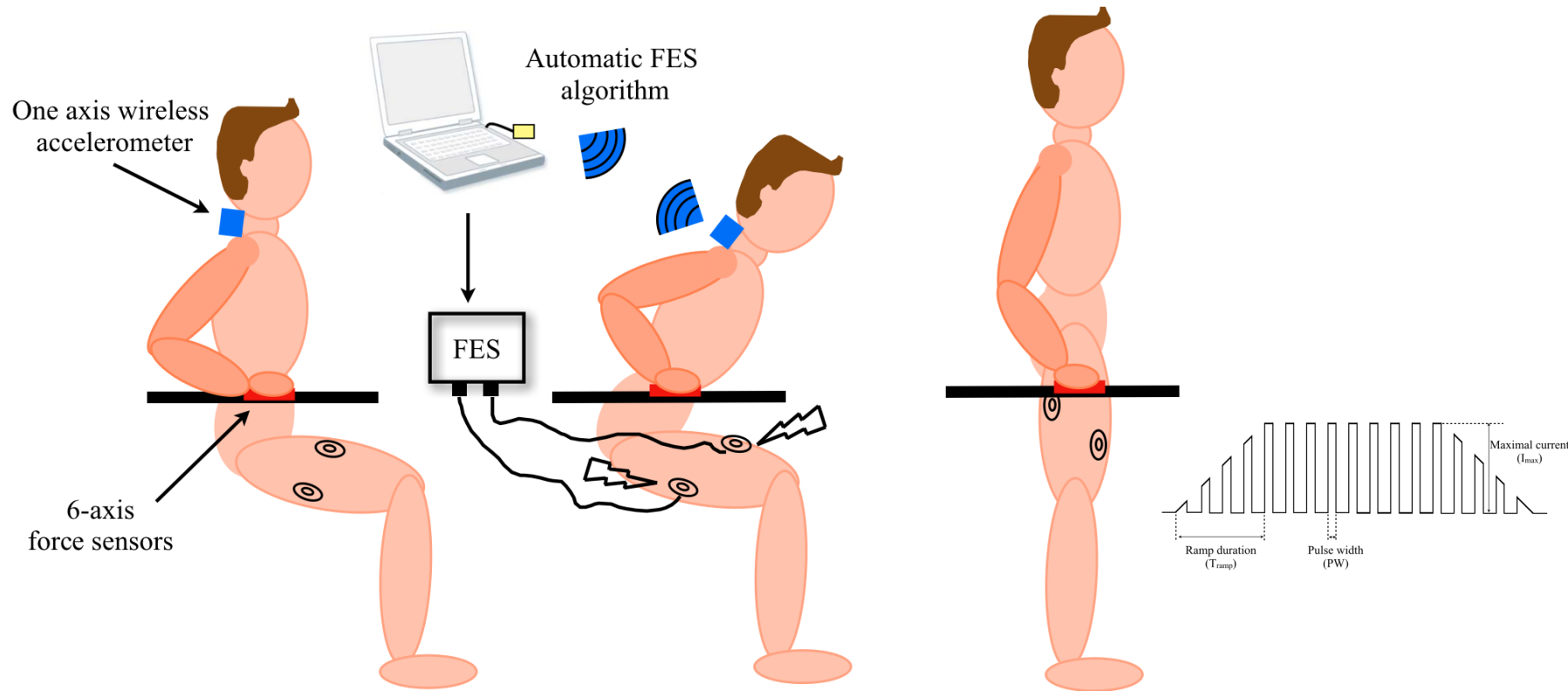
1. Création d'une référence
2. Comparaison de la mesure à la référence



Rodolphe Héliot (INRIA/CEA LETI), Dominique David (CEA-LETI)

Application 1 - Lever de chaise assisté par stimulation électrique

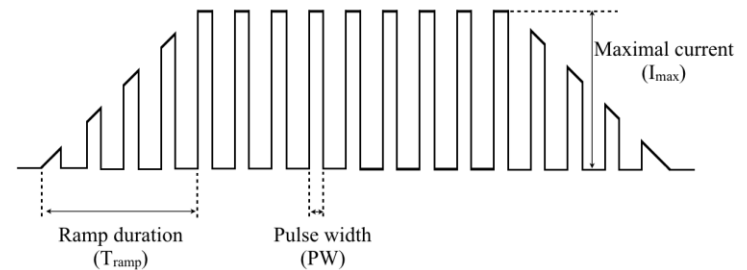
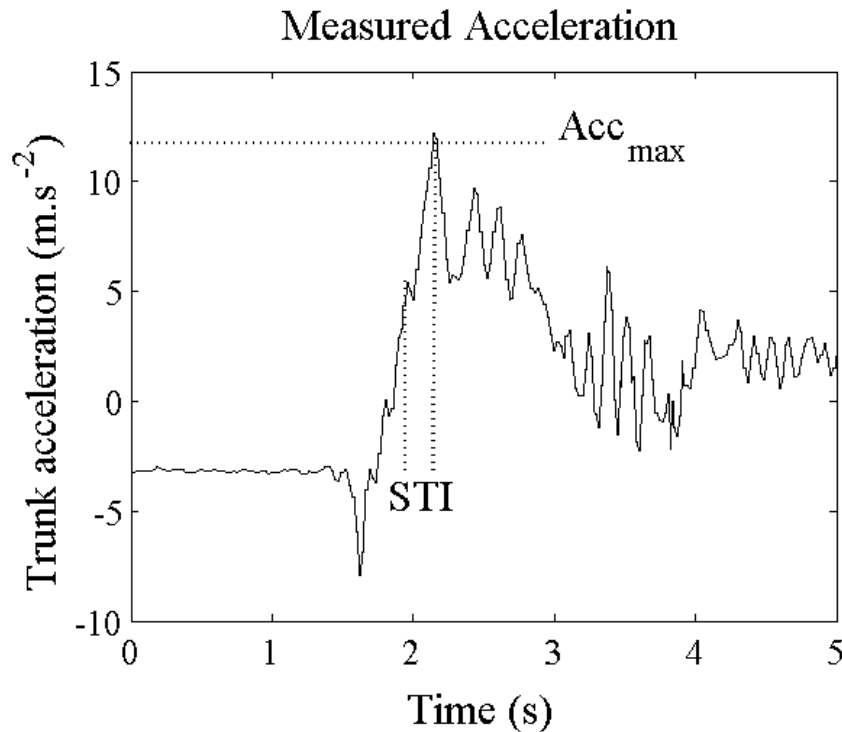
Synchronisation de la stimulation électrique des jambes de sujets paraplégiques avec le mouvement de leur tronc



Charles Fattal (PROPARGA-Languedoc Mutualité), Jovana Jovic, Roger Pissard-Gibollet

Application 1 - Lever de chaise assisté par stimulation électrique

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

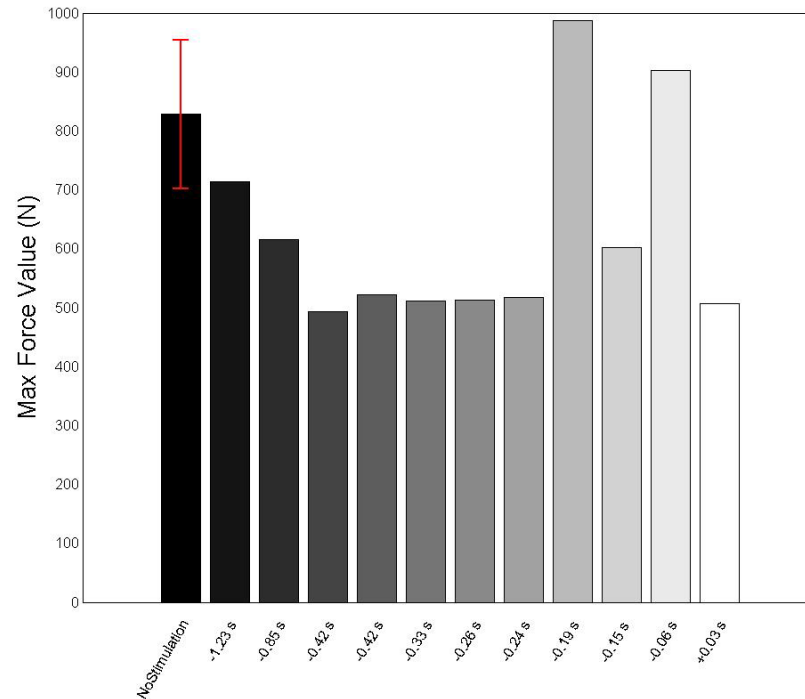


Charles Fattal (PROPARGA-Languedoc Mutualité), Jovana Jovic, Roger Pissard-Gibollet



Application 1 - Lever de chaise assisté par stimulation électrique

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



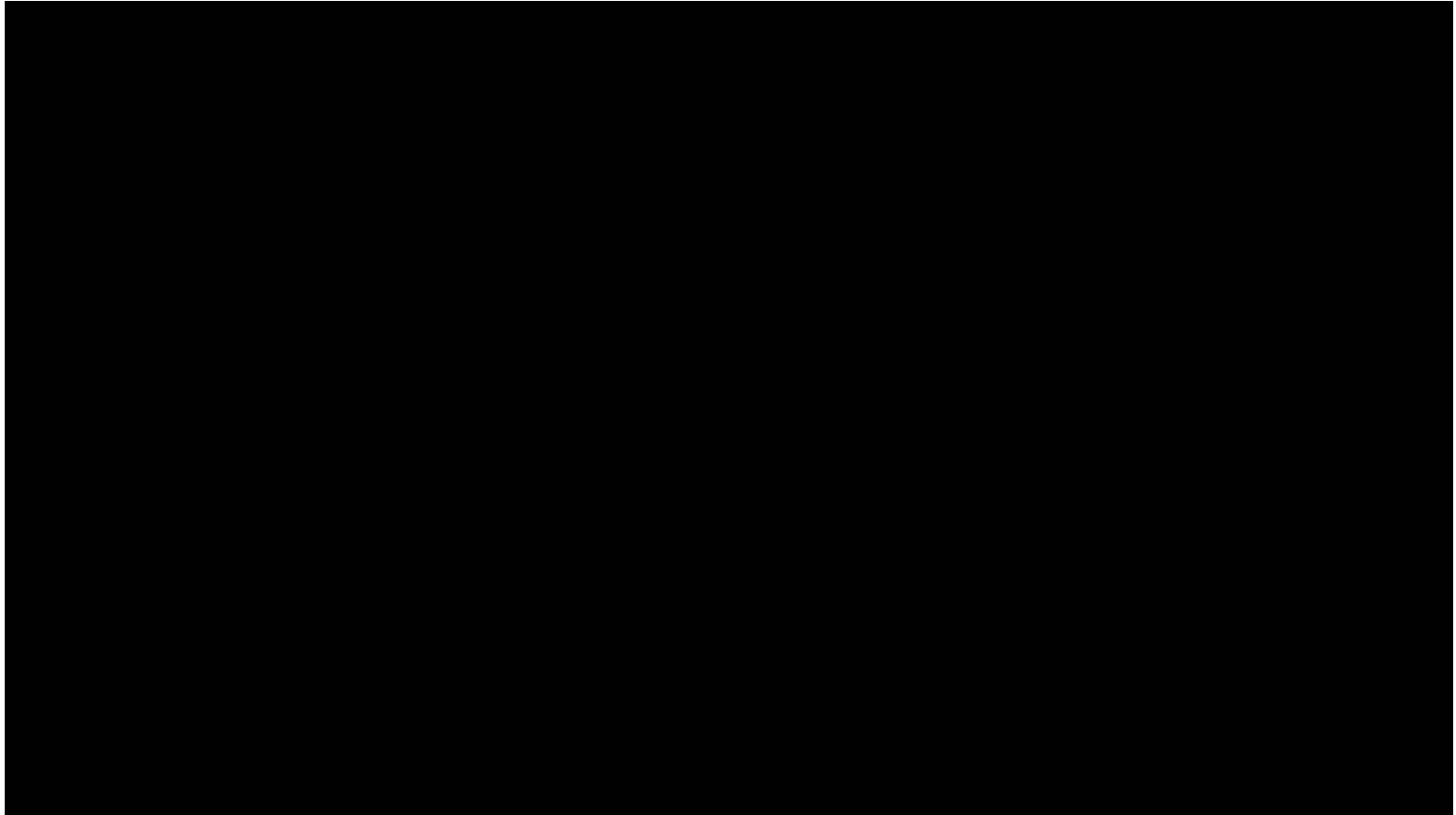
Exemple : efforts maximum membres sup. sujet 2

Autorisation CPP Nîmes – Octobre 2010

Charles Fattal (PROPARGA-Languedoc Mutualité), Jovana Jovic, Roger Pissard-Gibollet

Application 1 - Lever de chaise assisté par stimulation électrique

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



Charles Fattal (PROPORA-Languedoc Mutualité), Jovana Jovic, Roger Pissard-Gibollet

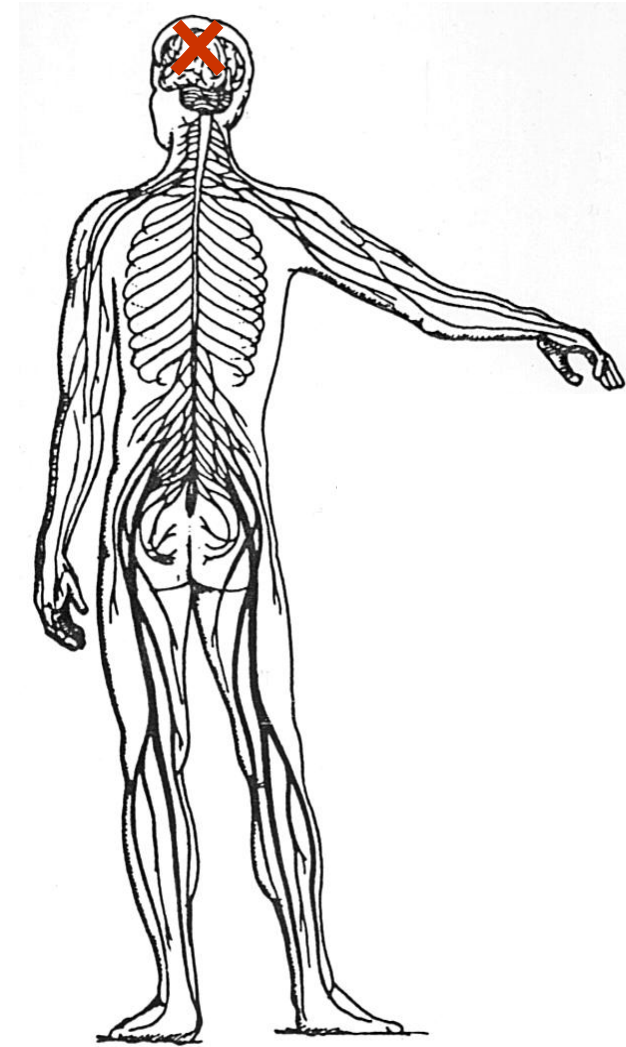


Application 2 – assistance à la marche de personnes hémipariétiques



Application 2 – assistance à la marche de personnes hémiplégiques

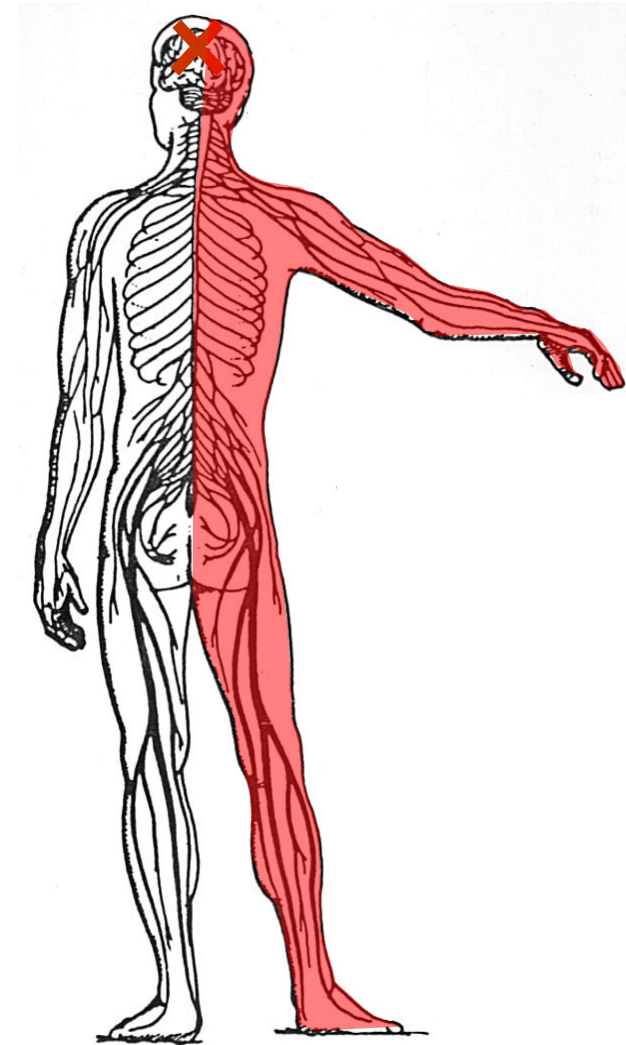
Accident Vasculaire Cérébral



Application 2 – assistance à la marche de personnes hémipariétiques

Accident Vasculaire Cérébral

-> hémipariété



Application 2 – assistance à la marche de personnes hémiplegiques

Marche hémiplegique

- 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
- **drop foot** : incapacité plus ou moins importante à relever le pied en phase oscillante de la marche (jambier antérieur)



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



Application 2 – assistance à la marche de personnes hémiplégiques



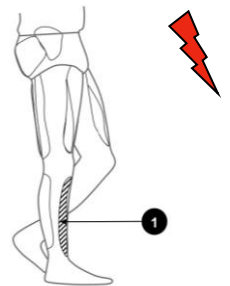
- Pas d'assistance



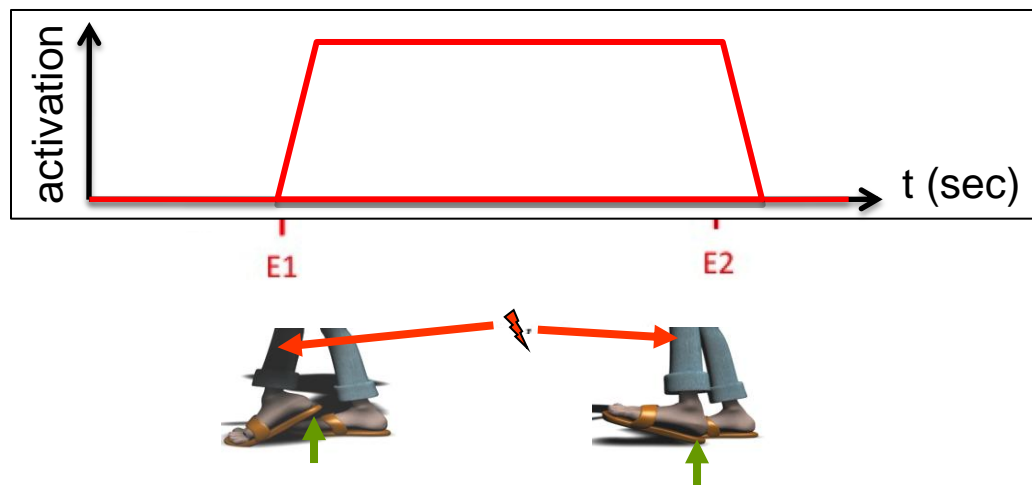
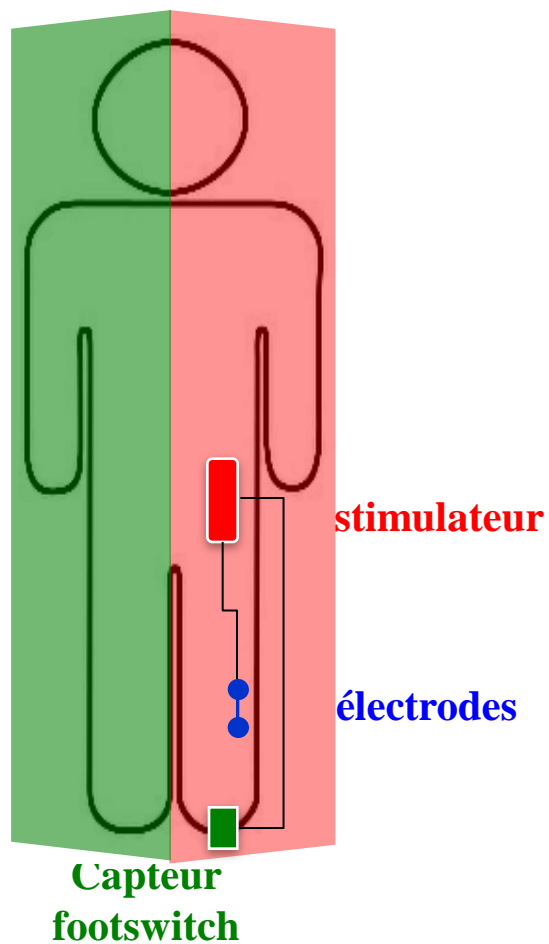
- Releveur de pied : orthèses passives
 - non adaptatif
 - auto-entretien du déficit
 - compensation posturale



- Drop foot stimulator
 - même système depuis 1961 !



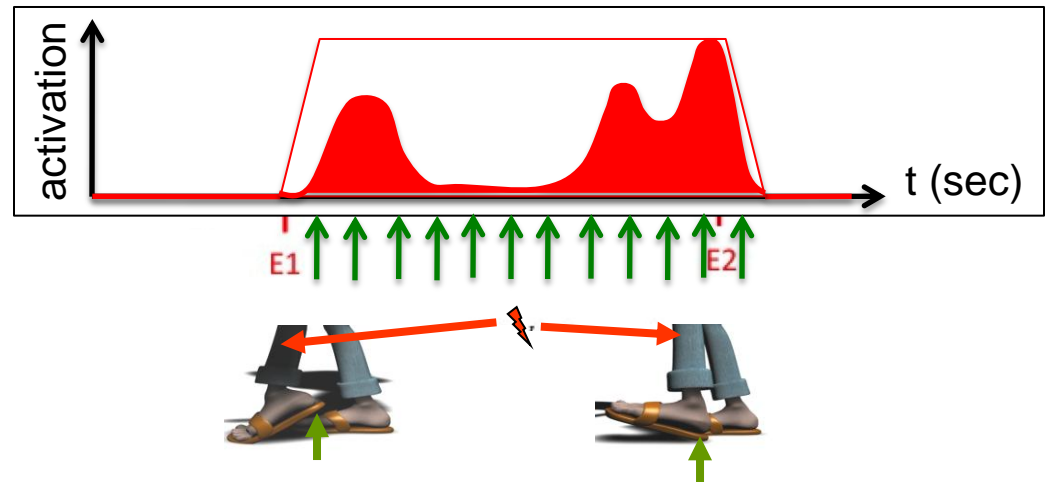
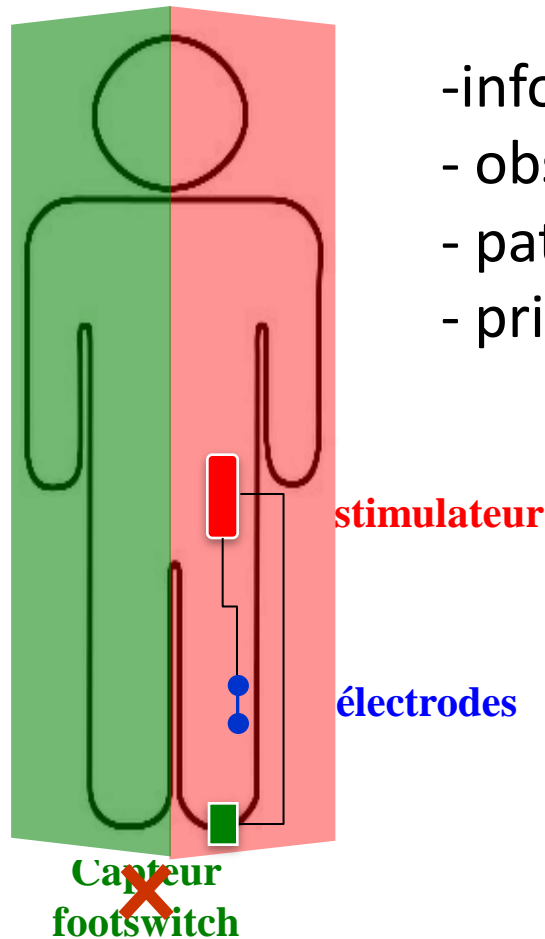
Application 2 – assistance à la marche de personnes hémiplégiques



Application 2 – assistance à la marche de personnes hémipariées

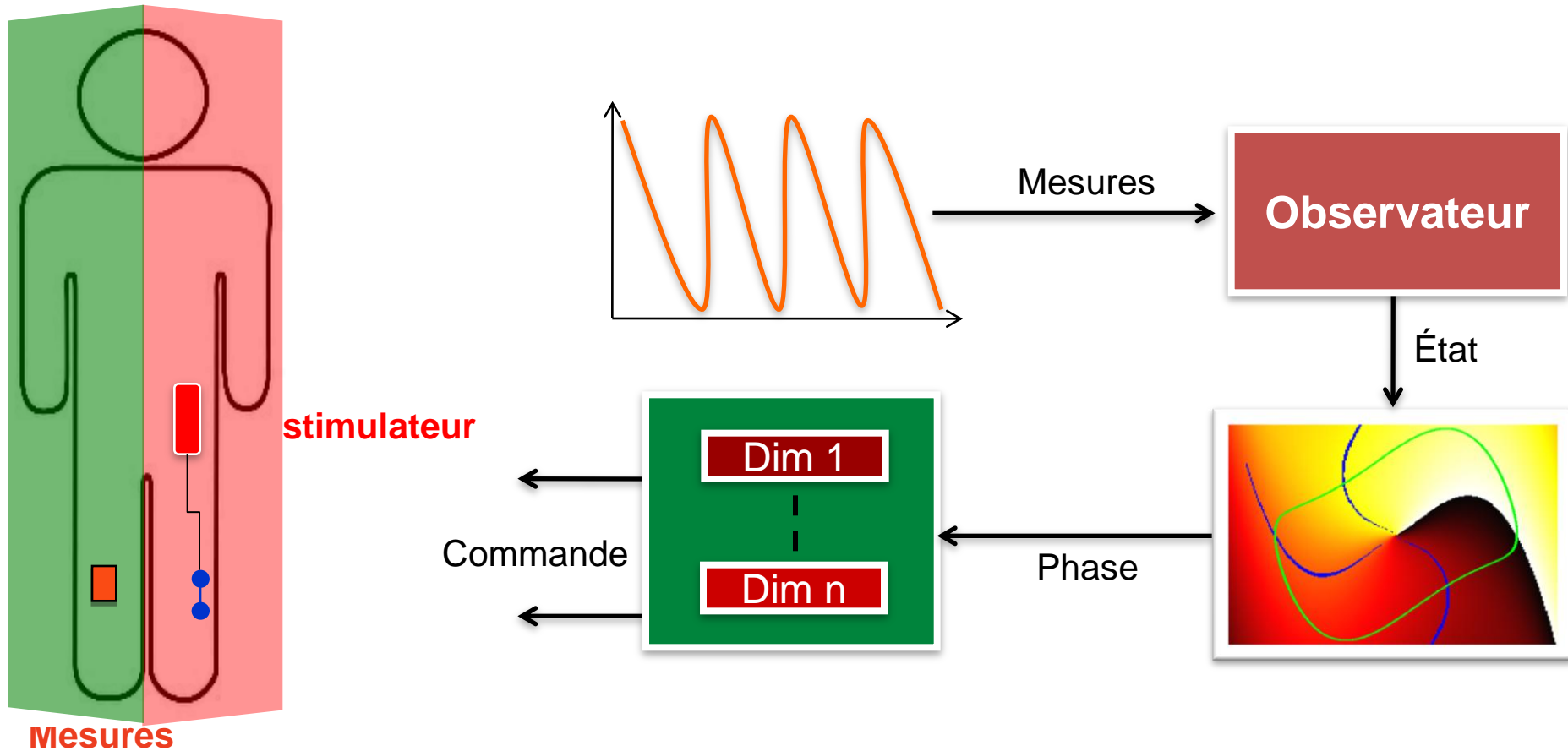
Approche originale :

- info continue sur le cycle de marche en cours
- observation de la jambe valide / déficiente ?
- patron d'activation du JA plus proche du naturel
- prise en compte a priori des contraintes cliniques



Application 2 – assistance à la marche de personnes hémiparétiques

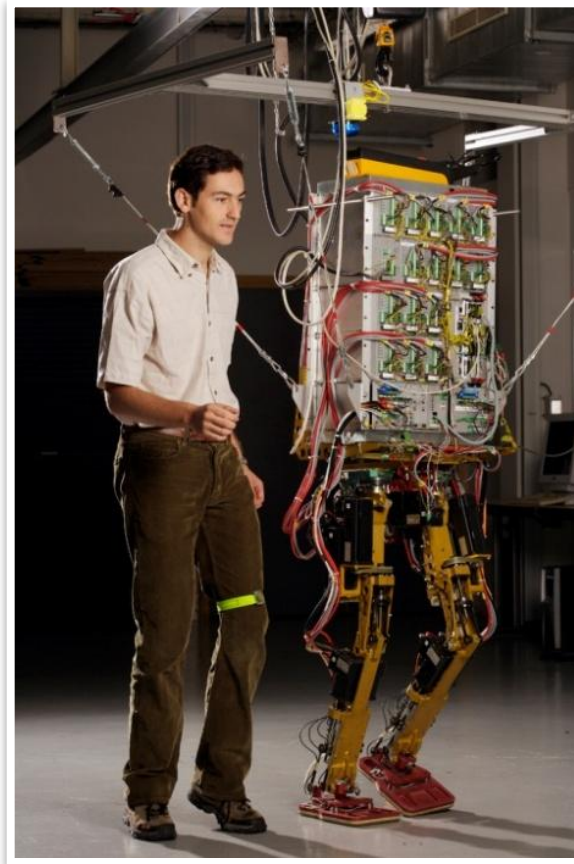
- Modélisation de la marche par un oscillateur non linéaire
- Construction d'un observateur du modèle



Rodolphe Héliot (INRIA/CEA LETI), Dominique David (CEA-LETI)

Application 2 – assistance à la marche de personnes hémiplégiques

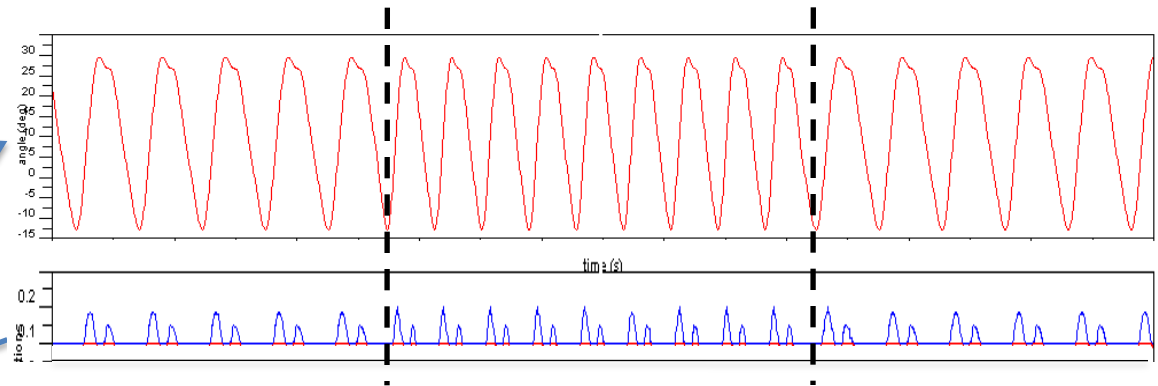
- Génération de trajectoire testée en temps réel sur le robot BIP



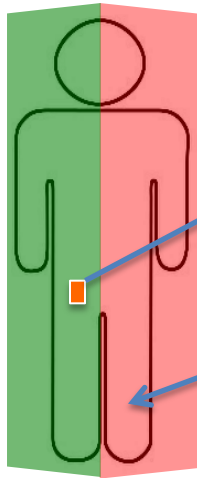
Rodolphe Héliot (INRIA/CEA LETI), Dominique David (CEA-LETI)

Application 2 – assistance à la marche de personnes hémiplégiques

Inclinaison cuisse sujet valide (mesure)



adaptation de profils d'activation (simulation)



Rodolphe Héliot (INRIA/CEA LETI), Dominique David (CEA-LETI)



Application 2 – assistance à la marche de personnes hémipariétiques

Setup expérimental

électrodes



stimulateur

IMU



WSN430

3 accéléromètres

3 gyromètres

3 accéléromètres

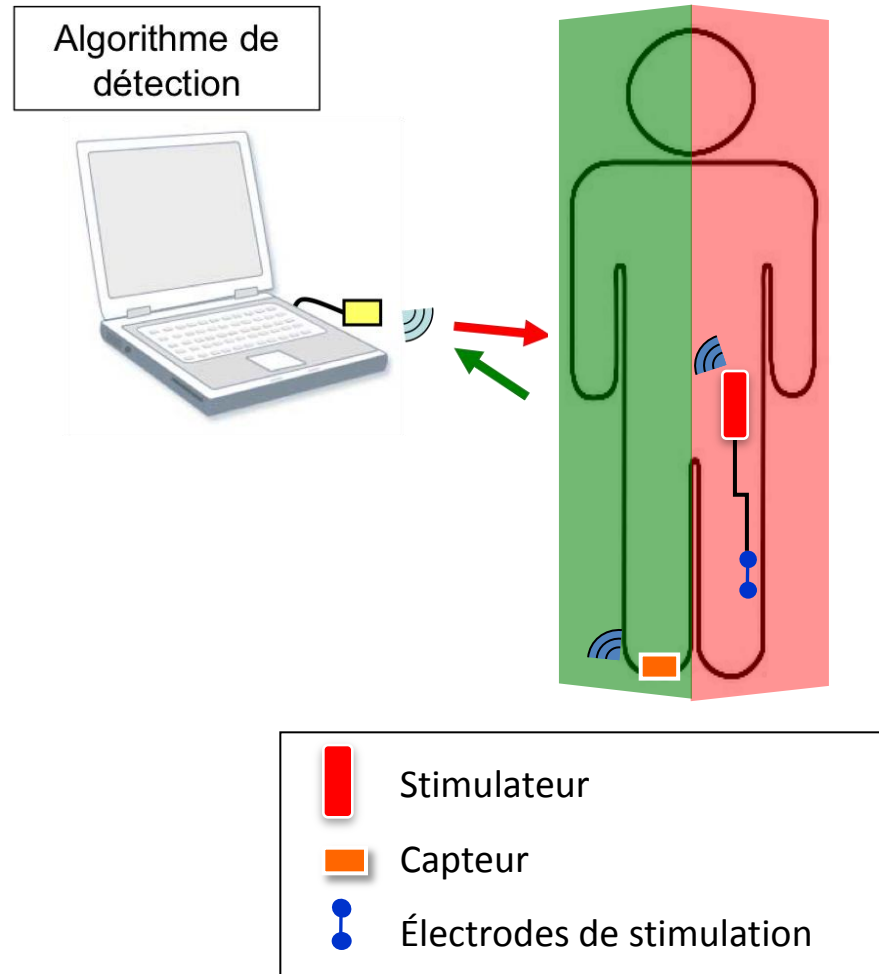
Autorisation CPP Nîmes / AFFSAPS – Juin 2010

2010 – Roger Pissard Gibollet, Jérôme Froger (CHU-Nîmes), Fabien Jammes



Application 2 – assistance à la marche de personnes hémipariées

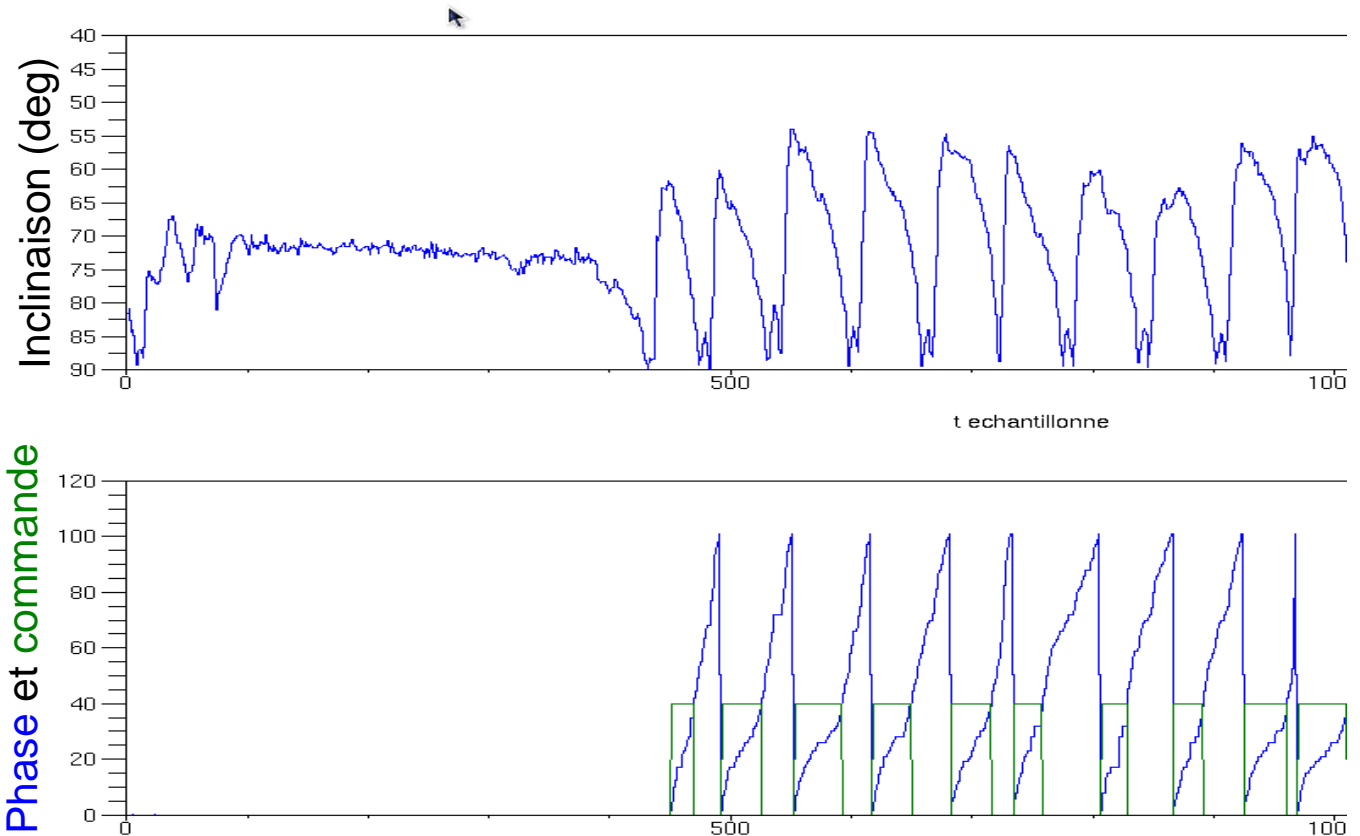
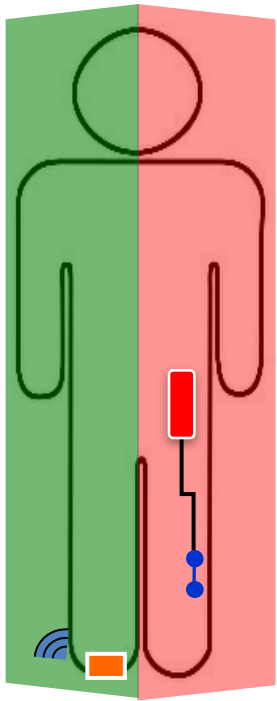
Setup expérimental



2010 – Roger Pissard Gibollet, Jérôme Froger (CHU-Nîmes), Fabien Jammes

Application 2 – assistance à la marche de personnes hémiplegiques

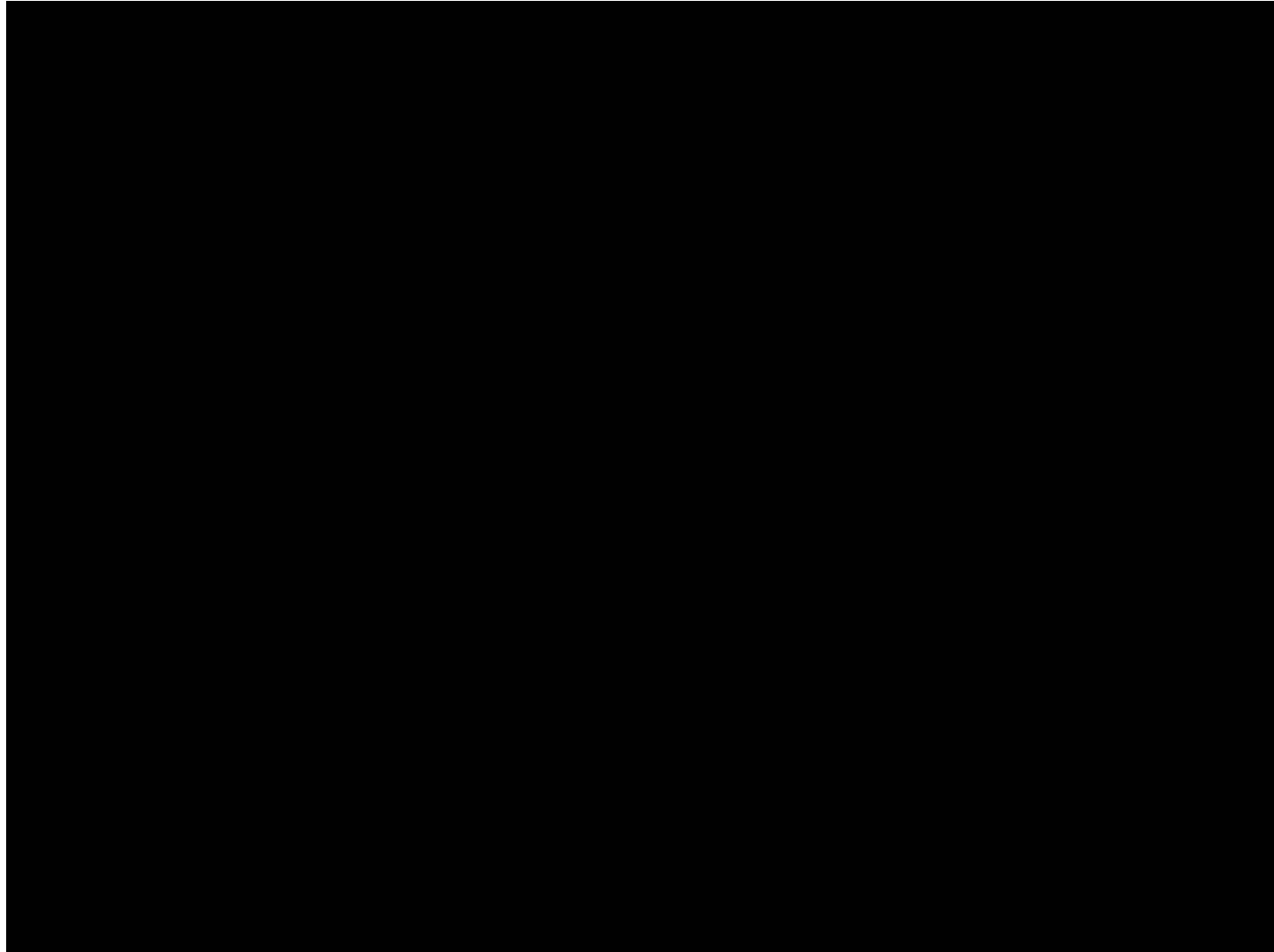
marche avec stimulation électrique déclenchée automatiquement. Sujet hémiplegique



2010 – Roger Pissard Gibollet, Jérôme Froger (CHU-Nîmes), Fabien Jammes



Application 2 – assistance à la marche de personnes hémipariétiques



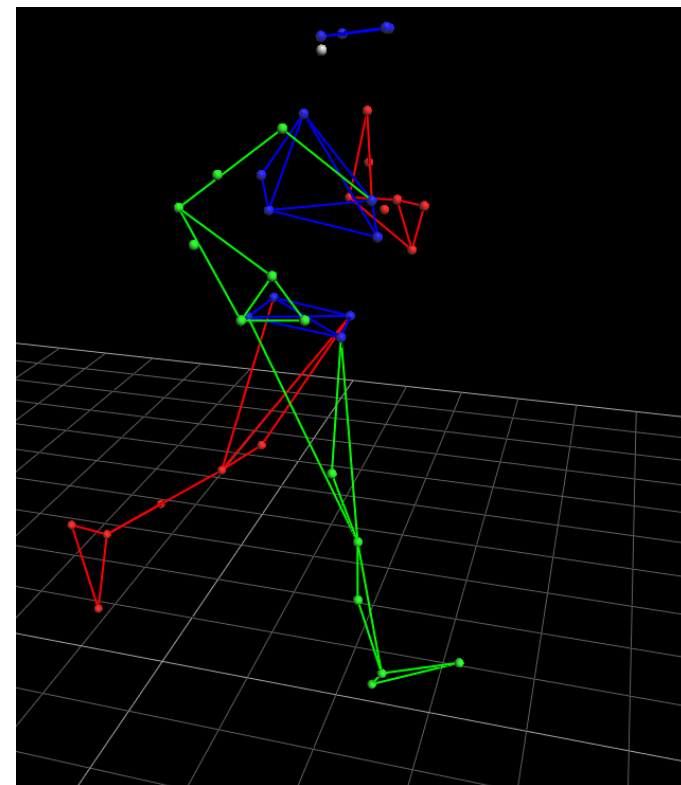
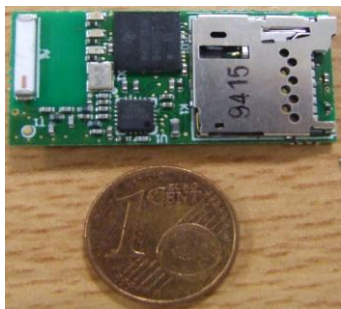
2010 – Roger Pissard Gibollet, Jérôme Froger (CHU-Nîmes), Fabien Jammes



Mouvement humain, sain, pathologique, sportif



Projet XTREMLOG



<http://www.inrialpes.fr/Xtremlog/>

ADT SENSAS (2010-2013)

2010 – Guillaume Chelius, Christophe Braillon, Roger Pissard Gibollet, Fabien Jammes, Maud Pasquier, Nicolas Horvais (SALOMON)



Projet XTREMLOG

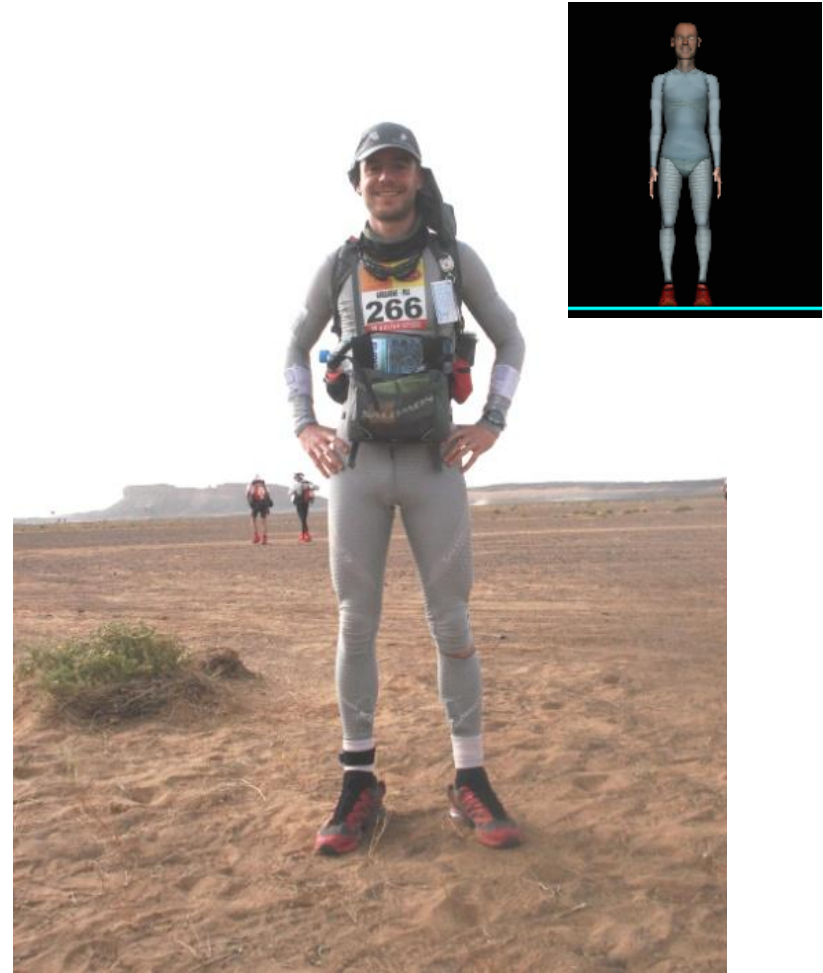
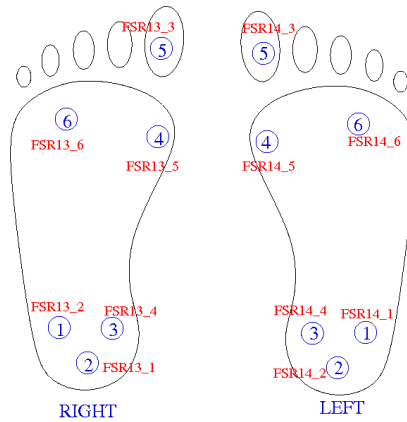
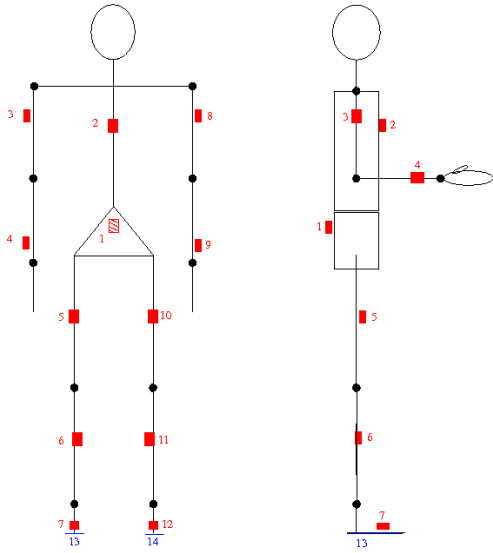
Marathon des sables – 6 étapes dans le désert marocain
 Ultramarathon – 250km



2010 – Guillaume Chelius, Christophe Brailon, Roger Pissard Gibollet, Fabien Jammes, Maud Pasquier



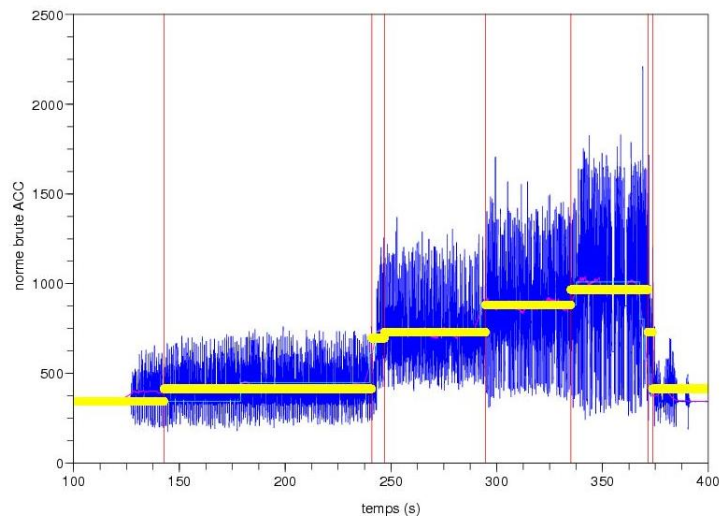
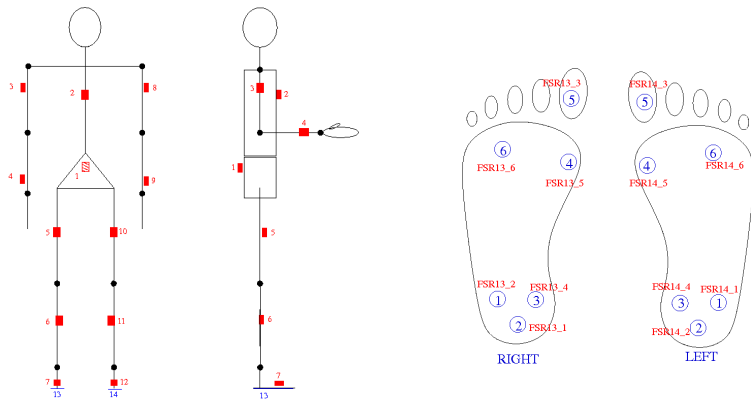
Projet XTREMLOG



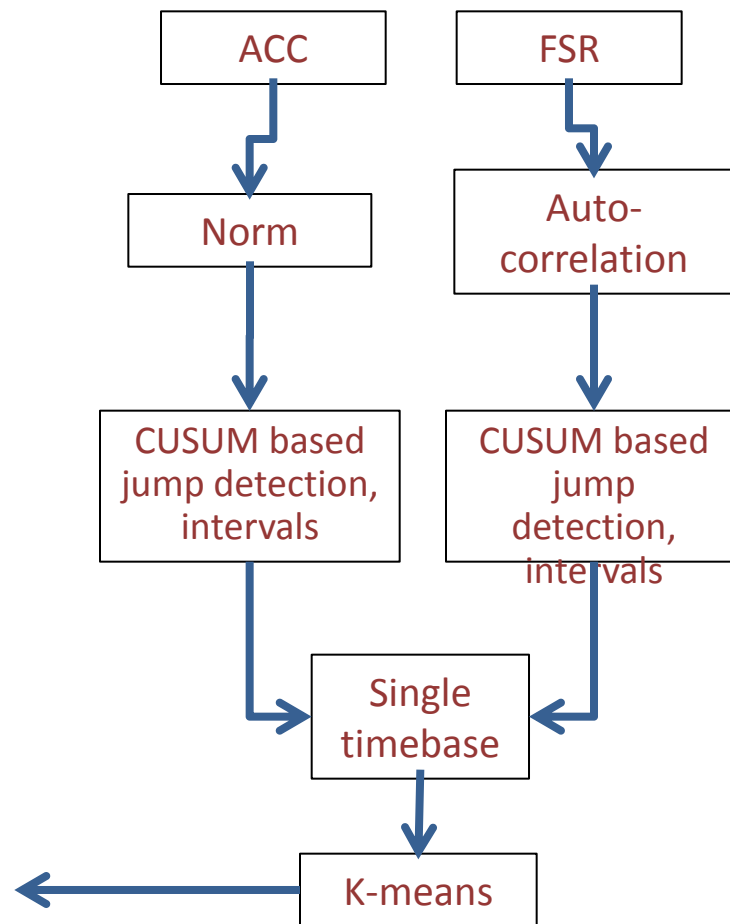
Analyse des données recueillies



Projet XTREMLOG

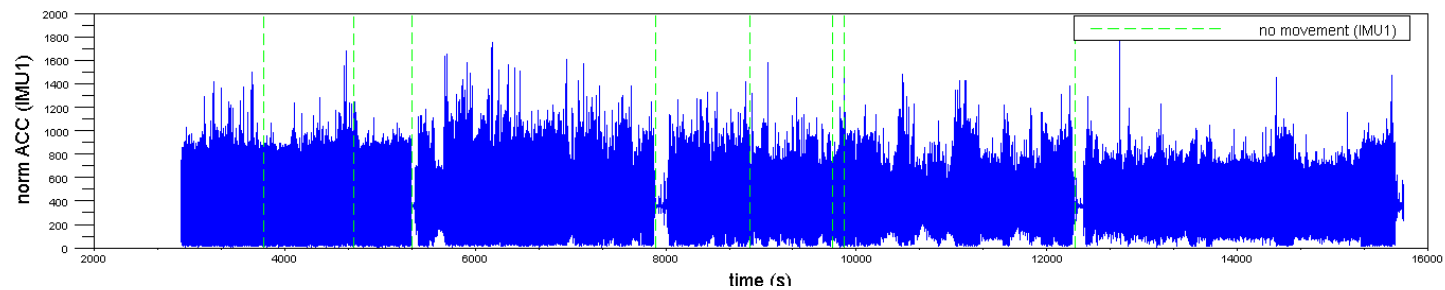
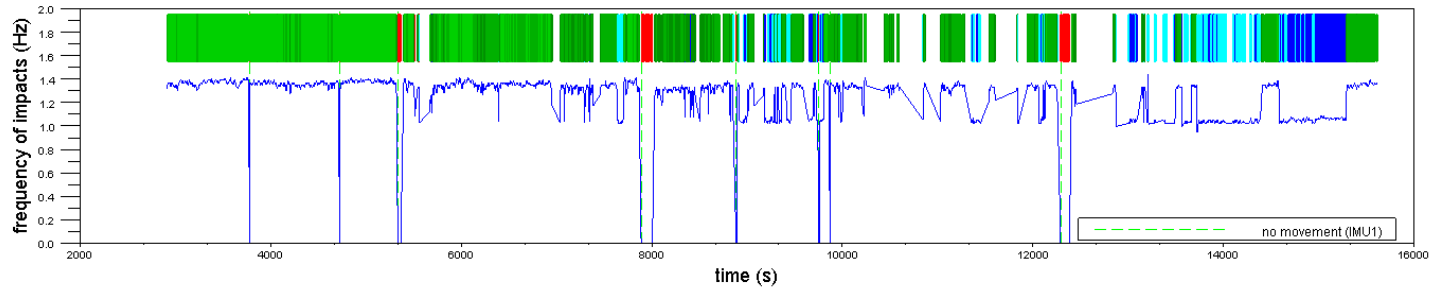
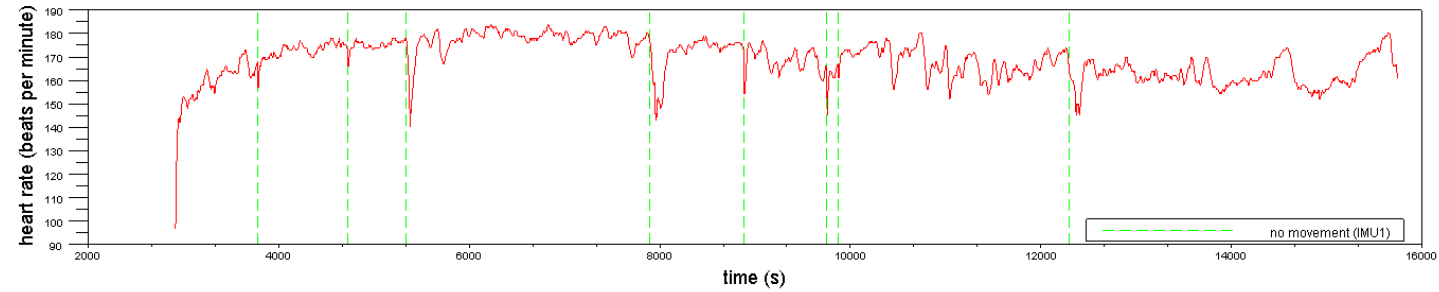


Segmentation des données



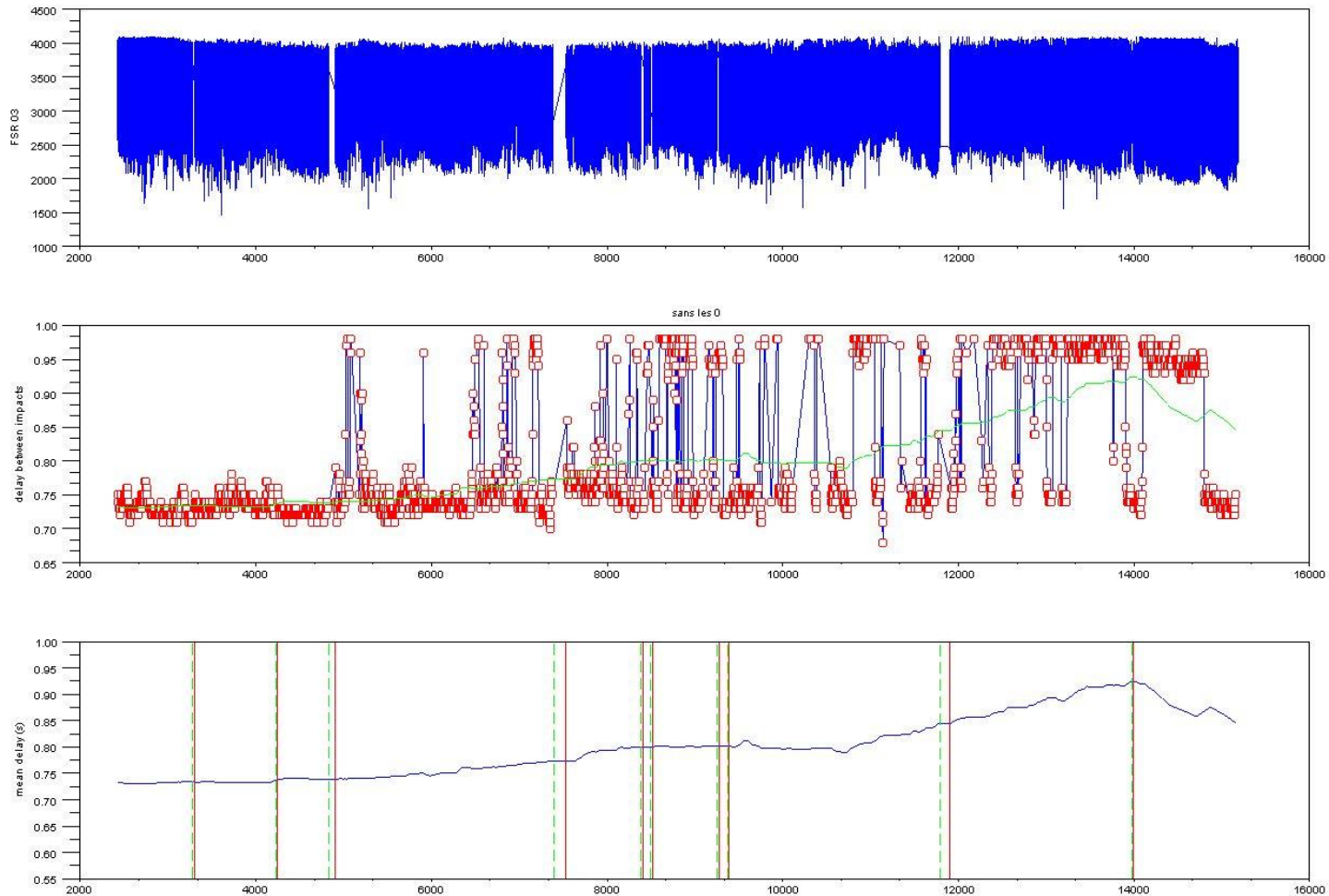
Analyse de mouvements sportifs

Segmentation et classification



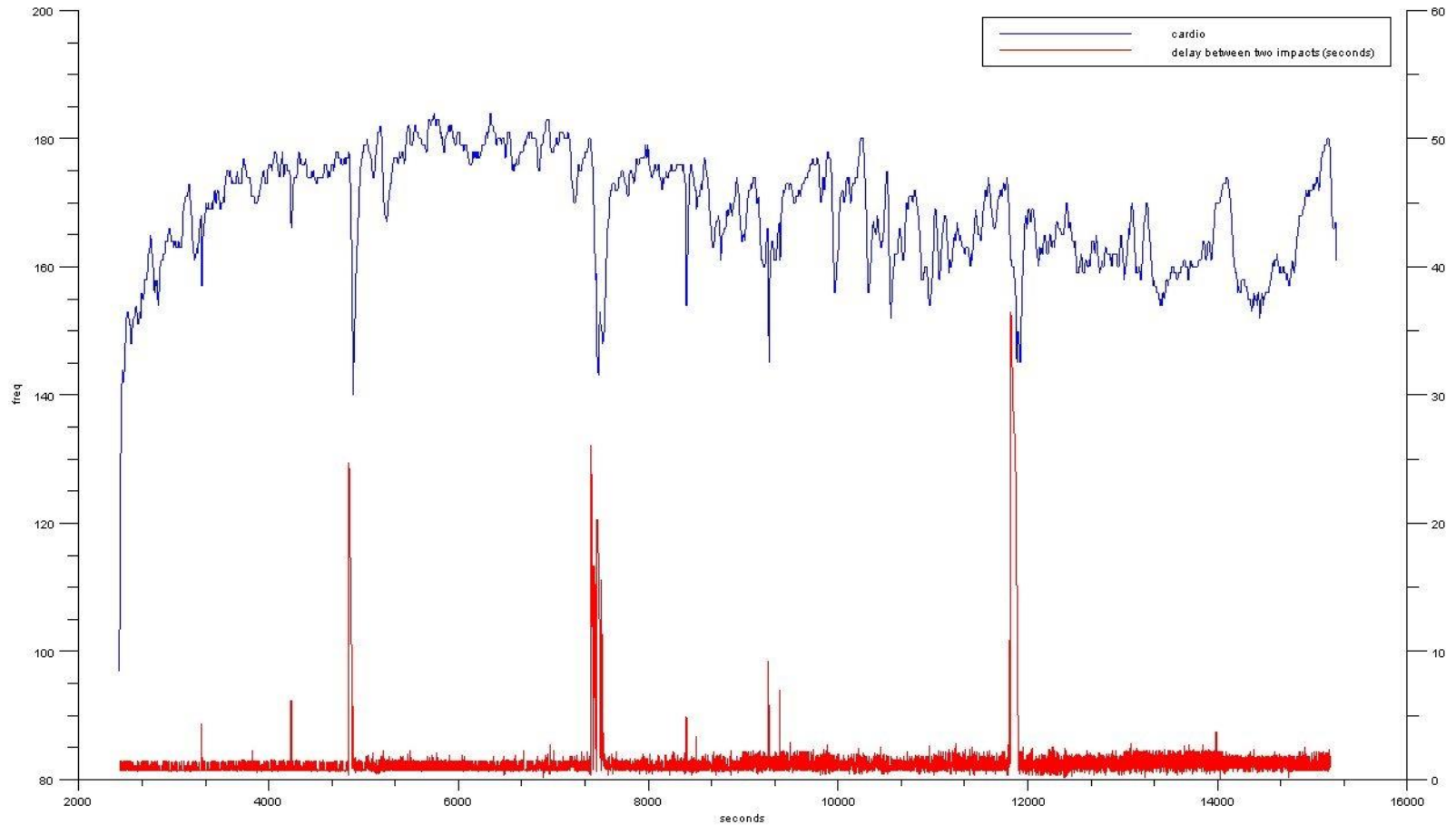
Analyse de mouvements sportifs

variation de la durée de la foulée



Analyse de mouvements sportifs

correspondance rythme cardiaque et période des pas



2010-... – Maud Pasquier



Détection du freezing chez le sujet parkinsonien

2011 – Christian Geny, Maud Pasquier



Détection du freezing chez le sujet parkinsonien

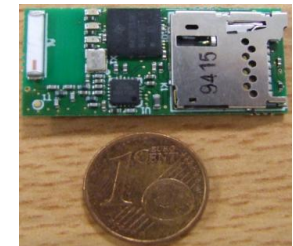
Sujet 1



Sujet 2



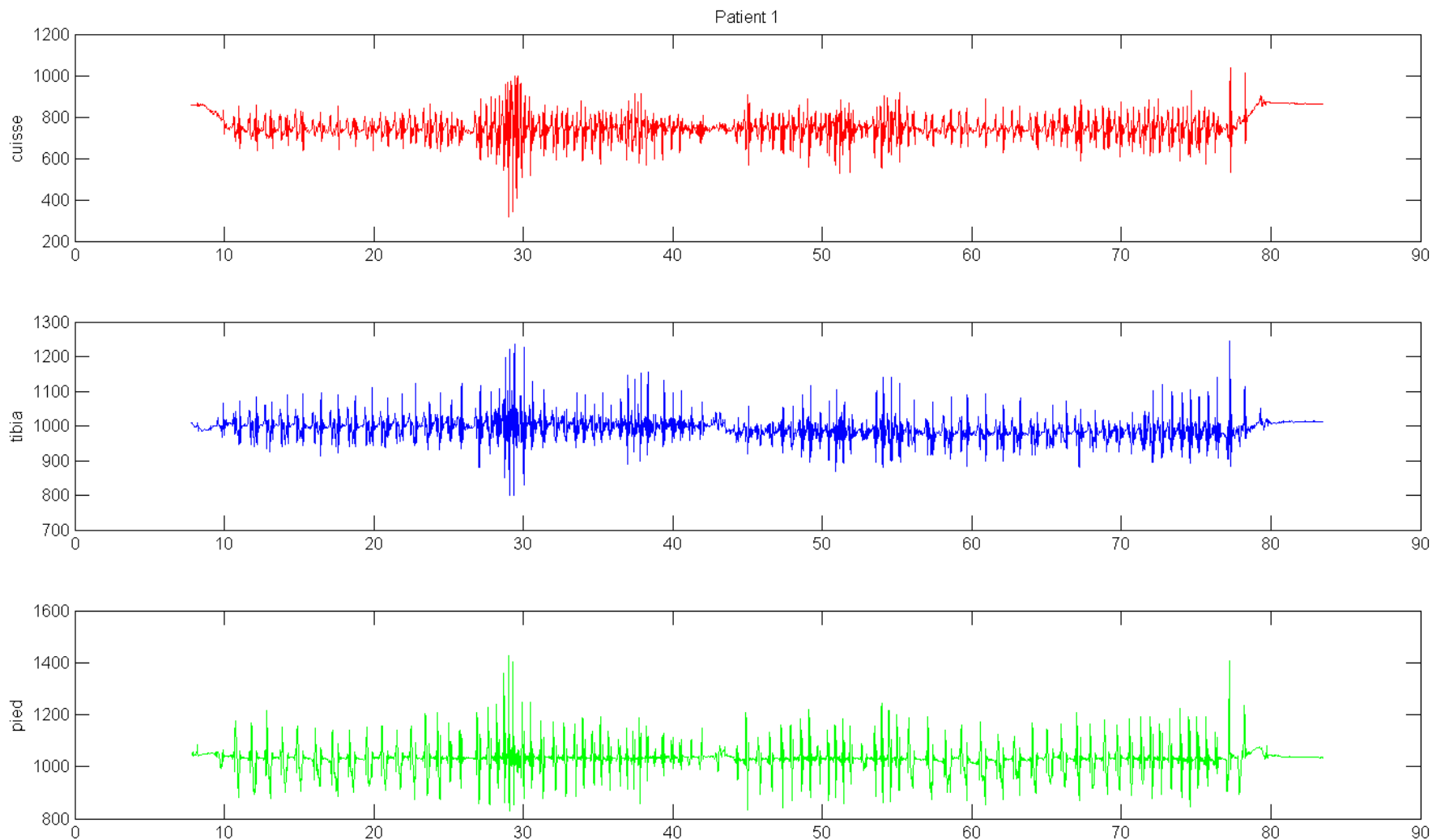
- zones rouges - priorité de détection maximale
- zones oranges - priorité de détection moyenne
- zones vertes - priorité de détection moindre



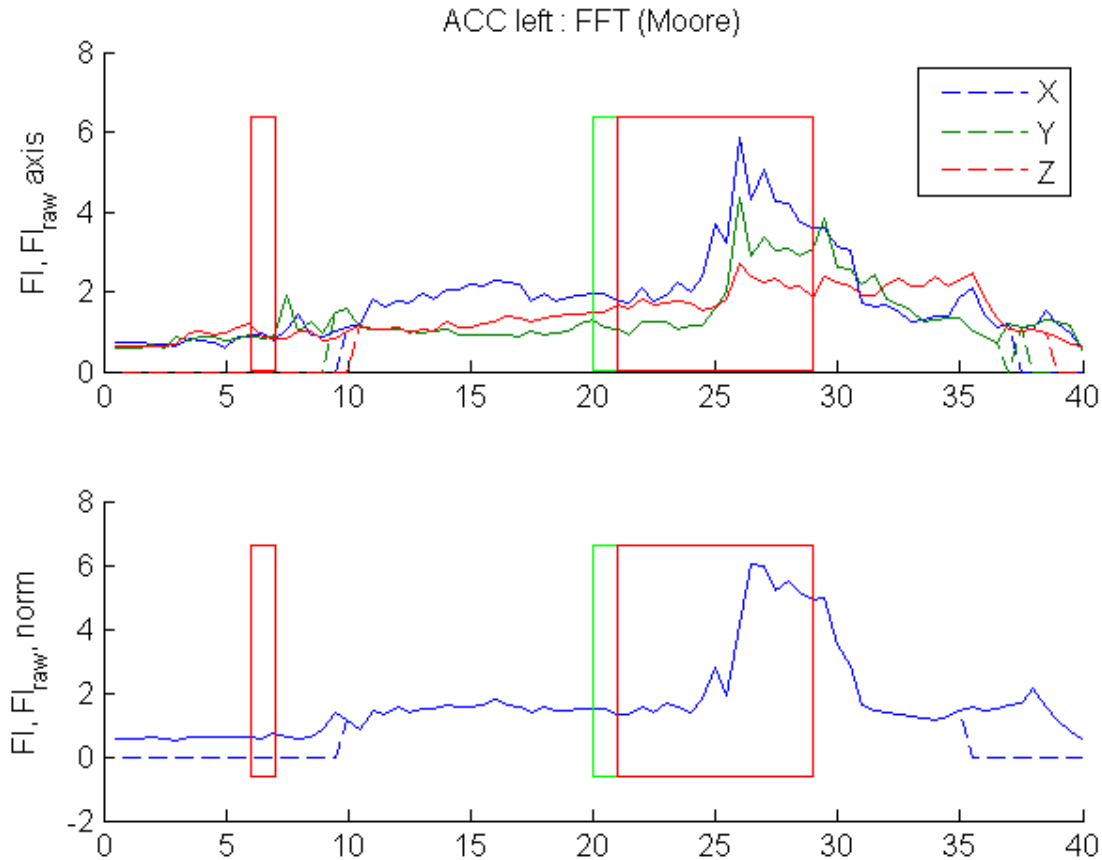
2 expressions du freezing : tremblement / blocage



Données Acc

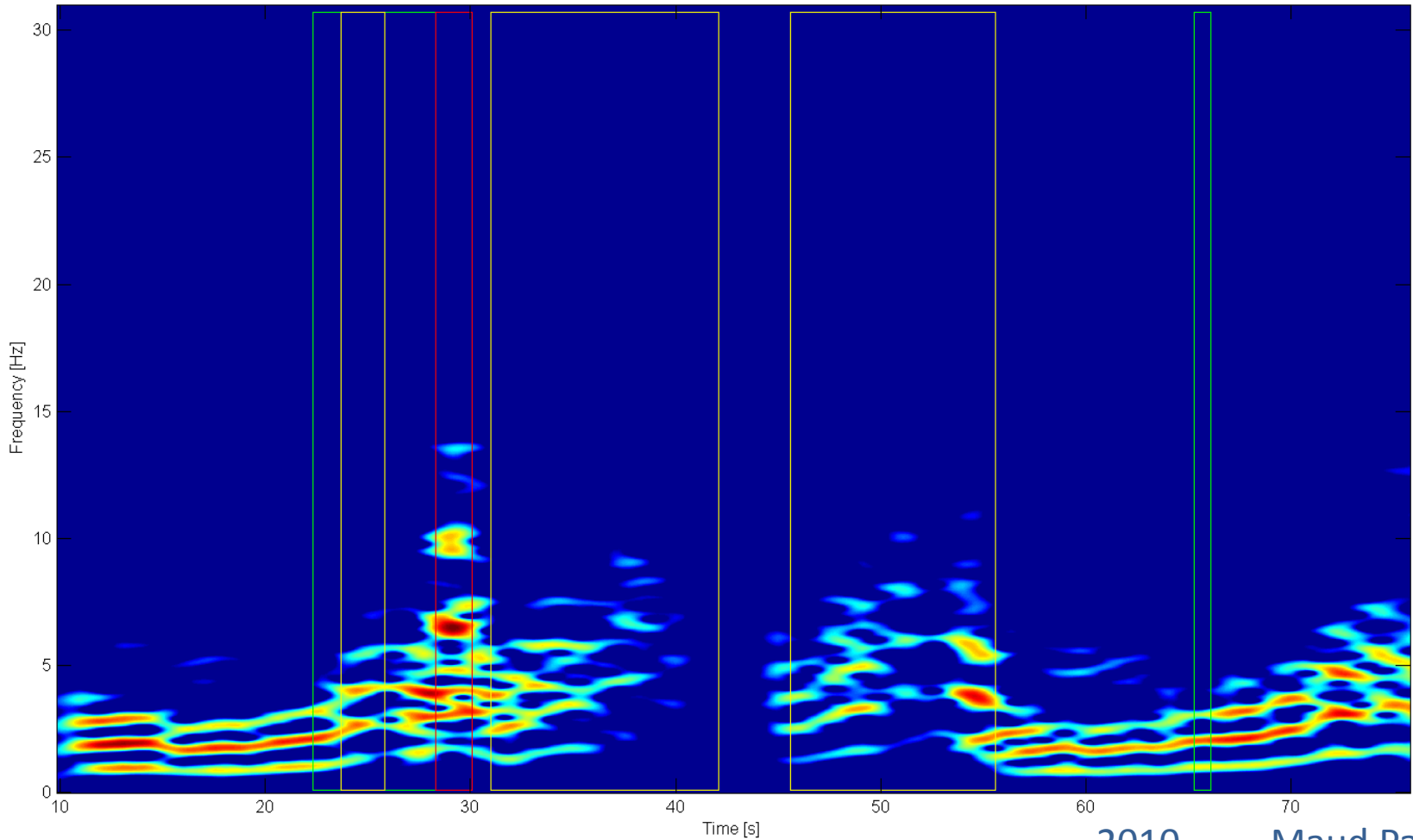


Détection du freezing chez le sujet parkinsonien



Détection du freezing chez le sujet parkinsonien

Temps-fréquence



2010-... – Maud Pasquier



Et après ?



Mouvement pathologique : analyse et assistance fonctionnelle

- marche hémiparalysée – intégration des algorithmes dans un stimulateur ambulateur
- marche « Parkinson » - détection anticipée du freezing et déclenchement d'un signal sonore ou stimulant.

Mouvement sportif :

- collaboration SALOMON
- collaboration avec la cellule R&D de la FFS

Start-up HikoB

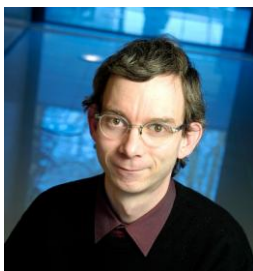
Marathon de Paris 2012

<http://www.inria.fr/actualite/le-saviez-vous/des-marathoniens-bardes-de-capteurs-espions>



Et les hommes alors ?

et les femmes !



Merci Bernard !

