

Effets et avantages de la rééducation du membre supérieur avec manipulateur robotisé en phase sub aigue d'un AVC

Christophe DURET^a, MD, Anne-Gaëlle GROSMAIRE^a, Ophélie Courtial^a, PhD, Dr Emilie HUTIN^b PhD

^aUnité de neurorééducation, CRF « Les trois Soleils »
Boissise Le Roi

^bLaboratoire *Analyse et Restauration du Mouvement* (ARM)
Service de Rééducation Neurolocomotrice
Hôpitaux Universitaires Henri Mondor, AP-HP, Créteil

PLAN

- ❖ Présentation du dispositif
- ❖ Travail sur l'éligibilité à la robotique de membre supérieur
- ❖ Bénéfices cinématiques de la rééducation assistée par robot
- ❖ Interactions patient/robot
- ❖ Facteurs prédictifs

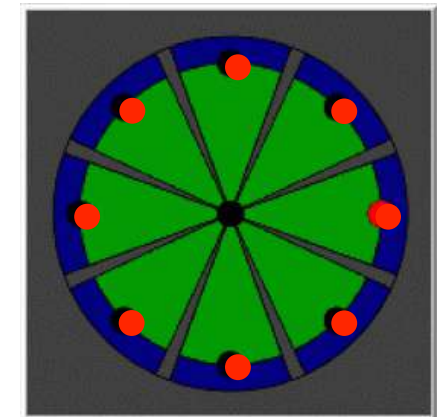
LE SYSTEME InMotion 2.0



- Manipulateur robotisé
- Plan horizontal
- Mouvements épaule/coude/préhension
- Algorithme adaptatif = déviation élastique autour du mouvement programmé par le robot (contrôle en impédance)



Robot InMotion 2.0
(MIT-Manus, InMotion Inc,
Waterhouse, MA, USA)



8 cibles

1. Population cible?

Etude rétrospective n°1 : Éligibilité à l'entraînement avec robot (N=17)

→ Déterminer la population susceptible de bénéficier de cette technique.

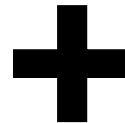
- Hémiparésie
- Phase aigüe/subaigüe : [15-130] jours post-lésion SNC

PROGRAMME DE REEDUCATION POUR LE MEMBRE SUPERIEUR

4-5 jours / semaine

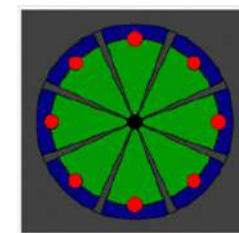
Ergothérapie

60 min.



Travail avec assistance robotisée

320-1280 mvts / séance → 40-60 min.

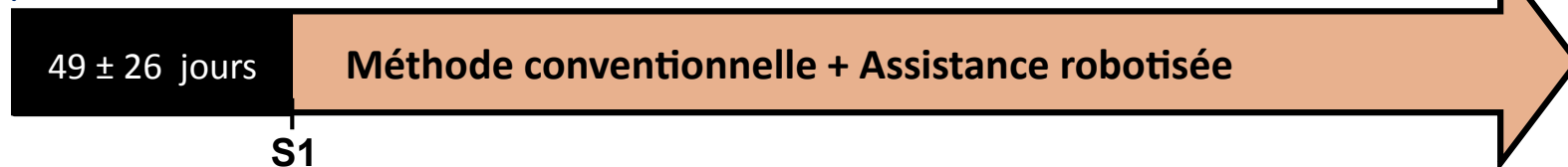


N= 17 patients hémiparétiques

Age : 53 ± 18 [19-88] ans
Genre : 10 F, 7 H
Type d'AVC : 13 ischémies, 4 hémorragies
Côté parétique : 13 G, 4 D
Délai post-AVC : 49 ± 26 jours
Robot : 16 séances (S1 à S16) en 4 semaines

Moyenne ± Ecart-type [min - max]

AVC



S1
↑

1. Index de motricité
2. Echelle d'Ashworth modifiée
3. Mesure d'Indépendance Fonctionnelle (MIF)
4. Score d'héminégligence (*Azouvi et al. 2006*)
5. Capacité à la compréhension orale (Score d'aphasie, *Nespoulous et al. 1992*)
6. Nombre de mouvements réalisés sur le robot
7. Assistance moyenne produite par le robot (N/m)

N= 17 patients hémiparétiques

Age : 53 ± 18 [19-88] ans

Genre : 10 F, 7 H

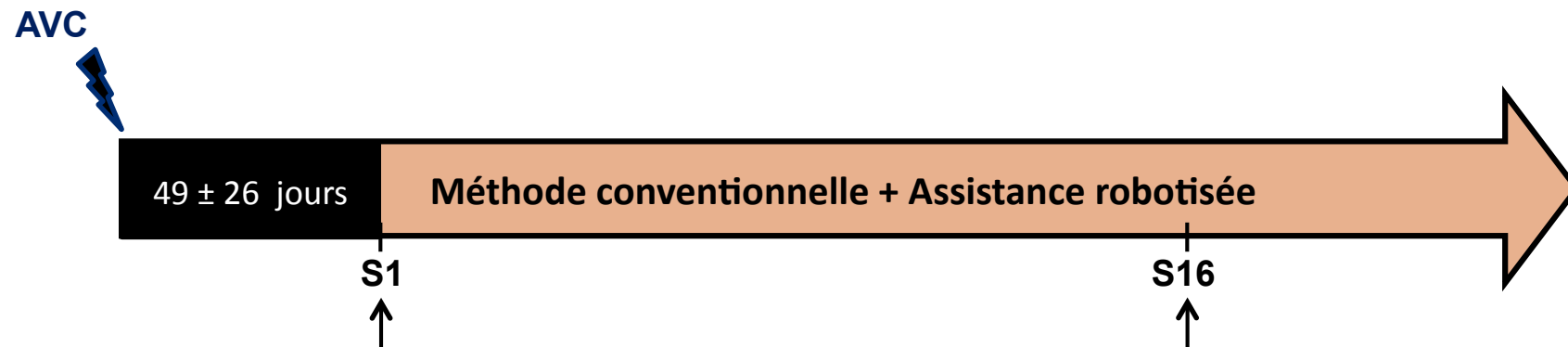
Type d'AVC : 13 ischémies, 4 hémorragies

Côté parétique : 13 G, 4 D

Délai post-AVC : 49 ± 26 jours

Robot : 16 séances (S1 à S16) en 4 semaines

Moyenne ± Ecart-type [min - max]



6. Nombre de mouvements réalisés sur le robot
7. Assistance moyenne produite par le robot (N/m)

N=17

S1

Index de motricité

Total – M.Sup. (/100)

32.8 ± 15.1 [10 - 58]

Epaule (/33)

12.8 ± 2.8 [9 - 19]

Echelle d'Ashworth modifiée

Grand pectoral (/4)

0.6 ± 0.9 [0 - 2]

Fléchisseurs du coude (/4)

0.8 ± 0.8 [0 - 2]

Mesure d'Indépendance Fonctionnelle (MIF /126)

76.9 ± 25.2 [32 - 118]

Score d'héminégligence (/2)

0.8 ± 0.9 [0 - 2] (n=9/17)

Score d'aphasie (/3)

0.5 ± 1.1 [0 - 3] (n=3/17)

Moyenne ± Ecart-type [min - max]

N=17

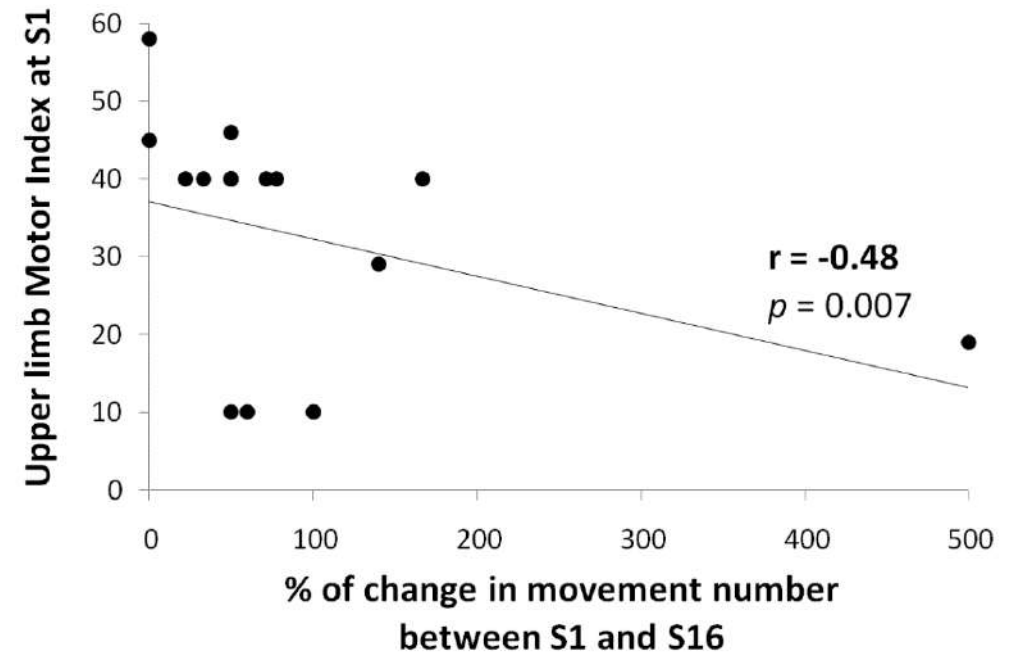
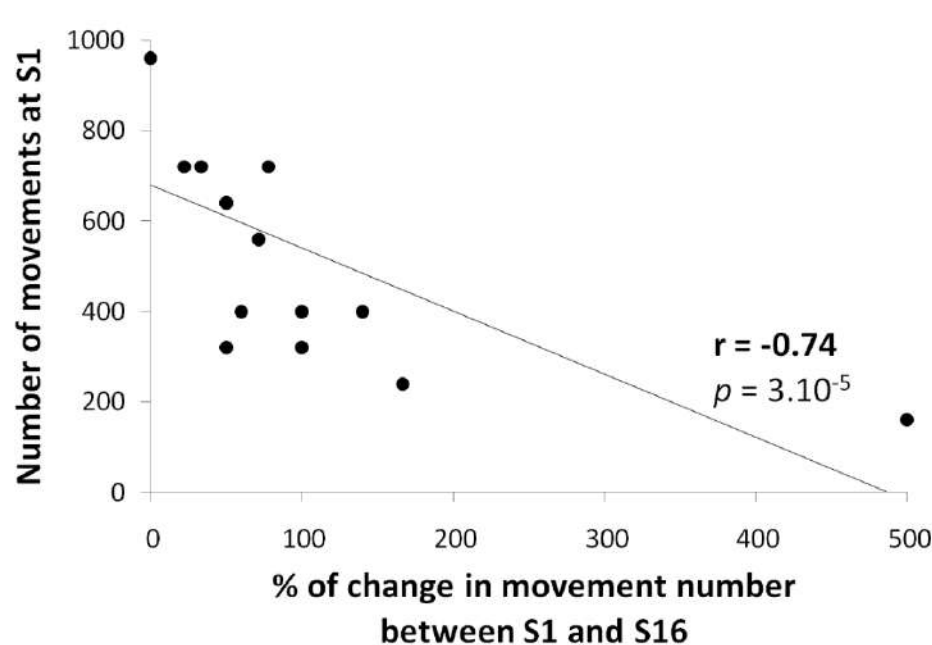
Nombre moyen de mouvements /séance sur le robot = 734 ± 223 [357 - 1000]

	S1	S16	% de modification	P
Nombre de mouvements	555 ± 234 [160 - 960]	880 ± 188 [480 - 1280]*	+58%	5.10 ⁻⁶
Assistance robotisée (N/m)	204 ± 6 [188 - 216]	190 ± 18 [145 - 214]*	-7%	6.10 ⁻⁵

Moyenne ± Ecart-type [min - max]

- **Age, aphasie et héminégligence : pas d'impact** sur le nombre de mouvements produits.
- **Corrélation** entre le nombre moyen de mouvements /session et :
 - L'index de motricité initial du M.Sup. (S1, $r = 0.62$, $p=0.0005$)
 - Le score d'Ashworth initial du grand pectoral (S1, $r = -0.39$, $p=0.03$)
 - La MIF initiale (S1, $r = 0.48$, $p=0.007$)

- **Corrélation négative** entre % d'↑ du nombre de mvts après le programme et
 - l'index de motricité initial du membre supérieur
 - le nombre initial de mouvements



- **Intensité de la rééducation assistée par robotique**
 - Entraînement avec assistance robotisée = **734 mvts** / séance
 - Rééducation conventionnelle ≈ 30 / séance (*Lang et al. 2009; Kimberley et al. 2010*)
- **Bénéfices mesurés par le robot après 4 sem.**
 - ↗ nombre de mouvements /séance (S16, +58%)
 - ↘ assistance du robot (S16, -7%)
- **Age, aphasie, héminégligence ≠ critère d'exclusion** (*Kimberley et al. 2010*)
- **Corrélation entre capacités initiales et nb de mvts /session**
- **Corrélation entre capacités initiales et augmentation du nb de mvts**
 - **Les patients les + sévères bénéficient le + du traitement +++** (*Finley et al. 2005; Macclellan et al. 2005*)

2. Effets de cette rééducation ?

Etude rétrospective n°2 : Effets sur les performances cinématiques (N=17)

- Quantifier les potentiels bénéfiques sur la cinématique du membre supérieur parétique.

N=17 hémiparétiques

Age : 52 ± 20 ans

Genre : 11 F, 6 H

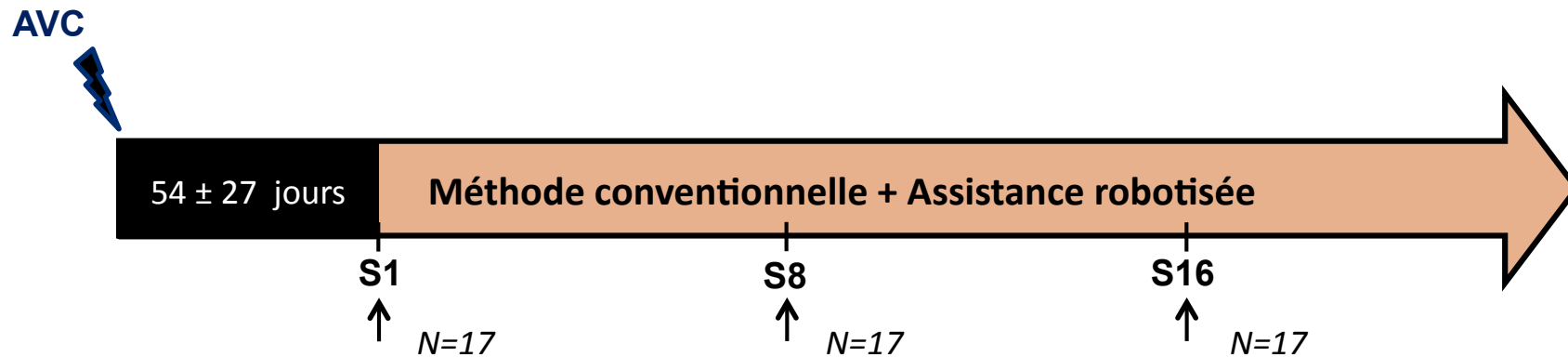
Type d'AVC : 11 ischémies, 6 hémorragies

Côté parétique : 12 G, 5 D

Délai post-AVC : 54 ± 27 jours

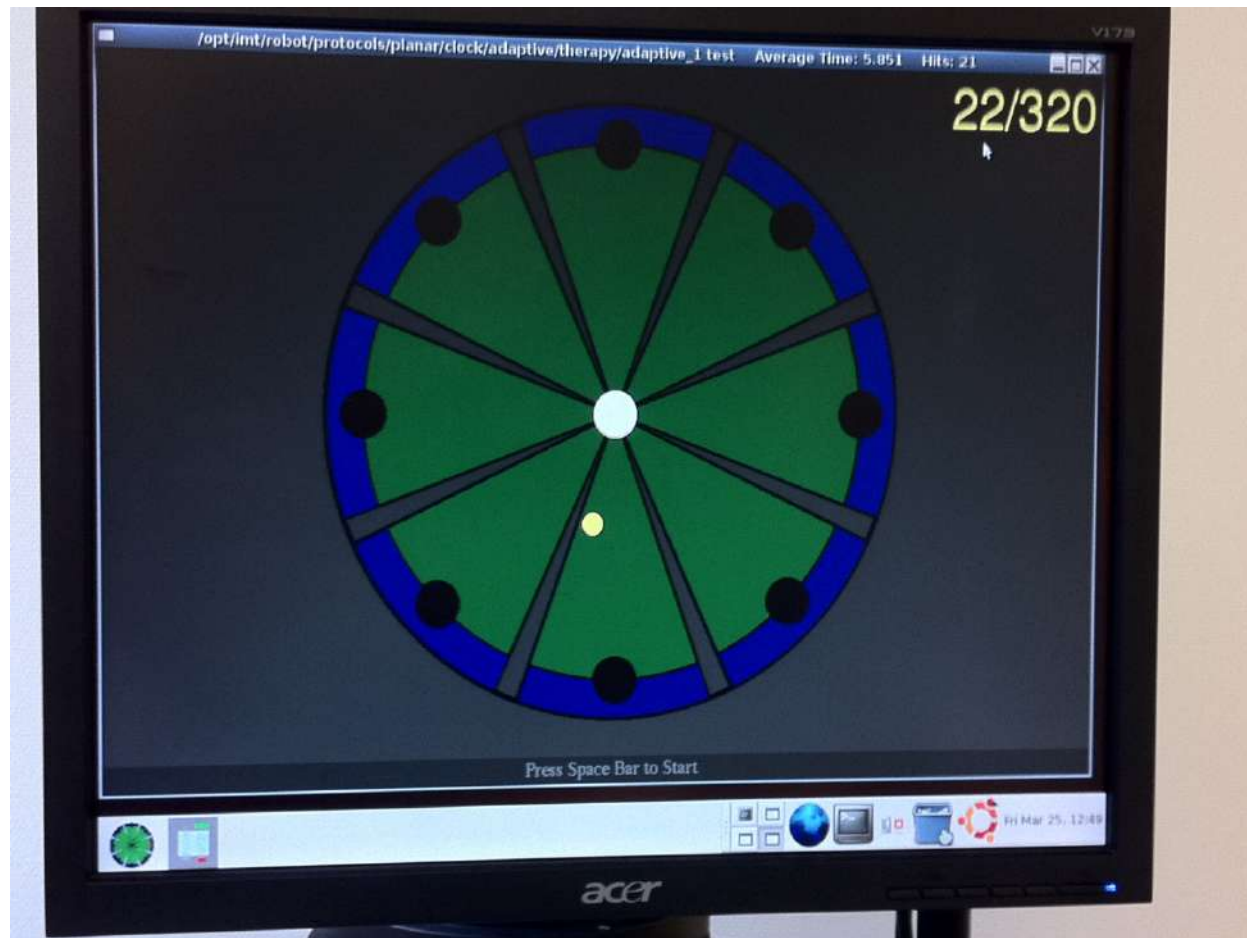
Robot : 16 séances (S1 à S16) en 4 semaines

Moyenne ± Ecart-type [min - max]

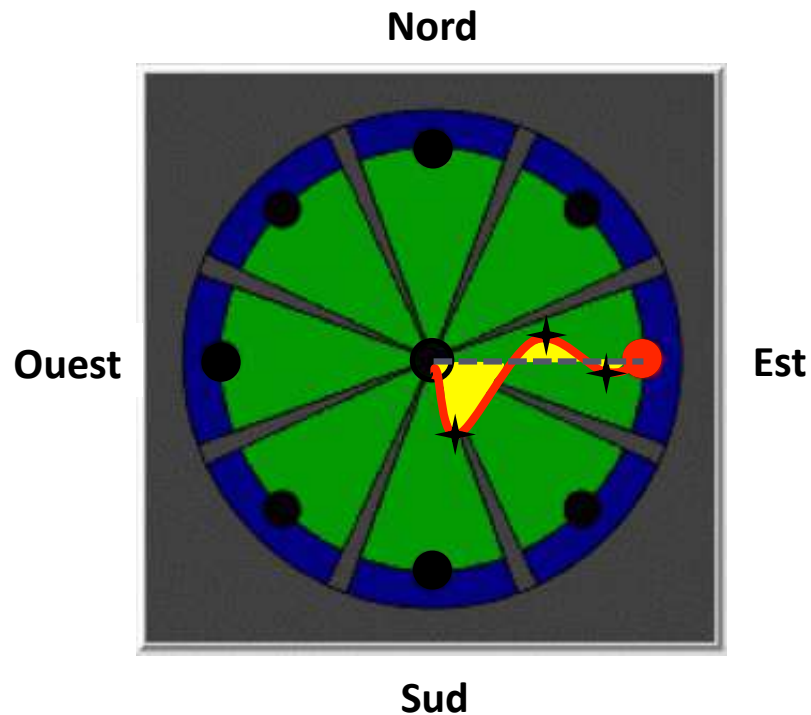


1. Cinématique du membre supérieur (sans assistance)

N=17



N=17

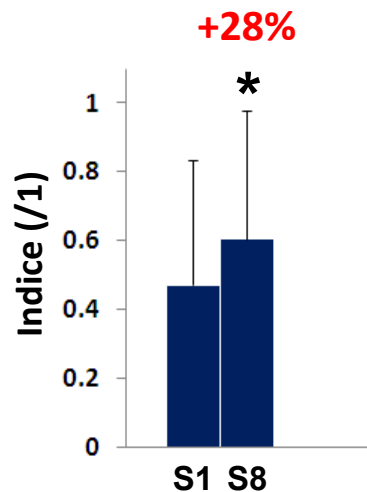


Tâche de pointage vers 4 cibles
Cible à 14 cm

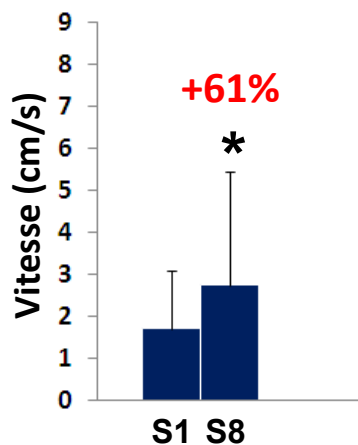
- 5 paramètres quantifiés :
 - **Réussite** de la tâche
1= cible atteinte
0= non atteinte en 10s
 - **Vitesse** de la main
 - **Longueur** de la trajectoire
 - **Indice de fluidité**
Nb de pics dans la trajectoire
 - **RMS** de la trajectoire

N=17

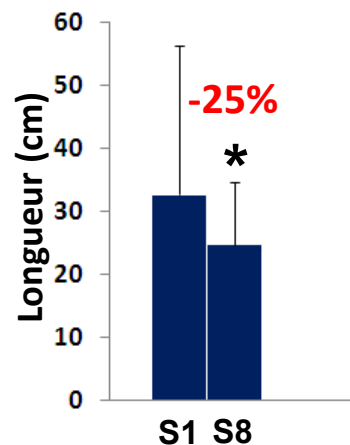
Réussite



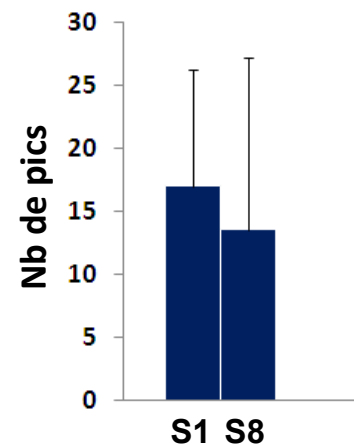
Vitesse



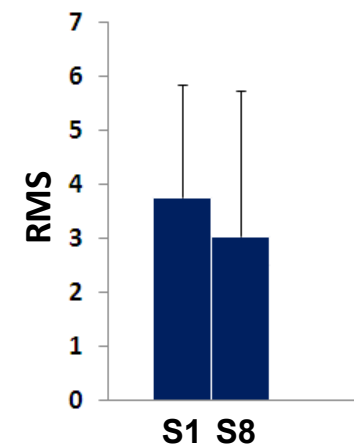
Longueur



Défaut de fluidité

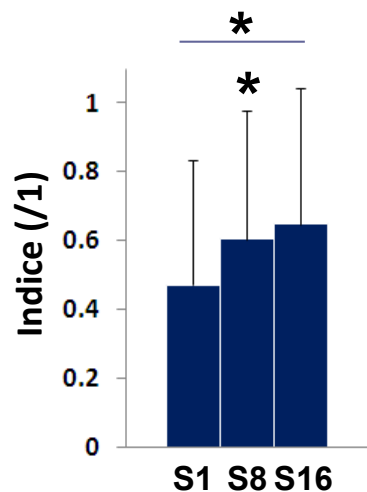


RMS

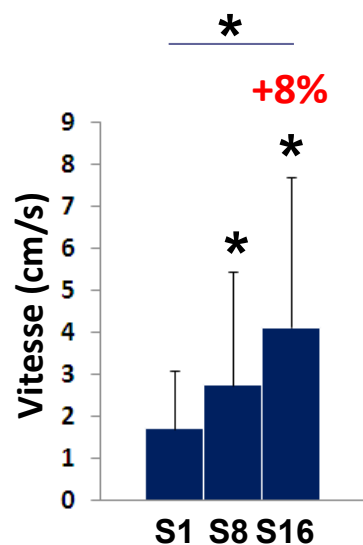


N=17

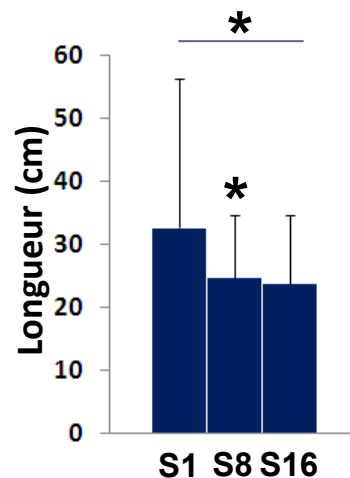
Réussite



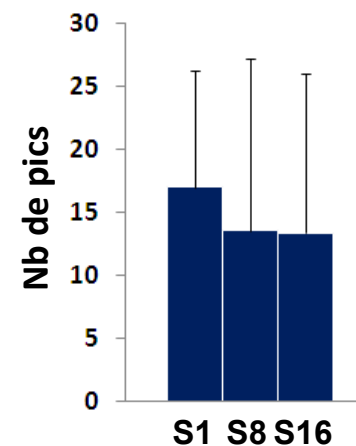
Vitesse



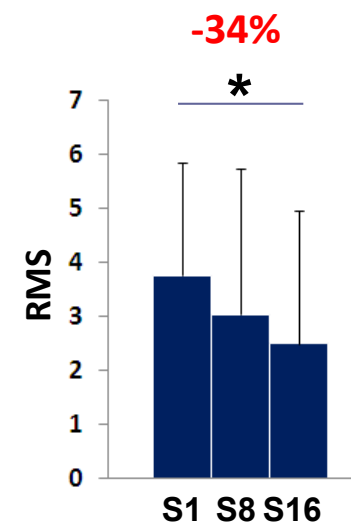
Longueur

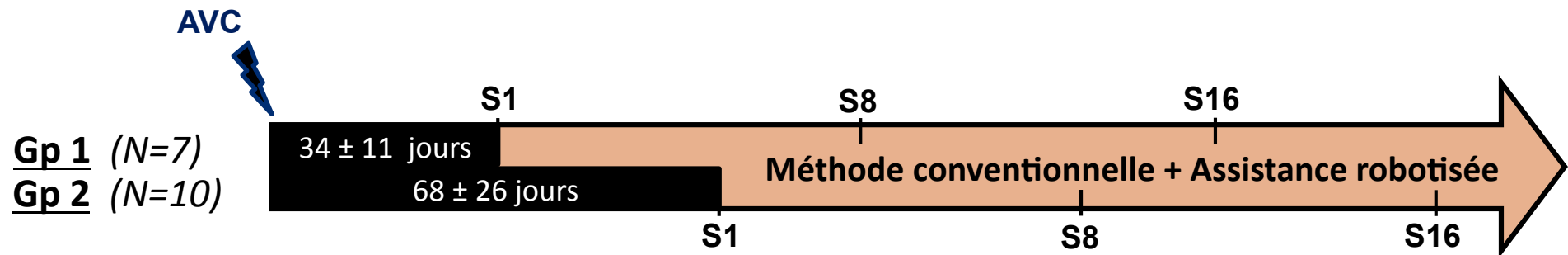


Défaut de fluidité



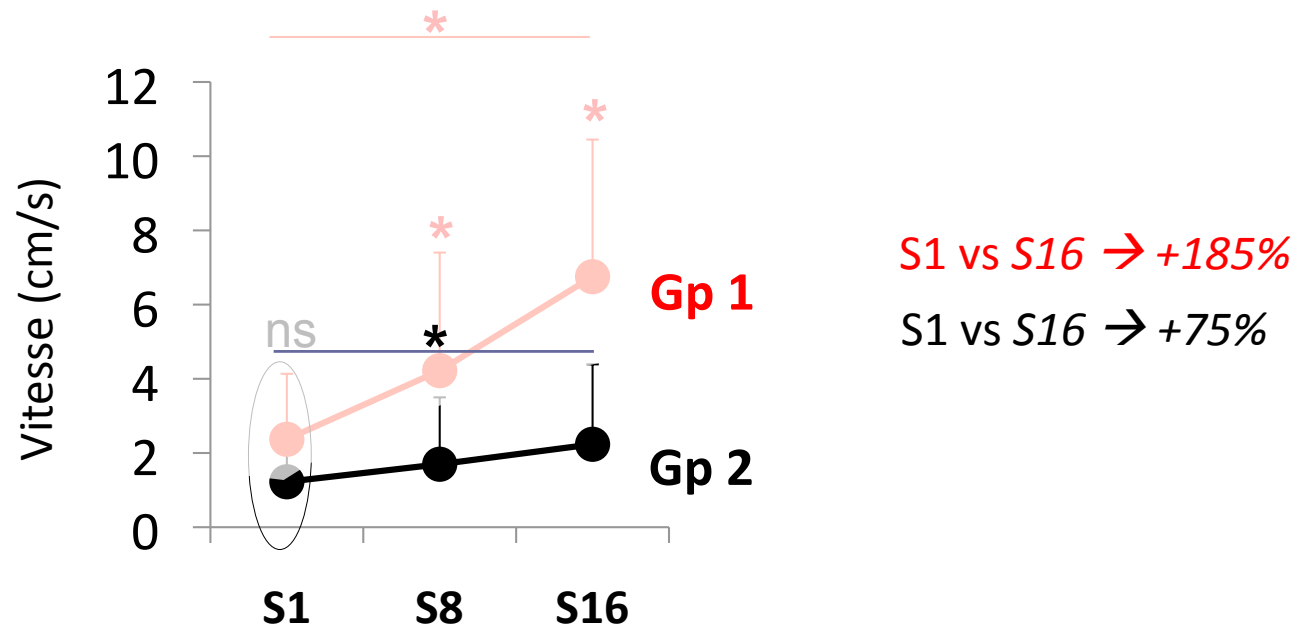
RMS





→ Impact du délai AVC-Début du programme sur la récupération $p=0.0056$

Vitesse de la main



- **1^{ère} période (1-2^{ème} sem.) : Amélioration quantitatives**
 - ↗ atteinte de la cible, longueur et vitesse de la trajectoire
- **2^{ème} période (3-4^{ème} sem.) : Améliorations qualitatives**
 - ↗ vitesse et précision de la trajectoire
- **Bénéfices +++ si début du programme < 45 jours post-AVC**
- **Evaluation quantifiée pendant le traitement grâce à la robotique**

3. Interactions patients-robot?

Etude rétrospective n°3 : Suivi sur 16 séances d'un entraînement (N=19)

- Mesurer les interactions patients-robot et donc l'assistance au cours de l'entraînement avec robot

- **Répétition**, ingrédient crucial dans l'efficacité d'un programme (Bütefish et al., 1995; Plautz et al., 2000; Feys et al., 2004)
- **Intensité**, autre paramètre clé (Kwakkel et al., 1999; Kwakkel, 2006; Miller et al, 2004; Cooke et al, 2010) mais à différencier de répétitivité (Page et al, 2012)
=) Efforts physiques et/ou mental pour réaliser une tâche =)
participation active, paramètre difficile à mesurer
- **Rééducation assisté par un robot** basée sur les interactions patients/robot et sur le traitement de données → Algorithme basé sur la performance
- Des auteurs ont montré que l'efficacité robotique était liée à la participation (Pennycott A et al., 2012; Collantes et al., 2012; Krishnan et al., 2013)

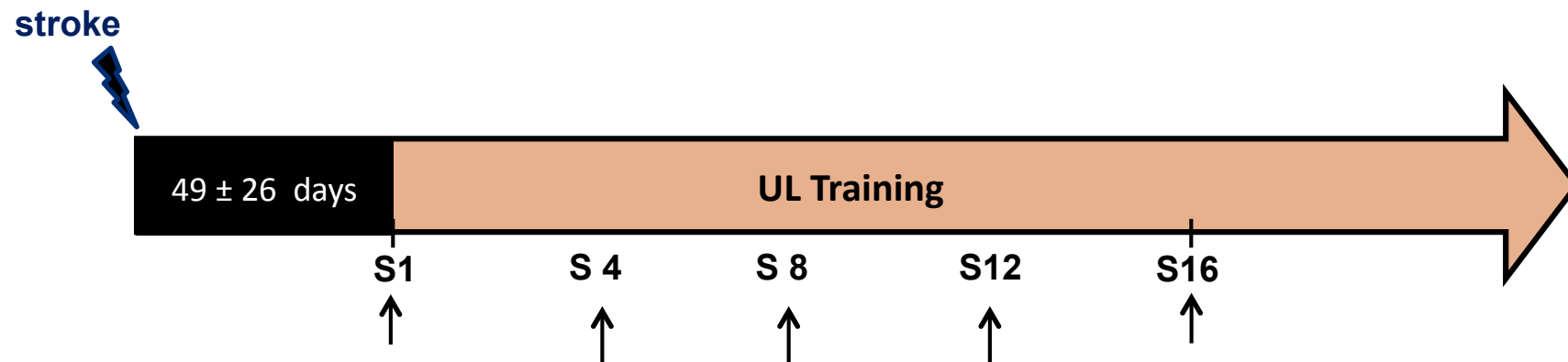
N= 19 patients

Age : 53 ± 17 [19-83] ans

Moyenne \pm Ecart-type [min - max]

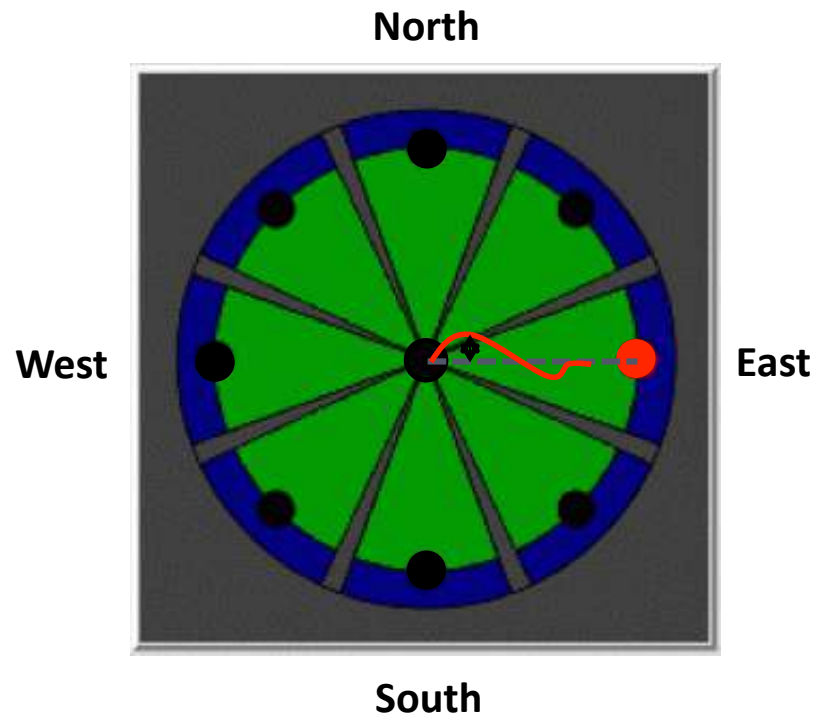
Delais post-AVC : 49 ± 20 jours [20-84]

Robot : 16 séances (S1 à S16) 4 semaines



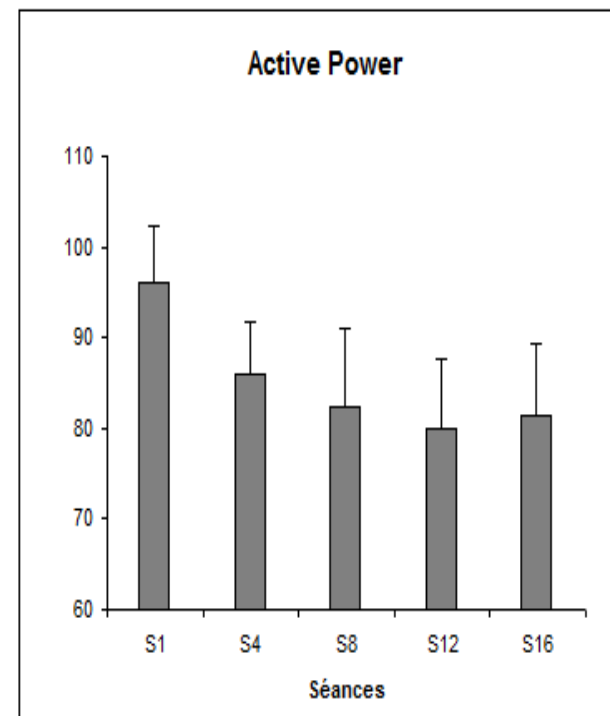
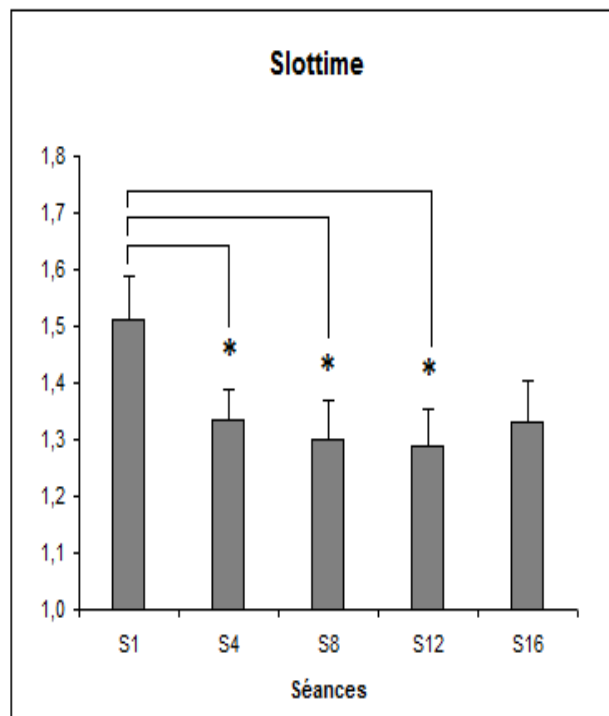
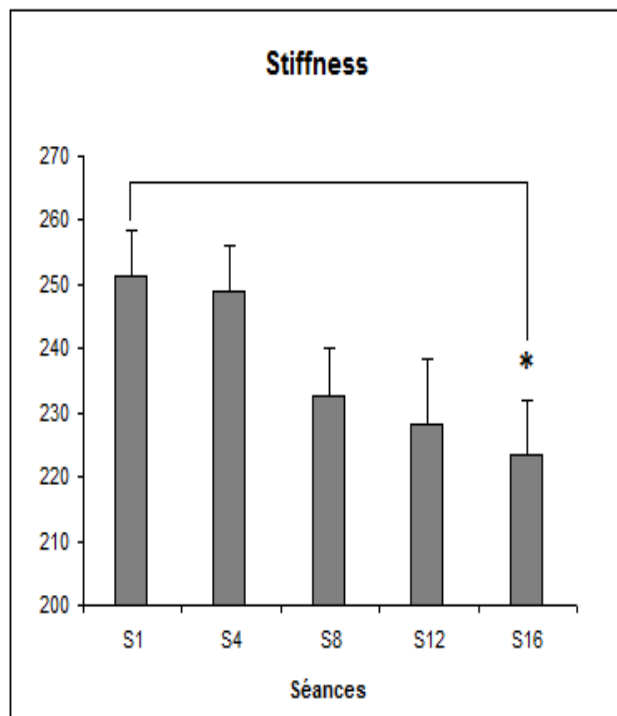
1. Fugl-Meyer à S1 et S16 (n=14)
2. Mesures cinématiques à S1 et S16 (n=14)
3. Paramètres Interaction à S1, S4, S8, S12, S16 (n=19)

- Guidance latérale: Stiffness
 - Raideur bras robotisé ajustée en fn précision de la visée
 - Condition par défaut = 200 N/m
 - Diminue si patient précis (proche ligne droite)
- Paramètre lié à la vitesse: Slottime
 - Temps alloué pour réaliser la tâche
 - Condition par défaut = 2 s
 - Diminue jusqu'à 1 s si patient rapide
- Paramètre d'assistance: Active Power
 - Puissance électromécanique délivrée pour atteindre la cible (mWatt)



Distance =) cible 14 cm

- 2 paramètres
- Vitesse moyenne (m/s)
- Déviation /précision (m)



N=14

	S1	S16	p
Fugl-Meyer	17 ± 7	26 ± 15	0.071
Vitesse moyenne	0,04 ± 0,04	0,07 ± 0,04	0,002
Deviation	0,04 ± 0,02	0,02 ± 0,02	0,06

Moyenne ± Ecart-type

- **Robot → Mesure précise de l'assistance (Impossible avec les soins courants)**

Changements différenciés

↓ temps alloué après S4

↓ guidance après S16

- **Amélioration vitesse avant précision**

- **Compromis vitesse/précision**
recuperation motrice?



Stratégie de

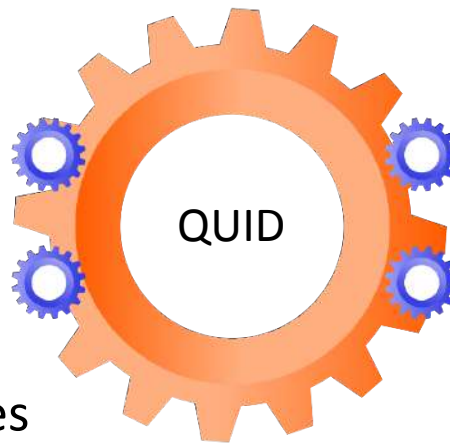
4. Facteurs prédictifs ?

Etude rétrospective n°4: Suivi sur 16 séances d'un entraînement (N=38)

→ Explorer les facteurs prédictifs de récupération motrice après entraînement intensif combinant robot et soins courants

Pronostic récupération motrice membre supérieur basé sur déficiences motrices en phase aiguë/sub aiguë précoce (Kwakkel et al., 2003. Coupar et al., 2012) =)
Score moteur bas = mauvais pronostic

Fiabilité des prédicteurs et
AVC sévère
(Koh et al., 2015; Byblow et al., 2015)



Effet dose de rééducation sur
prédiction
(Han et al., 2013; Lohse et al., 2014)

Impact déficiences associées
(Duret et al., 2015)

Valeur
Prédictive des mesures
cinématiques
(Krebs et al., 2014; Duret et al., 2016)

1. Explorer facteurs prédictifs récupération motrice membre supérieur

- Déficits moteurs sévère (score FM < 35)
- après entraînement intensif
- 2 mois après évènement aigu
 - Analyse facteurs prédictifs changement scores FM (Régression)
caractéristiques patients, données motrices cliniques et cinématiques baseline

2. Examiner paramètres évolution favorable scores moteurs

- Prédicteurs gain 9 points score FM sup (MCID, Arya et al., 2011)
 - Régression logistique expliquant évolution favorable scores FM (stratification population en fonction gain de 9 points FM)

N= 38 patients

Age : 56±17 [19-87] **Genre :** 19 F
Type: 29 I **Délai post-AVC :** 55±22 jours
Coté de parésie: 23 G **Score de FM (Moy):** 17,5 ±10.0 /66 [4-35]
Tr sensitifs: 24 **NSU:** 9 **Aphasie:** 13

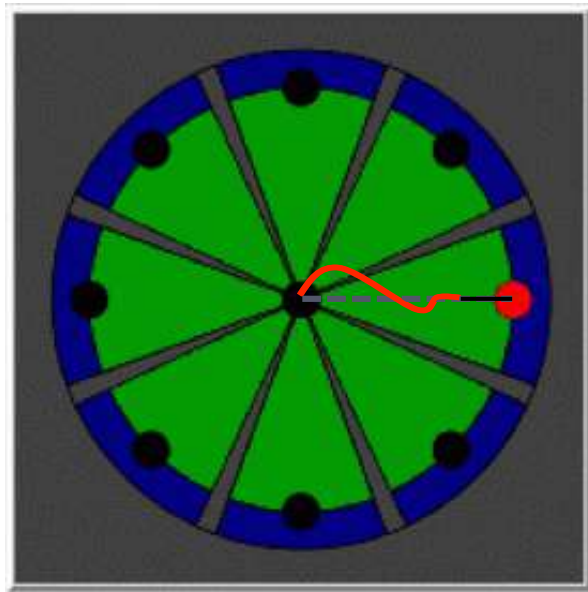
Robot : 16 sessions (S1 à S16)

stroke



1. Score de Fugl-Meyer à S1 et S16
2. Mesures cinématiques à S1 et S16

Calculées à partir tâches de pointage vers 8 cibles
Distance à cible 14 cm



- Vitesse maximum
- Vitesse moyenne
- Déviation moyenne
- Distance moyenne à la cible
- Index de fluidité (rapport V_{moy} / V_{max})

	Baseline	Post-training	Gains	p
Total FM score/66	17.7±10.0	28.6±15.4	10.9±10.6	<0.0001
S/E FM score/36	12.1±6.6	18.3±7.8	6.2±6.3	<0.0001
Wrist FM score/10	1.6±2.5	2.9±3.0	1.3±2.7	0.003
Hand FM score/14	2.5±2.7	5.5±4.7	3.0±3.6	<0.0001
Speed/Coordination FM score/	1.5±1.7	1.9±1.7	0.4±1.4	0.08

Mesures cliniques pré/post
moyenne (SD)

Mesures cinématiques
pré/post
moyenne (SD)

		Baseline	Post-training	Gains	P
Smoothness		30.9±9.8	43.7±13.0	12.7±11.7	<0.0001
Reach error (cm)	mean±SD	10.0±5.7	5.4±6.1	-4.7±5.4	<0.0001
Mean velocity (cm/s)	mean±SD	3.5±2.7	7.1±3.8	3.6±3.0	<0.0001
Max velocity (cm/s)	mean±SD	10.5±6.1	15.2±6.1	4.7±5.4	0.005
Path error (cm)	mean±SD	3.8±2.6	2.5±2.7	-1.3±2.9	0.01

- **Facteurs prédictifs changement score FM**
 - Seul le délai initiation rééducation corrélé à augmentation scores FM (épaule/coude et main)
 - Pas effet d'âge, troubles sensitifs, aphasie, NSU sur récupération
 - Indicateurs cinématiques baseline peu prédictifs MAIS Vitesse moyenne et max associées changement score FM proximal ($p=0.04$).
 - Discordant avec littérature (score bas = faible récupération, Coupar et al. 2012)
 - Mais cohérents avec des études récentes (Koh et al., 2015, Winters et al., 2015): faible prédictivité scores initiaux → Evolutivité variable de ces patients
 - **Impact intensité de rééducation chez patients sévères?**

- **Facteurs prédictifs évolution favorable**
 - Pas prédicteur de MCID parmi données cliniques et mesures cinématiques
 - Différent de Hsieh et al. (2014) et Lee et al. (2015): MCID associée score du BBT et score de FM proximal
 - **Grande variabilité inter individuelle** (Koh et al., 2015; Byblow et al., 2015)
 - Mais changement fluidité et précision associés à probabilité d'améliorer score FM d'au moins 9 pts
 - Consensus sur l'association fluidité/ récupération clinique (Celik et al., 2010; Alt Murphy et al., 2013, Van Dokkum et al., 2014)
 - **Fluidité et précision: mesures objectives discriminantes et indicateurs pronostics?**

Merci de votre attention

Dr Christophe DURET

Unité de Neurorééducation

Centre de Rééducation Fonctionnelle « Les Trois Soleils »

Boissise Le Roi (77), FRANCE



Centre de Rééducation Fonctionnelle
Les Trois Soleils