

IFRATH

L'AMELIORATION DES FAUTEUILS ROULANTS
MANUELS .

**Fauteuil Roulant Ergomètre de Terrain II (FRET-2):
Description – Caractéristiques métrologiques -
Utilisation**

*COUETARD Yves , CHEZE Laurence , DESROCHES Guillaume ,
DUMAS Raphaël , PRADON Didier , SAURET Christophe ,
VASLIN Philippe*

S.A.C.R.- F.R.M.

Tâche n°2 : Mesures expérimentales en situation réelle avec le Fauteuil Roulant Ergomètre de Terrain (FRET)

Intervenants :

L. Belloir & Y. Couétard (TSR - Mérignac)

F. Lavaste, J. Bascou (LBM – ENSAM Paris)

Ph. Vaslin & Ch. Sauret (LIMOS – UBP - Clermont-Ferrand)

Tâche 2 : Mesures expérimentales avec le FRET-2

- Objectifs initialement assignés à la Tâche n°2 :
 - Sous-tâche n°1 : Conception et réalisation d'un nouveau fauteuil roulant instrumenté (FRET-2) ;
 - Sous-tâche n°2 : Mesures en situations réelles.
- Objectif complémentaire (Lyon, 17/01/08) :
 - « Quelle est l'influence des différents réglages du FRET-2 sur les paramètres biomécaniques mesurés ou calculés ? »
 - Sous-tâche n°3 : Stabilité antéro-postérieure du système {Sujet + FRM}.

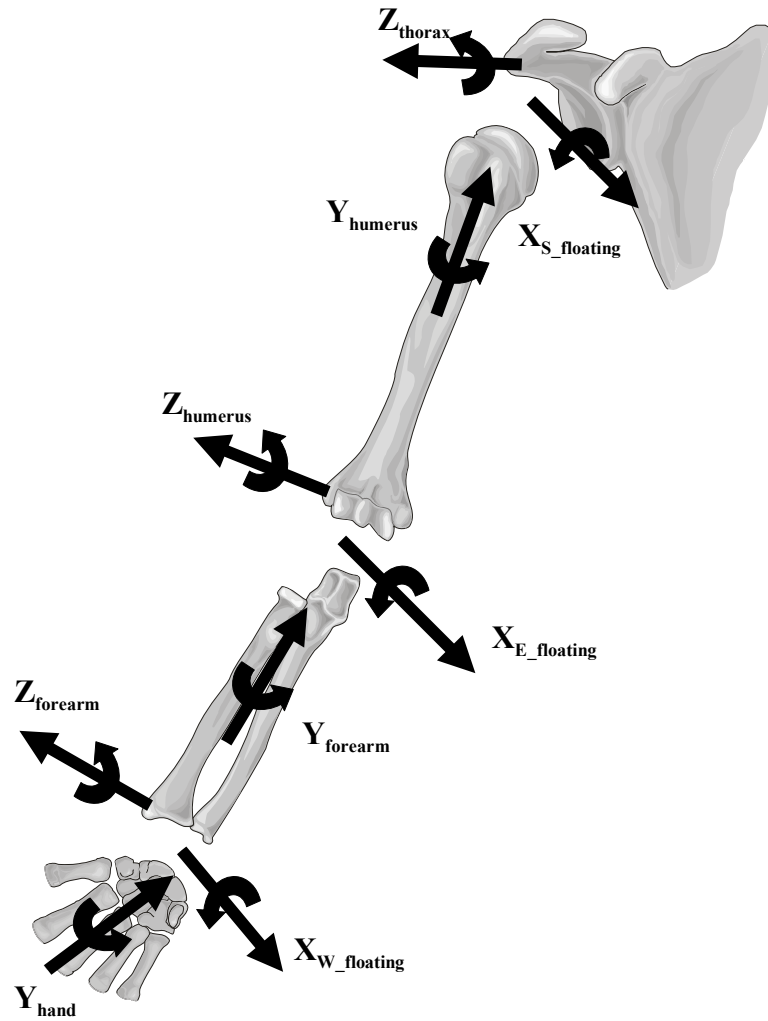
Sous-tâche 2-1 : Conception et réalisation du FRET-2

- Instrument de référence (FRET-1) :

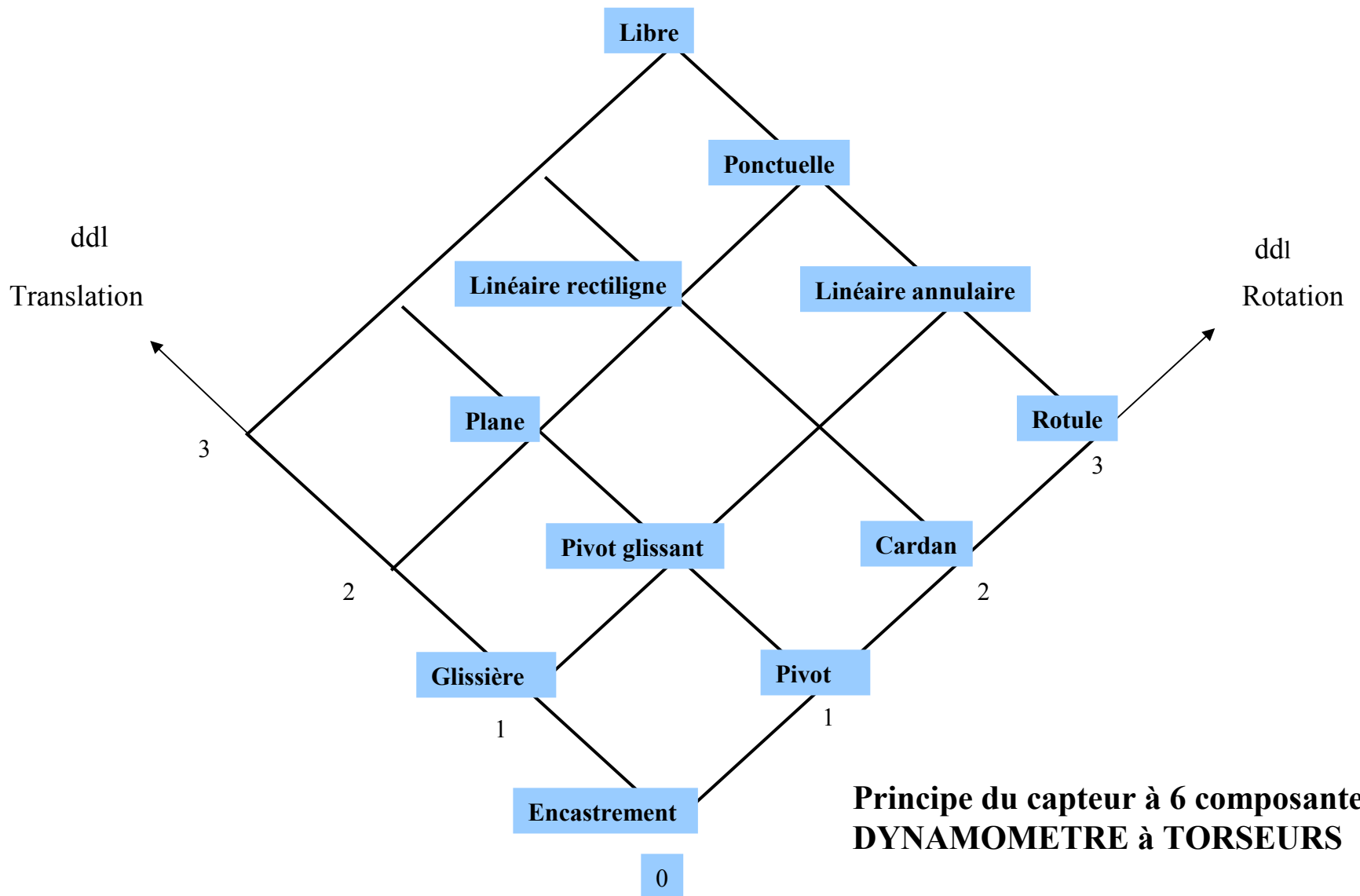


- Accéléromètre 3D ;
- 2 roues dynamométriques ;
- 2 potentiomètres angulaires ;
- Plate-forme six composantes sous le siège ;
- Mini-ordinateur embarqué ;
- Transmission sans fil ;
- Acquisition à distance ;
- Traitement des signaux en différé.

MODELISATION DES LIAISONS

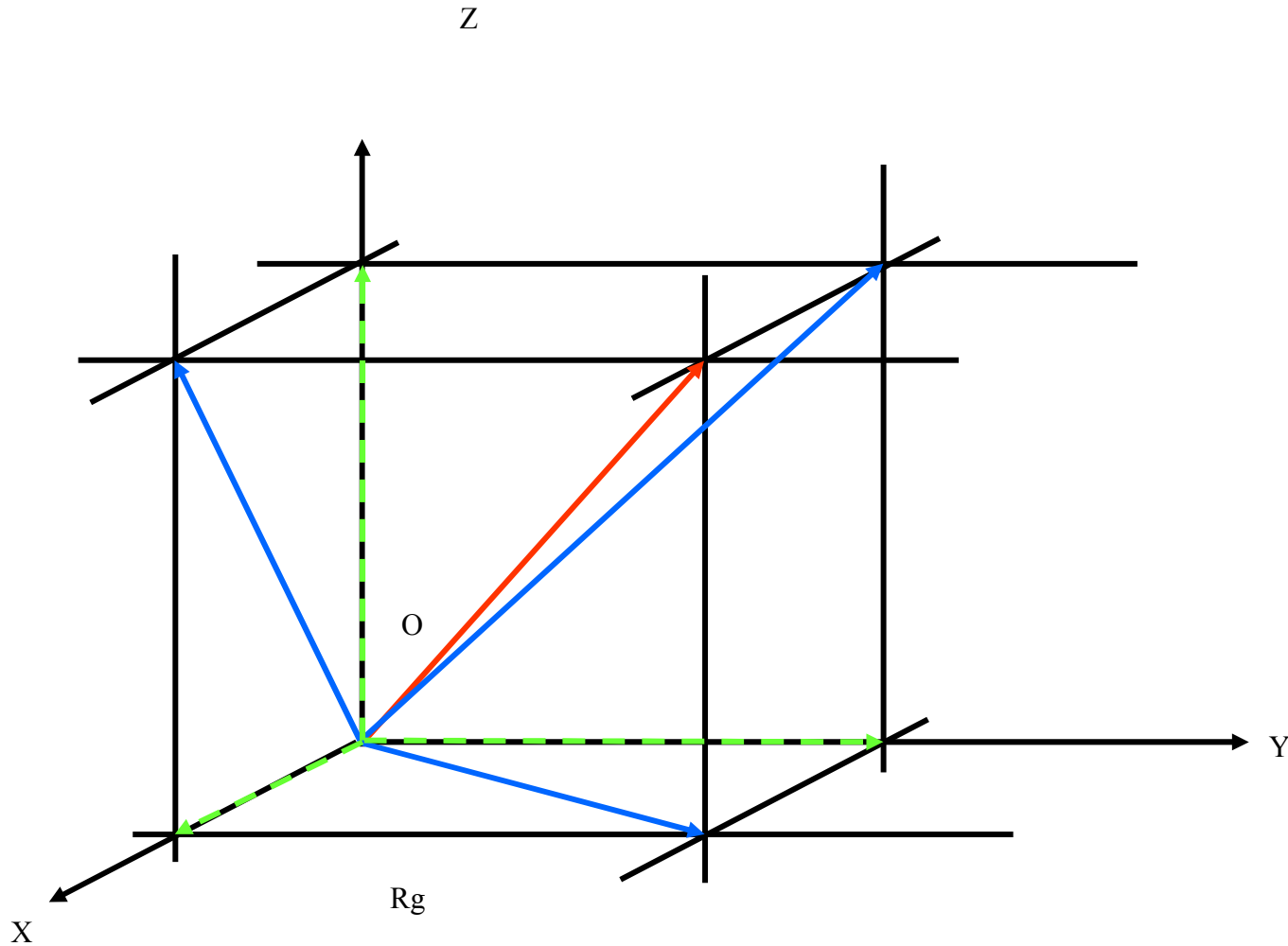


MODELISATION DES LIAISONS



**Principe du capteur à 6 composantes :
DYNAMOMETRE à TORSEURS**

Projections d'un vecteur de l'espace sur 3 axes : 3 composantes

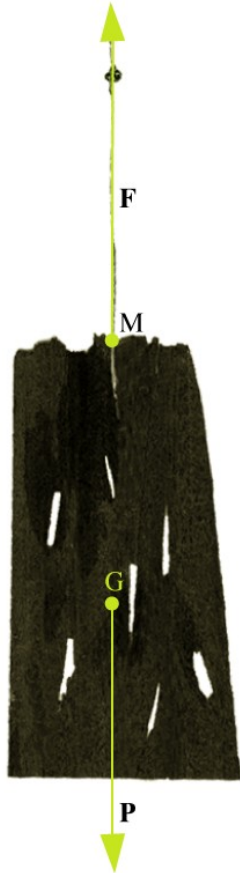


- Vecteur rotation
- Vecteur translation
- Vecteur force
- Vecteur moment

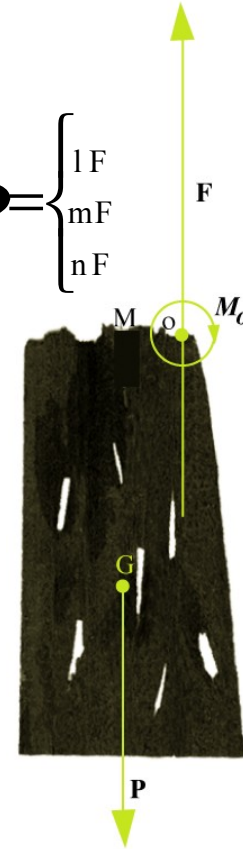
Situation d'équilibre

Système équivalent

$$\begin{matrix} \mathcal{f}_{S \rightarrow C} \\ \mathcal{M} \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} \mathcal{R} \\ \mathcal{M} \end{matrix} \right\} \begin{matrix} \left\{ \begin{matrix} aF \\ bF \\ cF \end{matrix} \right\} \\ \left\{ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \right\} \end{matrix}$$

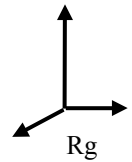


$$\begin{matrix} \mathcal{f}_{S \rightarrow C} \\ \mathcal{O} \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} \mathcal{R} \\ \mathcal{M} \end{matrix} \right\} = \begin{matrix} \left\{ \begin{matrix} aF \\ bF \\ cF \end{matrix} \right\} \\ \left\{ \begin{matrix} lF \\ mF \\ nF \end{matrix} \right\} \end{matrix}$$



$$\begin{matrix} \mathcal{f}_{T \rightarrow C} \\ \mathcal{G} \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} \mathcal{R} \\ \mathcal{M} \end{matrix} \right\} \begin{matrix} \left\{ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ -mg \end{matrix} \right\} \\ \left\{ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \right\} \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \mathcal{f}_{T \rightarrow C} \\ \mathcal{G} \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} \mathcal{R} \\ \mathcal{M} \end{matrix} \right\} \begin{matrix} \left\{ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ -mg \end{matrix} \right\} \\ \left\{ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \right\} \end{matrix}$$



L'amélioration des FRM

8

Capteurs unidirectionnels

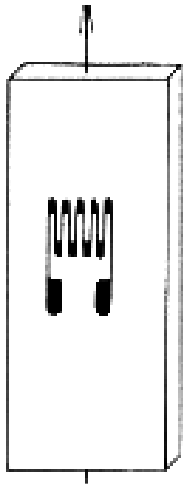


fig. 1

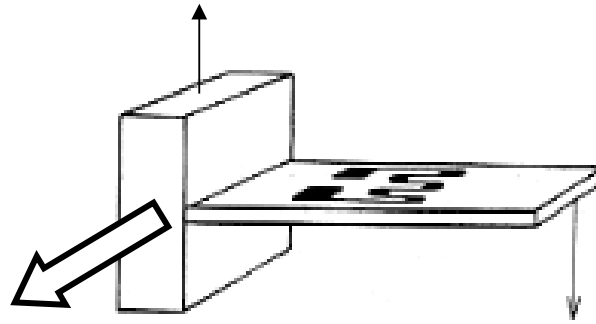
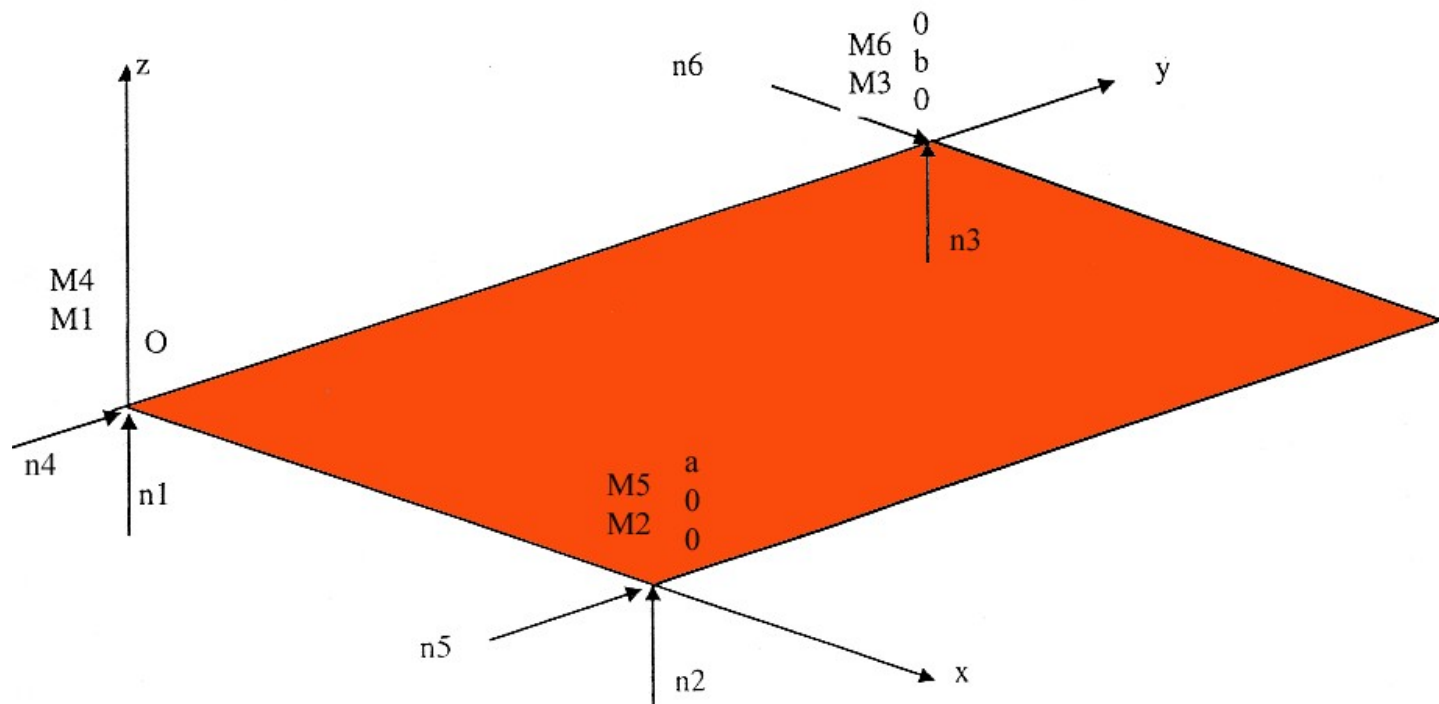


fig. 5

Principe du capteur à 6 composantes : DYNAMOMETRE à TORSEURS



Exemple :
6 liaisons type «ponctuelle»

$$\mathcal{f}_{i \rightarrow T} \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{R}_i \\ \mathbf{M}_{i_{M_i}} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} a_i F_i \\ b_i F_i \\ c_i F_i \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right.$$

$$\text{en } 0 \quad \mathcal{f}_{S \rightarrow T} \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{R}_i \\ \mathbf{M}_{i_0} = \mathbf{M}_{i_{M_i}} + \overrightarrow{0M_i} \wedge \mathbf{R}_i \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} a_i F_i \\ b_i F_i \\ c_i F_i \\ l_i F_i \\ m_i F_i \\ n_i F_i \end{array} \right.$$

Principe du capteur : Equations d'équilibre isostatique

Problème de Statique :

$$\left\{ \begin{array}{l} a_1 F_1 + a_2 F_2 + a_3 F_3 + a_4 F_4 + a_5 F_5 + a_6 F_6 + X = 0 \\ b_1 F_1 + \dots \\ \cdot \\ \cdot \\ m_1 F_1 + \dots + m_6 F_6 + N = 0 \end{array} \right. \Leftrightarrow [A] \times [F_i] + [T] = [0]$$

On calcule les « F_i » en connaissant le torseur et les liaisons, donc $[A]$: $[F_i] = [A]^{-1} \times [T]$

Principe du capteur : Equations d'équilibre isostatique

Problème de Statique :

$$\left\{ \begin{array}{l} a_1 F_1 + a_2 F_2 + a_3 F_3 + a_4 F_4 + a_5 F_5 + a_6 F_6 + X = 0 \\ b_1 F_1 + \dots \\ \cdot \\ \cdot \\ m_1 F_1 + \dots + m_6 F_6 + N = 0 \end{array} \right. \Leftrightarrow [A] \times [F_i] + [T] = [0]$$

On calcule les « F_i » en connaissant le torseur et les liaisons, donc $[A]$: $[F_i] = [A]^{-1} \times [T]$

Problème de Métrologie :

$$\left| \begin{array}{l} a'_1 S_1 + a'_2 S_2 + a'_3 S_3 + a'_4 S_4 + a'_5 S_5 + a'_6 S_6 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ m'_1 S_1 + \dots + m'_6 S_6 \end{array} \right| = \left| \begin{array}{l} T \end{array} \right| \Leftrightarrow [A'] \times [S] = [T]$$

Sous-tâche 2-1 : Conception et réalisation du FRET-2

- Sous-tâche n°1 : Conception et réalisation d'un nouveau fauteuil roulant instrumenté (FRET-2)
 - Instrument de référence : FRET-1 (LIMOS) ;
 - Cahier des charges du FRET-2 (CERAH Créteil) ;
 - Plans et construction du FRET-2 (TSR) ;
 - Électronique de mesure (NI-6218 – MTi X-sens) ;
 - Acquisition & Transmission des signaux (Info-Systel) ;
 - Étalonnage des dynamomètres à six composantes ;
 - Traitement des données (LIMOS).

Sous-tâche 2-1 : Conception et réalisation du FRET-2

- Cahier des charges (CERAH Créteil, 10/05/07) :

Eléments réglables	FRET-1	FRET-2
Roues arrière	Avancée / Recul : + 1,5 / - 3 cm Pincement / Carrossage : Néant	Avancée / Recul : \pm 5 cm Carrossage : 0 - 4° Pincement : nul (limiter le freinage)
Roulettes avant	Hauteur : 7 positions Diamètre : 14 cm	Prévoir la possibilité de monter des roues de diamètres différents
Assise	Largeur : 40 cm (fixe) Hauteur : 2 positions Inclinaison : 0° (horizontal)	Largeur : 32 - 46 cm (continu) Hauteur : fonction du réglage des roues arrière Inclinaison/verticale : -5/+ 30° (pas = 5°)
Dossier	Largeur : 40 cm (fixe) Hauteur : 30 cm (fixe)	Hauteur : 25 cm (Réglage : 25 à 50 cm) Inclinaison : 0 - 5°
Potence / Palette	Fixe	Prévoir un réglage en hauteur

Sous-tâche 2-1 : Conception et réalisation du FRET-2

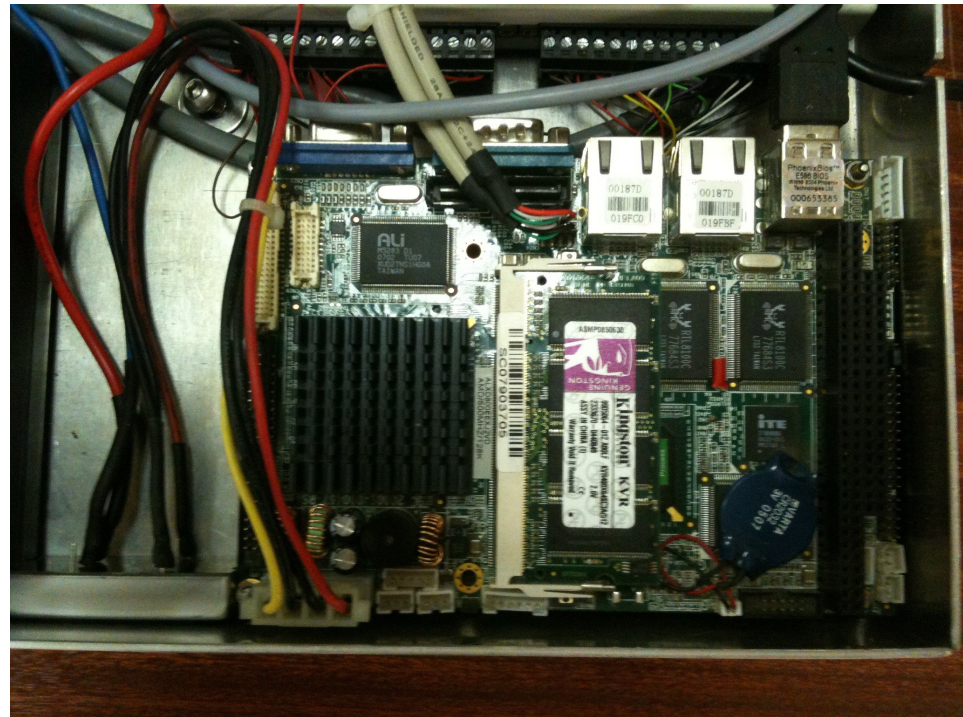
Voies de mesures

Capteurs	FRET-1	FRET-2
Dynamomètres 6 d.d.l. :		
- Roue D	6	6
- Roue G	6	6
- Assise	6	6
- Dossier	-	6
- Repose-pieds	-	6
Capteurs de rotation	2 x 1	2 x 1
Capteurs main courante	-	-
Accéléromètre 3D	3	-
Centrale inertielle 6 d.d.l	-	(9)
Total (max = 32)	23	32 + 9

Sous-tâche 2-1 : Conception et réalisation du FRET-2

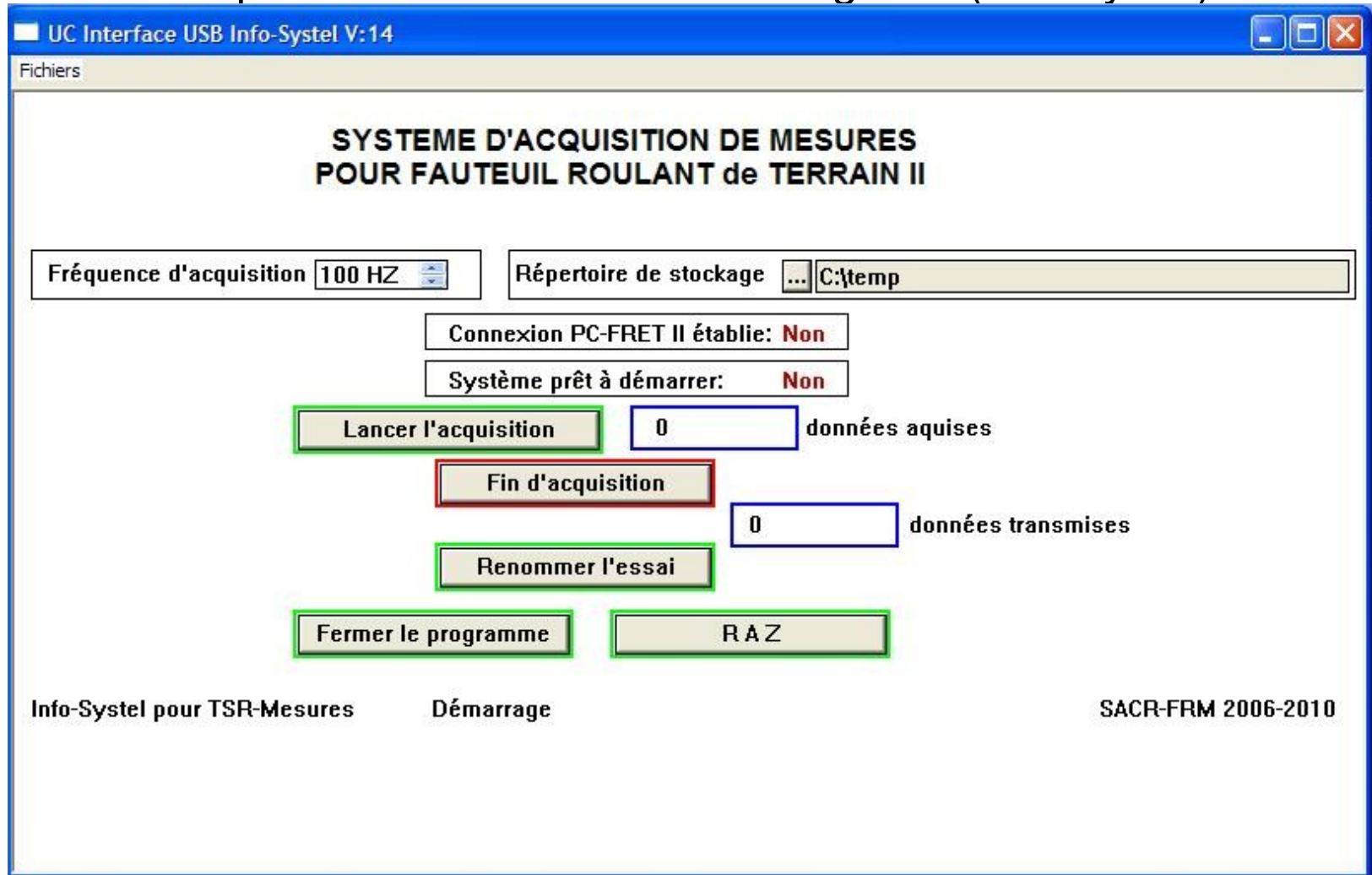
- Électronique de mesure (NI + X-Sens) :

- Centrale inertielle
- Boîtier d'acquisition
- Ordinateur embarqué

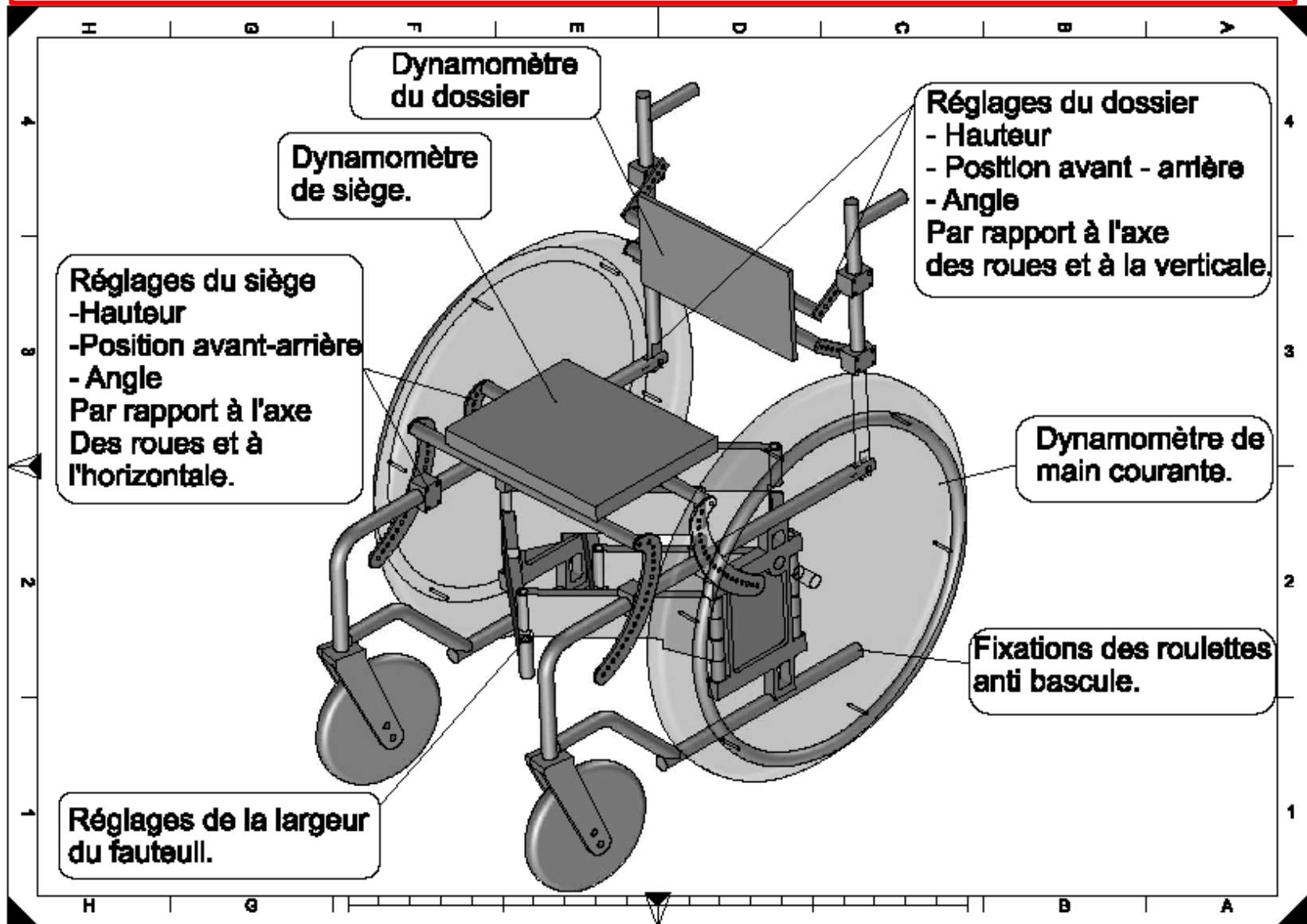


Sous-tâche 2-1 : Conception et réalisation du FRET-2

- Acquisition et transmission des signaux (Info-Systel) :



Sous-tâche 2-1 : Conception et réalisation du FRET-2



Dossier réglable

Dynamomètre à six composantes

Dynamomètre à six composantes

Centrale inertielle 6 d.d.l.

PC embarqué (liaison WiFi)

Largeur réglable

Potentiomètre angulaire

Hauteur et empattement réglables

Dynamomètre à six composantes

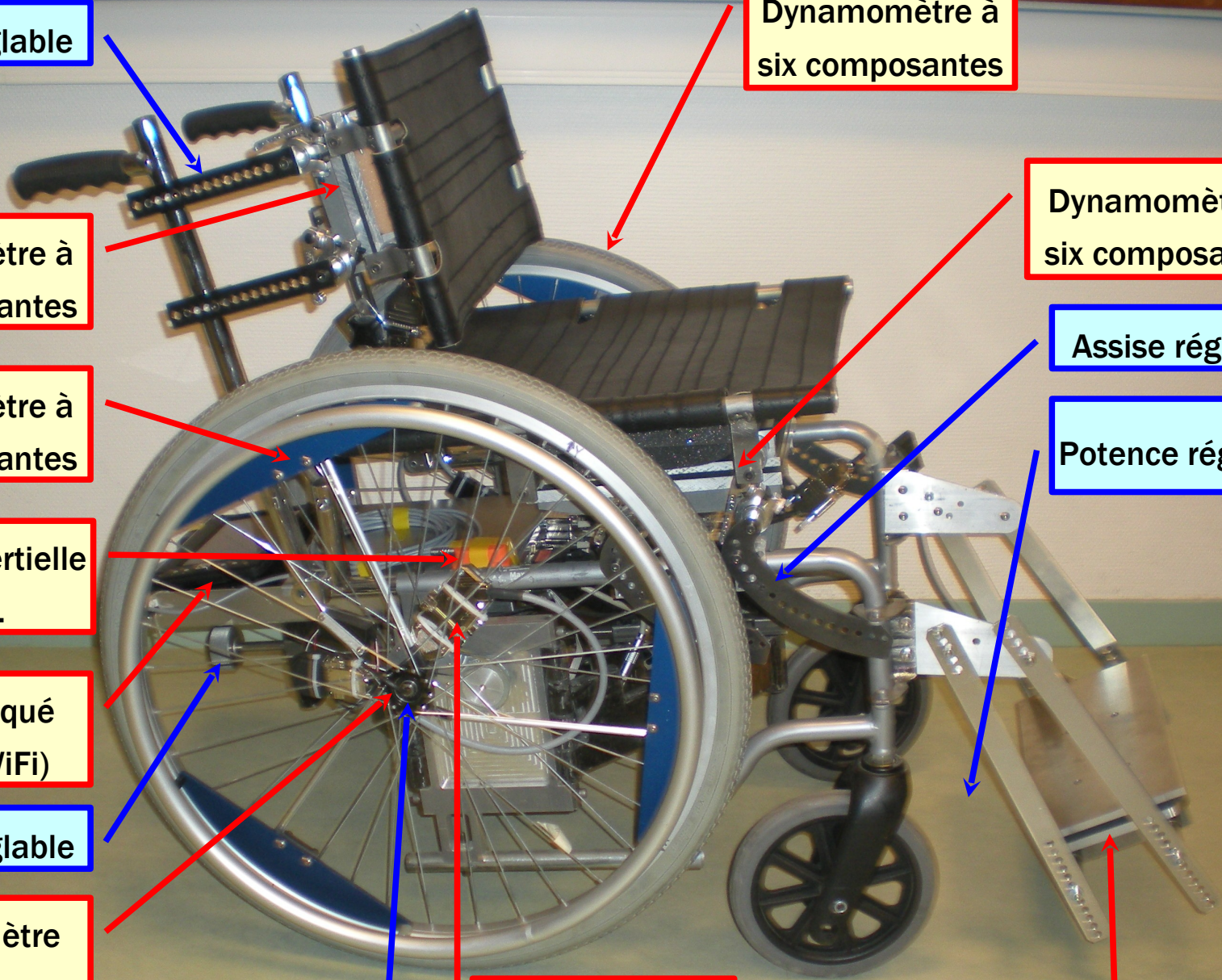
Dynamomètre à six composantes

Assise réglable

Potence réglable

Conditionneur amplificateur

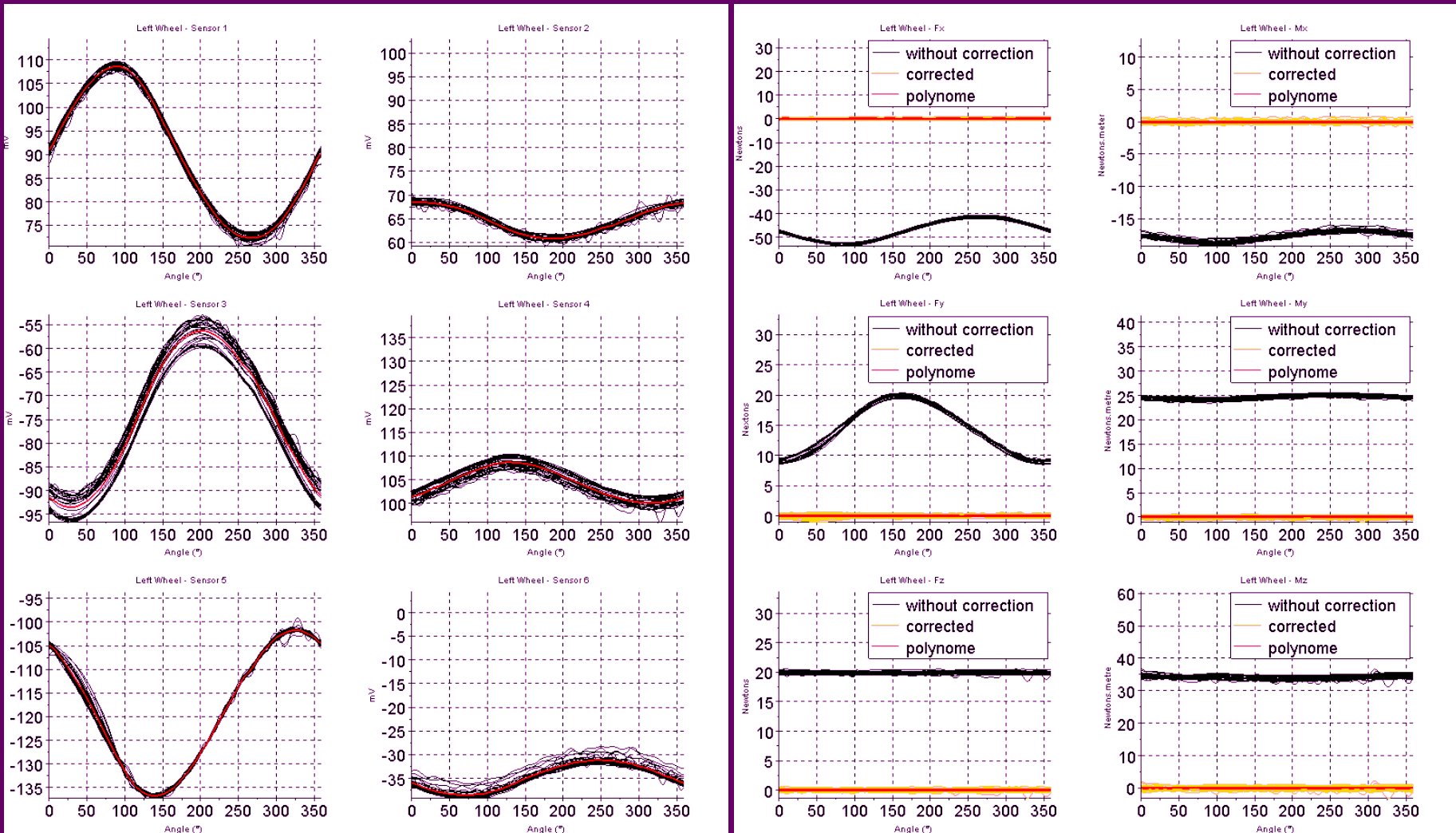
Dynamomètre à six composantes





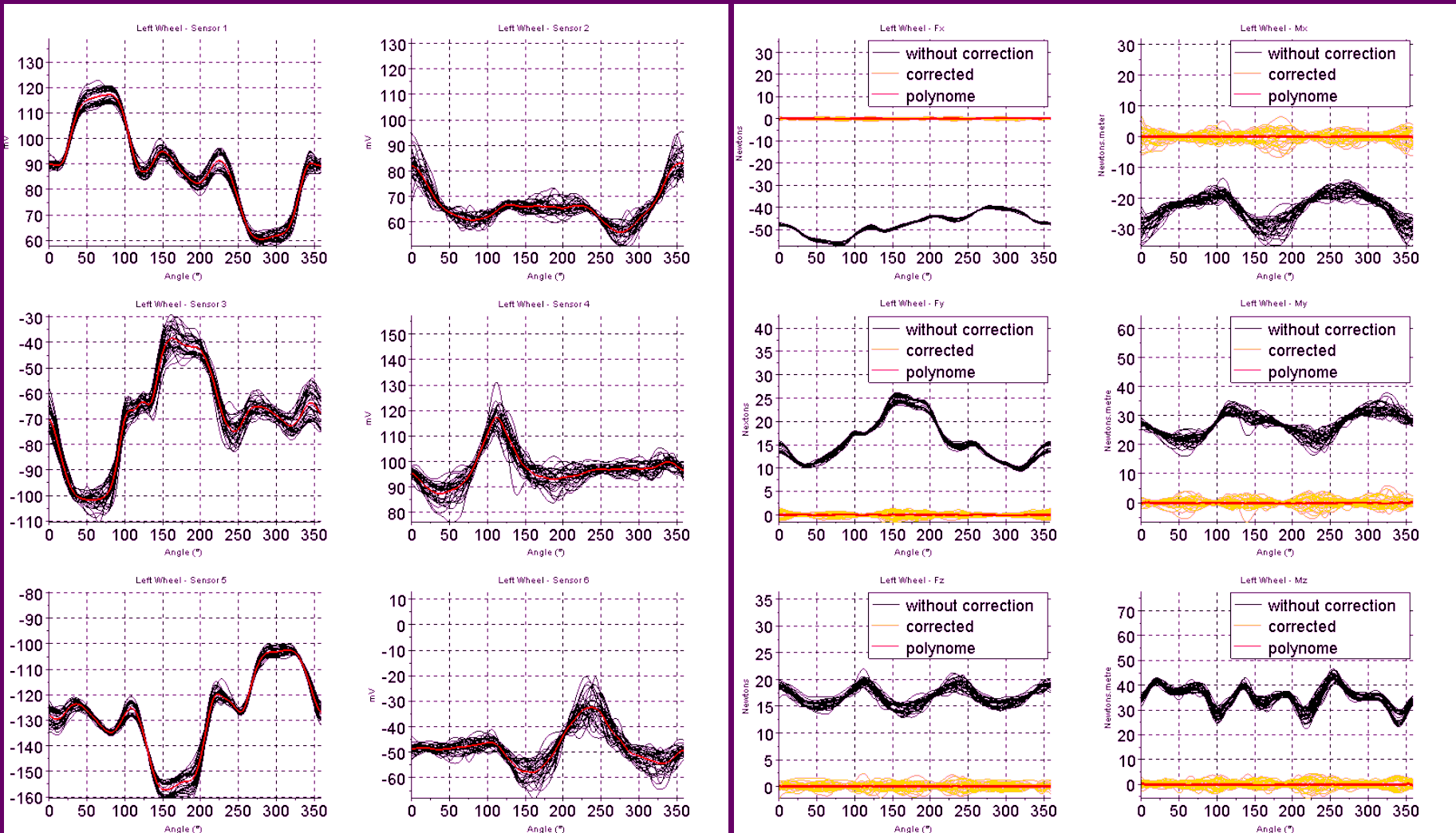
Utilisation du FRET-2 : Étalonnage dynamique (1)

- Signaux des six capteurs (G) - Six composantes du torseur (D)



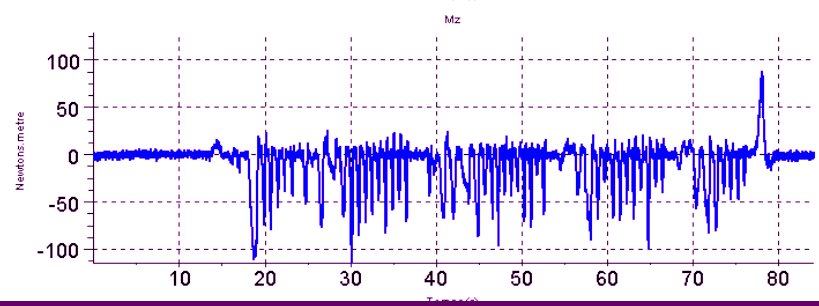
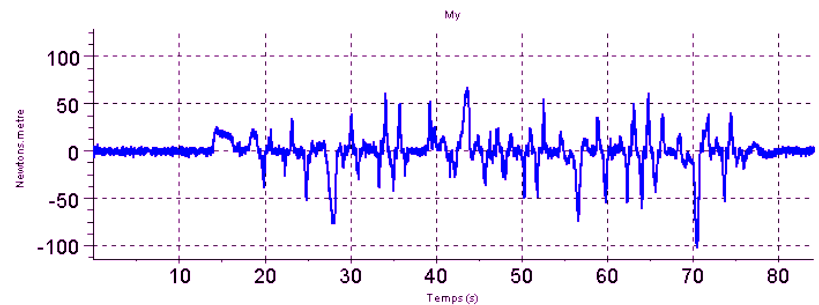
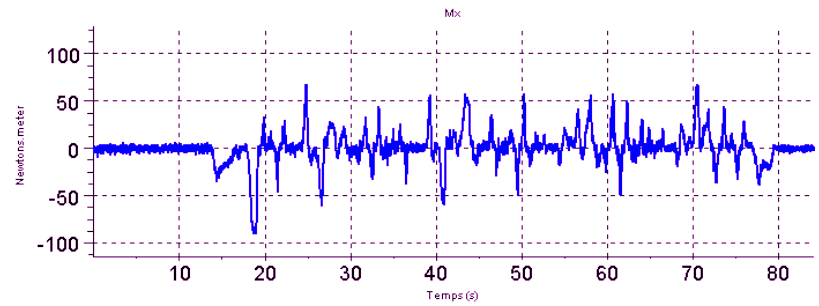
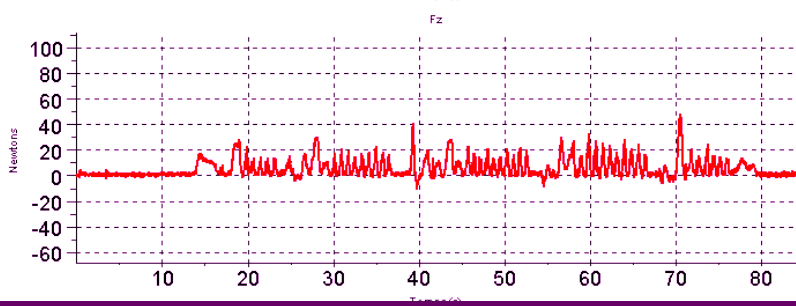
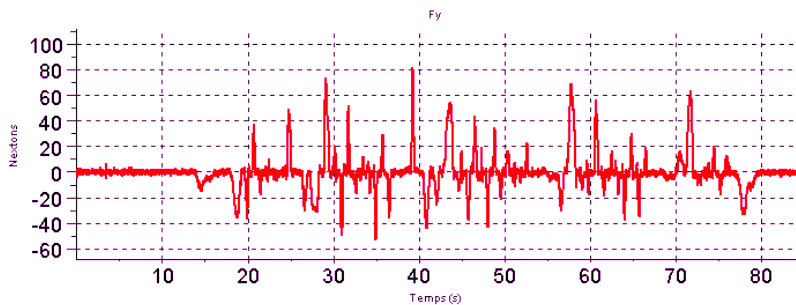
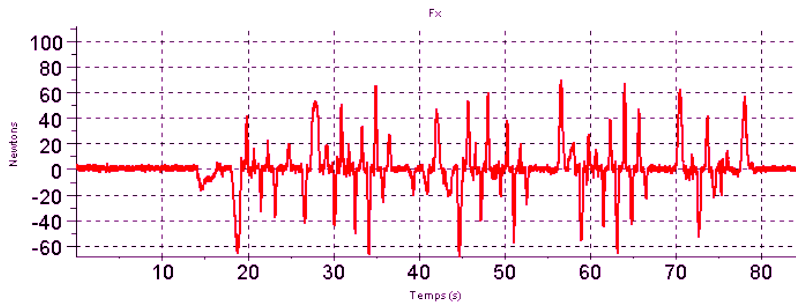
Utilisation du FRET-2 : Étalonnage dynamique (2)

- Signaux des six capteurs (G) - Six composantes du torseur (D)



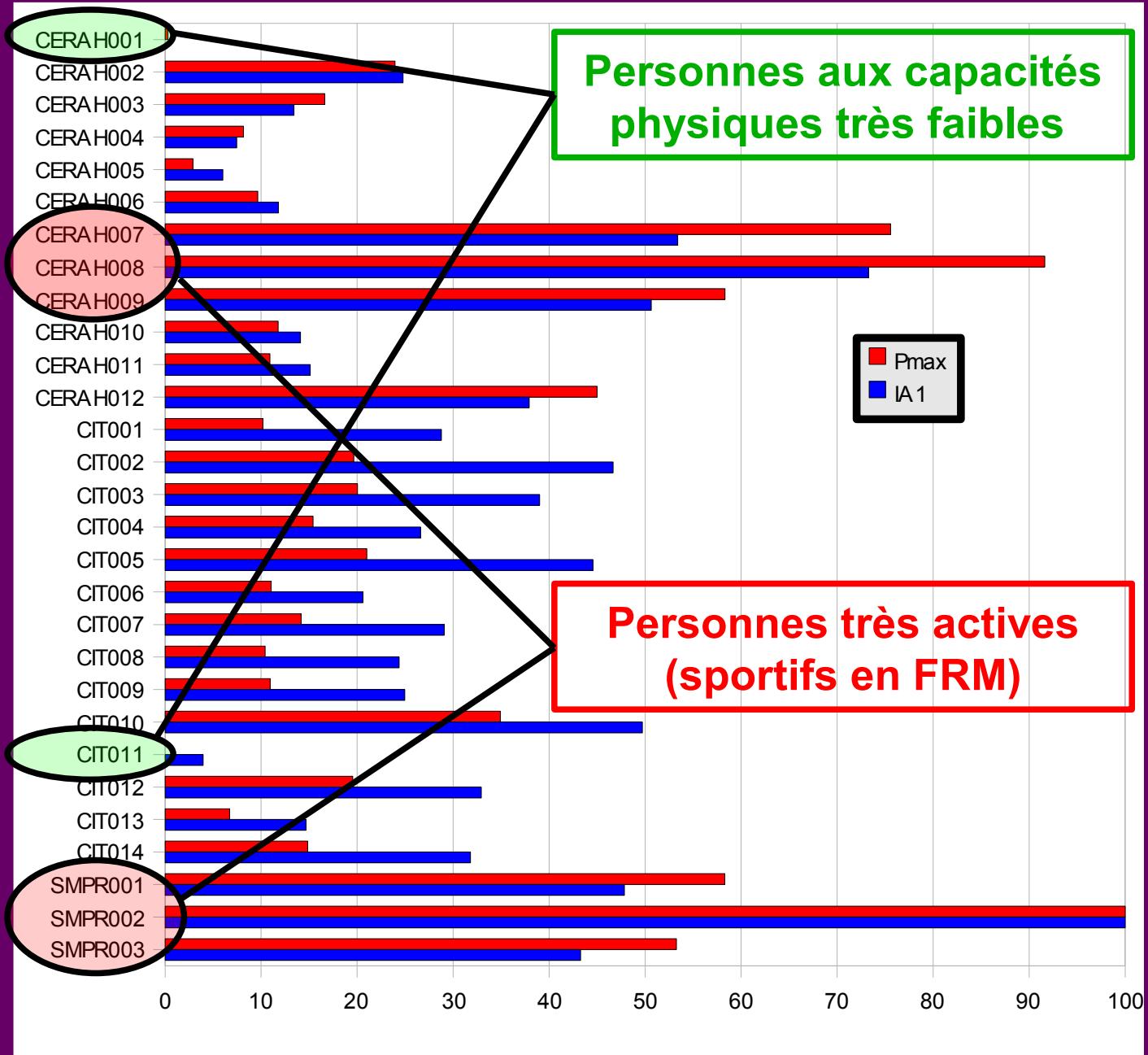
Utilisation du FRET-2 : Mesures sur le terrain (Lyon)

- Les composantes du torseur sont nulles entre deux poussées.



Sous-tâche 2-2
Mesures en situations réelles.

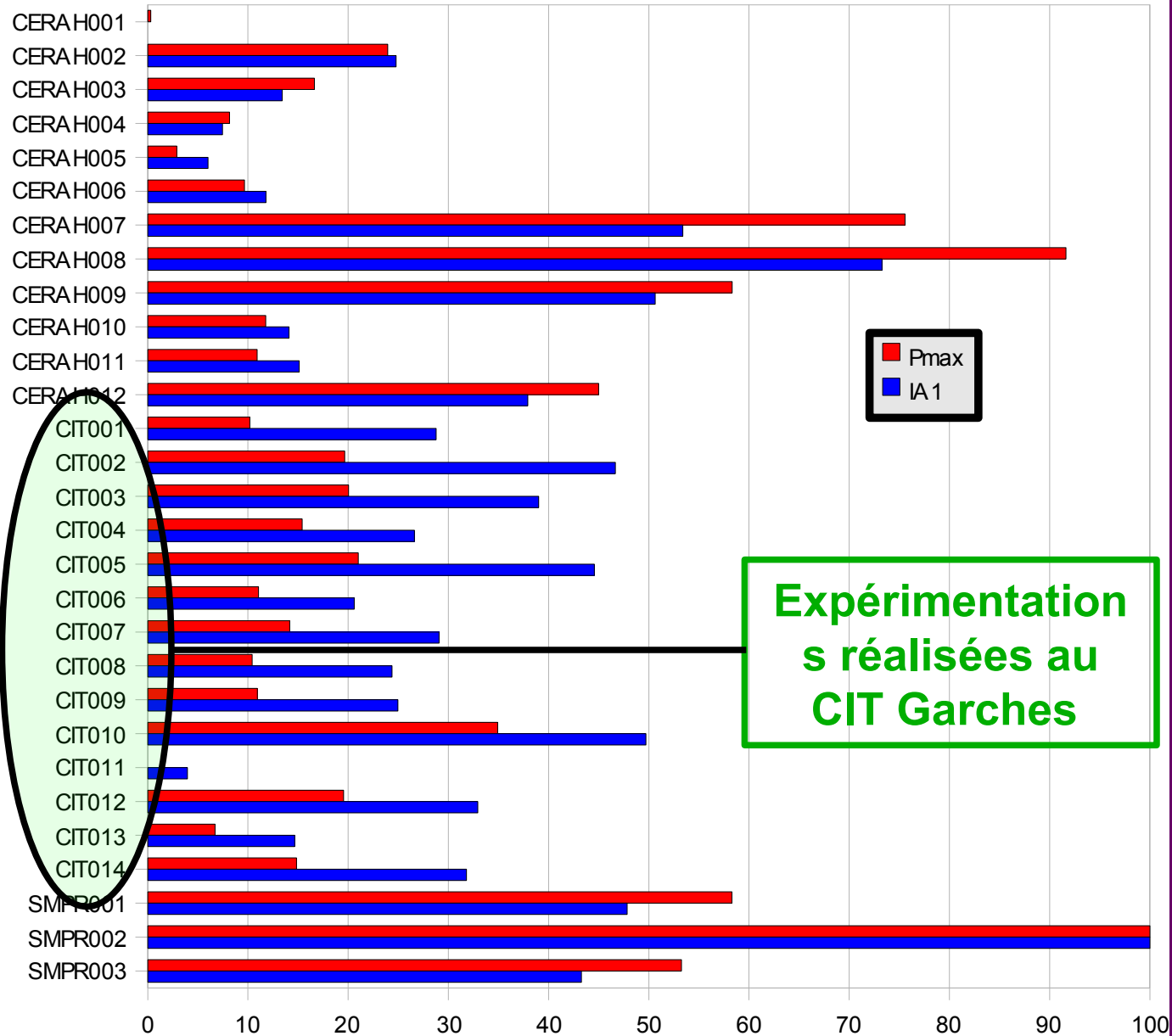
Indices d'Autonomie (IA et P_{max}) :
 Résultats (1)



Sous-tâche 2-2

Mesures en situations réelles.

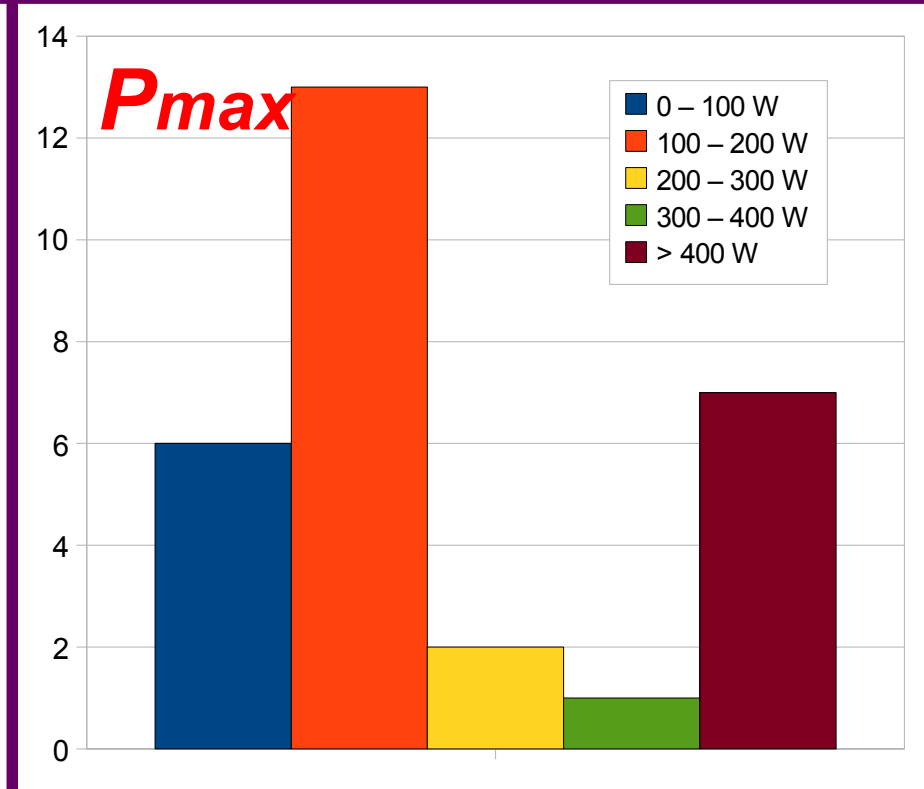
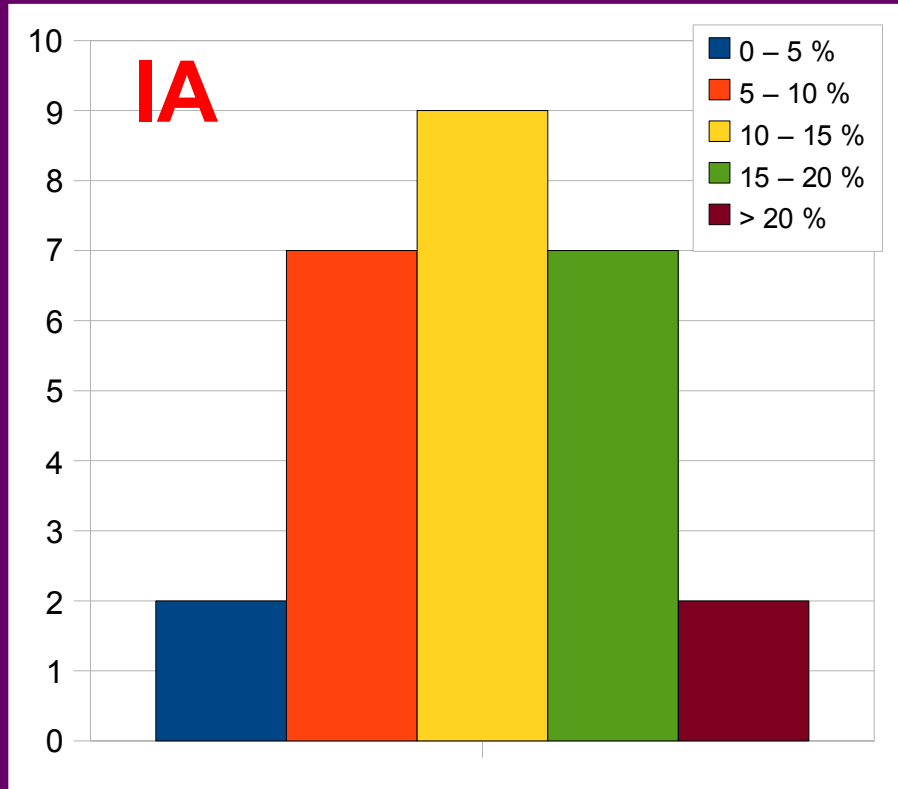
Indices d'Autonomie (IA et P_{max}) : Résultats (2)



Expérimentations réalisées au CIT Garches

Utilisation du FRET-2 : Indices d'Autonomie (IA & P_{max})

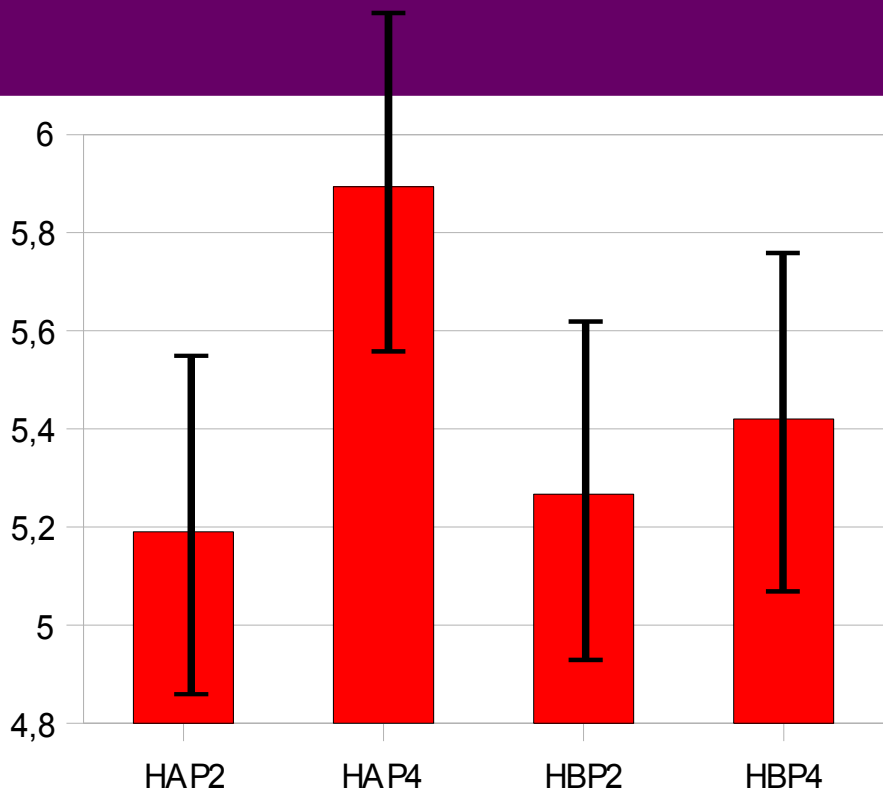
- Études cliniques et ergonomiques : Indices d'Autonomie.



Répartition des effectifs en classes des paramètres bruts

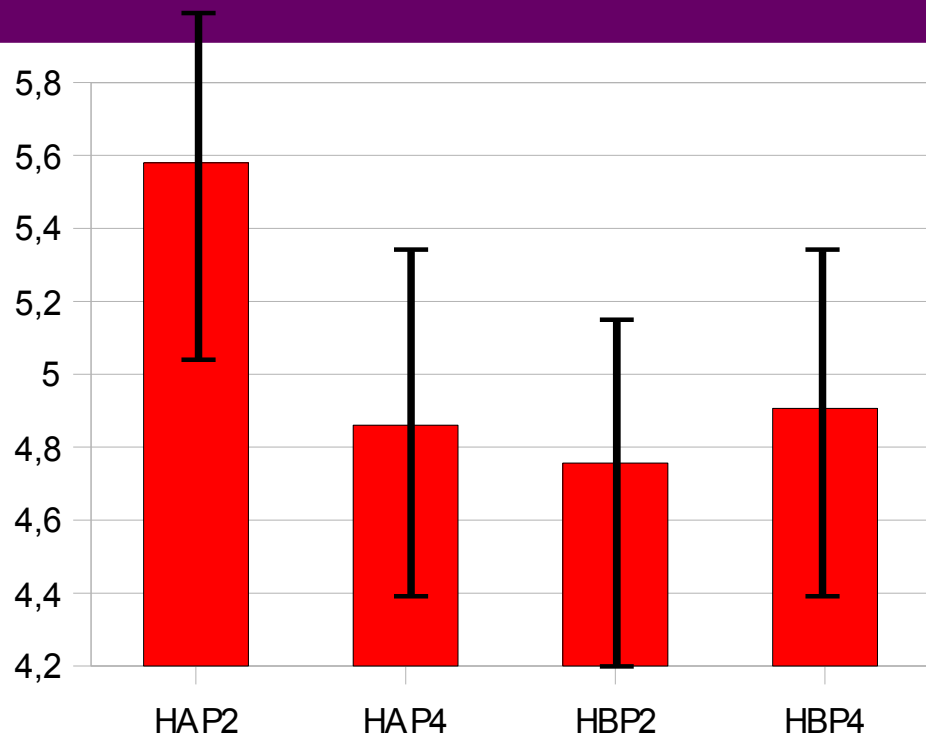
Utilisation du FRET-2 : Indices d'Autonomie (IA & P_{max})

- Études cliniques et ergonomiques : Influence des réglages.



IA en fonction du réglage du fauteuil

Sujet1



IA en fonction du réglage du fauteuil

Sujet2

HA : Assise basse

HB : Assise haute

P2 : Position reculée du siège / Roues

P4 : Position avancée du siège /

- **Indices d'Autonomie :**

- P_{\max} et I.A. permettent d'évaluer le niveau d'autonomie de la personne en FRM de façon complémentaire ;
- P_{\max} évalue des capacités fonctionnelles maximales de déplacement ;
- P_{\max} permet de comparer les individus entre eux quel que soit le type de sol ;
- I.A. : sensible à l'environnement (type de sol), et aux changements de posture du Sujet entraînant des variations de F_{ra} .

Utilisation du FRET-2 : Indices d'Autonomie (IA & P_{max})

