

# Kinésithérapie, la Revue

## Fiabilité intra et inter-évaluateur du Modified Functional Reach Test et du sens positionnel du tronc pour les patients ayant une hémiplégie après un accident vasculaire cérébral

--Projet de manuscrit--

Numéro du manuscrit:	KINE-D-20-00036R2
Type d'article:	Article original
Titre complet:	Fiabilité intra et inter-évaluateur du Modified Functional Reach Test et du sens positionnel du tronc pour les patients ayant une hémiplégie après un accident vasculaire cérébral
Second titre complet:	Intra- and inter-rater reliability of the Modified Functional Reach Test and the Joint Position Trunk test for patients with hemiparesis after a stroke
Mots-clés:	AVC; tronc; proprioception; sens positionnel; équilibre
Mots-clés secondaires:	Stroke; trunk; proprioception; positional sense; balance
Auteur correspondant:	Anne-Violette Bruyneel, Ph.D., PT  1227 Carouge, SWITZERLAND
Premier auteur:	Anne-Violette Bruyneel, Ph.D., PT
Ordre des auteurs:	Anne-Violette Bruyneel, Ph.D., PT  Aline Reinmann  Caroline Sordet  Pablo Venturelli  Irmgard Feldmann  Armin Schnider  Emmanuel Guyen
Résumé:	<p>Introduction : Après un accident vasculaire cérébral (AVC), les déficits sensori-moteurs du tronc doivent être testés. Cependant, les qualités psychométriques des tests au niveau du tronc ont été peu étudiées. L'objectif était d'évaluer la fiabilité intra et inter-évaluateur du Modified Functional Reach Test (MFRT) et du test de sens positionnel du tronc chez des personnes présentant une hémiplégie post-AVC.</p> <p>Méthode : 15 participants présentant une hémiplégie post-AVC en phase subaiguë ont été inclus. Le MFRT et le test de sens positionnel du rachis ont été évalués par deux physiothérapeutes lors d'une première session. Après un repos de 2 à 4h, une seconde session similaire a été réalisée. La fiabilité a été évaluée par le calcul de l'indice de corrélation intra-classe (ICC) et l'analyse de Bland Altman.</p> <p>Résultats : Pour le MFRT, les fiabilités moyennes inter-évaluateur (<math>0,70 \leq \text{ICC} \leq 0,86</math>) et intra-évaluateur (<math>0,64 \leq \text{ICC} \leq 0,91</math>) étaient bonnes à excellentes. Pour le test de sens positionnel, la fiabilité inter-évaluateur était excellente pour la mesure de l'erreur verticale (<math>\text{ICC}=0,77</math>) et mauvaise pour l'erreur horizontale (<math>\text{ICC} = -0,03</math>). La fiabilité intra-évaluateur était mauvaise à faible (<math>-0,03 \leq \text{ICC} \leq 0,43</math>).</p> <p>Discussion – conclusion : Le test MFRT est suffisamment fiable pour être utilisé en pratique clinique pour évaluer l'équilibre assis. En revanche, le test de sens positionnel du rachis semble très difficile à appliquer dans de bonnes conditions en cas d'AVC.</p>
Résumé secondaire:	<p>Introduction: After a stroke, the sensory-motor deficits of the trunk should be tested. However, few researches have been done on the psychometric qualities of trunk tests. The objective was to assess the intra- and inter-rater reliability of the Modified Functional Reach Test (MFRT) and the Trunk Positional Sense Test in individuals with post-stroke hemiparesis.</p> <p>Method: 15 participants with subacute post-stroke hemiparesis were included. The MFRT and Trunk Positional Sense Test were evaluated by two physiotherapists in a first session. After resting for 2-4 hours, a second similar session was conducted.</p>

Reliability was assessed by calculating the intraclass correlation (ICC) and Bland Altman analysis. Results: For the MFRT, inter-rater reliability was good to excellent ( $0,70 \leq \text{ICC} \leq 0,86$ ), while intra-rater reliability was good to excellent ( $0,64 \leq \text{ICC} \leq 0,91$ ). For the Trunk Positional Sense Test, inter-rater reliability was excellent for vertical error measurement ( $\text{ICC}=0,77$ ) and poor for the horizontal error ( $\text{ICC} = -0,03$ ). Intra-rater reliability was poor to weak ( $-0,03 \leq \text{ICC} \leq 0,43$ ). Discussion - conclusion: The MFRT test is reliable and to be used in clinical practice to assess sitting balance. The trunk positional sense test seems very difficult to apply under good conditions in the stroke context.

**Fiabilité intra et inter-évaluateur du Modified Functional Reach Test et du sens positionnel du tronc pour les patients ayant une hémiplégie après un accident vasculaire cérébral**

**Anne-Violette Bruyneel<sup>1</sup>, Aline Reinmann<sup>1</sup>, Caroline Sordet<sup>2</sup>, Pablo Venturelli<sup>2</sup>, Irmgard Feldmann<sup>1,2</sup>, Armin Schnider<sup>2</sup>, Emmanuel Guyen<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Haute école de santé Genève, HES-SO Haute école spécialisée de Suisse occidentale

<sup>2</sup>Hôpitaux Universitaires de Genève

**Auteur correspondante :**

Anne-Violette Bruyneel, Professeure Assistante à la Haute Ecole de santé de Genève.

Rue des Caroubiers 25

CH- 1227 Carouge

Suisse

Tél: +33 6 76 58 34 68 / +41 22 388 34 95

[Anne-violette.bruyneel@hesge.ch](mailto:Anne-violette.bruyneel@hesge.ch)

**Conflit d'intérêt :** les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

Réponses aux relecteurs:

Nous remercions les deux relecteurs pour leur lecture attentive et les commentaires. Vous trouverez ci-dessous les réponses à chaque point soulevé et les modifications dans le texte et les tableaux en rouge.

Nous espérons que cette nouvelle version conviendra à la revue.

Bien cordialement,

Violette Bruyneel

Évaluateur n°1 : Les réponses aux évaluateurs sont adéquates. La qualité de l'article s'est améliorée. Il reste cependant différents points à revoir, souvent dans la formulation.

Merci pour les commentaires constructifs et la précision de lecture. Vous trouverez les réponses ci-dessous et les éléments corrigés en rouge dans le texte.

Abrégé :

- la section d'introduction des résumés ne présentent pas les mêmes éléments en français et en anglais, et ne représentent pas bien l'introduction révisée du manuscrit, qui est maintenant plus centrée sur les qualités psychométriques et les problèmes liés aux évaluations du tronc existantes.

La partie introduction a été modifiée comme ceci :

« **Introduction :**

**Après un accident vasculaire cérébral (AVC), les déficits sensori-moteurs du tronc doivent être testés. Cependant, les qualités psychométriques des tests au niveau du tronc ont été peu étudiées. L'objectif était d'évaluer la fiabilité intra et inter-évaluateur du Modified Functional Reach Test (MFRT) et du test de sens positionnel du tronc chez des personnes présentant une hémiplégie post-AVC.**

- Dans la section méthodologie de l'abrégé en anglais, il n'est pas fait référence à l'analyse de Bland-Altman contrairement à l'abrégé en français. Le texte en anglais a été complètement revu.

- Des points sont encore utilisé pour indiquer les décimales de la version française. C'est également le cas dans certaines parties du texte et des tableaux par la suite.

Les points ont été remplacés par des virgules dans l'abstract, le texte et les tableaux :

« Pour le MFRT, les fiabilités moyennes inter-évaluateur ( $0,70 \leq \text{ICC} \leq 0,86$ ) et intra-évaluateur ( $0,64 \leq \text{ICC} \leq 0,91$ ) étaient bonnes à excellentes. Pour le test de sens positionnel, la fiabilité inter-évaluateur était excellente pour la mesure de l'erreur verticale ( $\text{ICC}=0,77$ ), alors qu'elle était mauvaise à faible pour l'erreur horizontale ainsi que pour la fiabilité intra-évaluateur. »

Déficit serait plus approprié que trouble.

Le texte a été modifié.

- Les valeurs des ICC pour les erreurs horizontales du test de repositionnement devraient être indiquées.

Le texte a été modifié comme ceci :

« Pour le test de sens positionnel, la fiabilité inter-évaluateur était excellente pour la mesure de l'erreur verticale (ICC=0,77) et mauvaise pour l'erreur horizontale (ICC = -0,03). La fiabilité intra-évaluateur était mauvaise à faible (-0,03 ≤ ICC ≤ 0,43).”

#### Introduction

- Ligne 1 : Perturbation n'est pas un terme de la CIF. Les auteurs devraient utiliser déficit. Revoir aussi le début de la seconde phrase pour éviter les répétitions.
- Ligne 4 : récupération motrice ou sensorimotrice

Le texte a été modifié comme ceci :

« Les déficits de force musculaire, des fonctions proprioceptives et de contrôle du tronc sont très fréquents suite à un accident vasculaire cérébral (AVC) [1–3]. Ils semblent fortement liés aux activités fonctionnelles debout (ex : équilibre, locomotion, transfert), aux risques de chutes et à la récupération sensori-motrice [4,5].”

#### Matériel et méthode :

Section design : Les physiothérapeutes expérimentés en neurologie avaient-ils de l'expérience également pour faire passer le test, chez des sujets sains et ou AVC ?

Les évaluateurs avaient une connaissance des tests, mais, inégales, de ce fait une phase de standardisation par répétition des tests auprès de sujets sains a été réalisée avant les expérimentations (cet élément est dit dans la partie méthode).

- Description du test de sens positionnel du rachis : Table électrique peut être le terme utilisé dans le jargon professionnel, mais semble inapproprié ici. À réglage électrique ?

Le texte a été modifié comme ceci :

« Derrière le patient, était positionnée une table à réglage électrique pour ajuster la hauteur du pointeur laser sur un repère (le physiothérapeute inscrivait une croix au crayon dermique sur la vertèbre cible T12). »

- Même paragraphe : La projection du laser sur le tronc du sujet était-elle marquée au crayon, au risque d'une imprécision, ou le sujet devait-il maintenir la position pendant que l'évaluateur faisait la mesure, au risque d'induire de la fatigue ?

Comme écrit dans le texte, la projection du laser est notée au moyen d'une croix. « le physiothérapeute inscrivait une croix au crayon dermique sur la vertèbre cible T12 ». Etant donné que c'est une croix et que la projection du laser converge avec le centre de la croix, il n'y a pas de risque d'imprécision.

- La plupart des valeurs sont indiquées avec 2 décimales, ce qui représente des dixièmes de millimètres pour les valeurs d'erreur. Étant donné l'erreur associée à la simple lecture des distances, au marquage des différents points, ce niveau de détail est inutile (idem pour l'âge et autres valeurs cliniques ainsi que dans les tableaux). Par ailleurs, l'outil de mesure des distances n'est pas indiqué (règle rigide, ruban, collé au mur...).

Tous les résultats ont été ramenés à une décimale après la virgule. Excepté pour les ICC où deux décimales sont recommandées.

L'outil a été ajouté :

« La divergence entre la projection du laser et le centre de la croix était mesurée verticalement et horizontalement avec une règle rigide. »

- Analyse de Bland-Altman pour le MFRT : indiquer également la précision des mesures entre les limites d'agrément (faible variabilité) en plus de l'écart faible entre les mesures.

L'information a été ajoutée :

« L'analyse de Bland Altman montrait une différence moyenne inférieure à 0,75cm entre les évaluateurs et inférieure à 2,6cm entre les sessions ainsi qu'une LA95% inférieure entre 3,1cm et 14,5cm (tableau 4). »

Discussion :

3e paragraphe : l'argumentation concernant le nombre de sujets est illogique. Dans la première partie, il est proposé que les résultats obtenus par les auteurs aient un intervalle de confiance à 95% large du fait du petit effectif. Mais qu'une autre étude, avec un effectif plus petit, avait des intervalles de confiance à 95% plus petits. Il faudrait expliquer les différences de largeurs d'intervalle de confiance différemment.

Le texte a été modifié en ce sens :

« La fiabilité inter-évaluateur du MFRT était bonne à excellente et donc suffisante pour utiliser ce test en pratique clinique. Néanmoins, lorsque les participants réalisaient un mouvement vers l'avant ou vers le côté non parétique, les ICC étaient plus faibles et les IC95% étaient plus élevés que dans l'étude de Katz-Leurer et al. [31]. Cependant, cette étude menée sur 10 sujets présentant une hémiparésie post-AVC en phase subaiguë, a testé la concordance des résultats entre deux essais successifs pour une même session. De ce fait, l'écart temporel entre les essais 1 et 2 était inexistant ce qui limite le biais lié à la fatigue inhérente aux autres activités des sujets sur une journée. »

Paragraphe avant les limites : mentionner le coût plutôt que le prix.

Le texte a été modifié comme ceci :

« Pour le MFRT et le test de sens positionnel, la faisabilité est bonne car la durée est courte, le coût est faible, l'entraînement des évaluateurs est facile et l'équipement est simple. »

Paragraphe sur les limites : reformuler "liés ... à l'aveugle", 2 fois dans ce paragraphe. Corriger aussi transposer pour transposé.

Ces éléments ont été modifiés dans le texte :

« De ce fait, les participants avaient des atteintes modérées et les résultats ne peuvent pas être transposés aux patients ayant des atteintes plus sévères. »

« Enfin, l'approche méthodologique « en aveugle » a été respectée entre les évaluateurs, mais pas pour la fiabilité intra-évaluateur alors que c'est un critère qui doit normalement être respecté selon les critères COSMIN. »

Conclusion :

Revoir "stabilité générée par le déplacement". Il est rare que le déplacement augmente la stabilité.

Le texte a été modifié comme ceci :

« Ce test a l'avantage de dissocier la capacité de contrôle du tronc lors d'un déplacement vers la côté parétique et non parétique ainsi que vers l'avant. »

Tableaux 2 et 3 : indiquer dans les notes de bas de tableau ce que sont les valeurs (moyenne  $\pm$  écart-type possiblement) pour les deux premières colonnes, et la signification de NA

Merci pour ce commentaire. Nous avons ajouté les éléments demandés aux tableaux.

---

Évaluateur n°2 : Merci pour ces modifications et commentaires. L'article est à présent très complet.

Nous remercions l'évaluateur 2 pour sa lecture attentive et son appréciation positive.

**SAVOIR**

**Fiabilité intra et inter-évaluateur du *Modified Functional Reach Test* et du sens  
positionnel du tronc pour les patients ayant une hémiplégie après un accident  
vasculaire cérébral**

***Intra- and inter-rater reliability of the Modified Functional Reach Test and the Joint  
Position Trunk test for patients with hemiparesis after a stroke***

**Anne-Violette Bruyneel<sup>1</sup>, Aline Reinmann<sup>1</sup>, Caroline Sordet<sup>2</sup>, Pablo Venturelli<sup>2</sup>,  
Irmgard Feldmann<sup>1,2</sup>, Armin Schnider<sup>2</sup>, Emmanuel Guyen<sup>2</sup>.**

<sup>1</sup>Haute école de santé Genève, HES-SO Haute école spécialisée de Suisse occidentale

<sup>2</sup>Hôpitaux Universitaires de Genève

**Auteur correspondante :** Anne-Violette Bruyneel

Professeure Assistante à la Haute Ecole de santé de Genève.

Rue des Caroubiers 25, CH- 1227 Carouge, Suisse

Tél: +33 6 76 58 34 68 / +41 22 388 34 95

[Anne-violette.bruyneel@hesge.ch](mailto:Anne-violette.bruyneel@hesge.ch)

**Conflit d'intérêt :** les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

**Ethique :** Cette étude a obtenu l'accord de la commission cantonale d'éthique de la recherche (CCER Genève – 2018-02026).

**Fonds :** cette étude a été financée par le fonds de recherche interne du domaine santé de la HES-SO (projet 02-A18).

## RESUME :

**Introduction.** - Après un accident vasculaire cérébral (AVC), les déficits sensori-moteurs du tronc doivent être testés. Cependant, les qualités psychométriques des tests au niveau du tronc ont été peu étudiées. L'objectif était d'évaluer la fiabilité intra et inter-évaluateur du *Modified Functional Reach Test* (MFRT) et du test de sens positionnel du tronc chez des personnes présentant une hémiplégie post-AVC.

**Méthode.** - 15 participants présentant une hémiplégie post-AVC en phase subaiguë ont été inclus. Le MFRT et le test de sens positionnel du rachis ont été évalués par deux physiothérapeutes lors d'une première session. Après un repos de 2 à 4h, une seconde session similaire a été réalisée. La fiabilité a été évaluée par le calcul de l'indice de corrélation intra-classe (ICC) et l'analyse de Bland et Altman.

**Résultats.** - Pour le MFRT, les fiabilités moyennes inter-évaluateur ( $0,70 \leq \text{ICC} \leq 0,86$ ) et intra-évaluateur ( $0,64 \leq \text{ICC} \leq 0,91$ ) étaient bonnes à excellentes. Pour le test de sens positionnel, la fiabilité inter-évaluateur était excellente pour la mesure de l'erreur verticale ( $\text{ICC}=0,77$ ) et mauvaise pour l'erreur horizontale ( $\text{ICC} = -0,03$ ). La fiabilité intra-évaluateur était mauvaise à faible ( $-0,03 \leq \text{ICC} \leq 0,43$ ).

**Discussion – conclusion.** - Le test MFRT est suffisamment fiable pour être utilisé en pratique clinique pour évaluer l'équilibre assis. En revanche, le test de sens positionnel du rachis semble très difficile à appliquer dans de bonnes conditions en cas d'AVC.

**Mots clés :** AVC ; Équilibre ; Proprioception ; Sens positionnel ; Tronc

**Niveau de preuve :** 3

## **ABSTRACT :**

**Introduction:** After a stroke, the sensory-motor deficits of the trunk should be tested. However, little research has been done on the psychometric qualities of trunk testing. The objective was to assess the intra- and inter-rater reliability of the Modified Functional Reach Test (MFRT) and the Trunk Positional Sense Test in individuals with post-stroke hemiparesis.

**Method:** 15 participants with subacute post-stroke hemiparesis were included. The MFRT and Trunk Positional Sense Test were evaluated by two physiotherapists in a first session. After rest of 2-4 hours, a second similar session was conducted. Reliability was assessed by calculating the intraclass correlation (ICC) and Bland-Altman analysis.

**Results:** For the MFRT, the mean inter-rater was good to excellent ( $0,70 \leq \text{ICC} \leq 0,86$ ), while intra-rater reliability was good to excellent ( $0,64 \leq \text{ICC} \leq 0,91$ ). For the Trunk Positional Sense Test, inter-rater reliability was excellent for vertical error measurement ( $\text{ICC}=0,77$ ) and poor for the horizontal error ( $\text{ICC} = -0,03$ ). Intra-rater reliability was poor to weak ( $-0,03 \leq \text{ICC} \leq 0,43$ ).

**Discussion - conclusion:** The MFRT test is reliable enough to be used in clinical practice to assess sitting balance. The trunk positional sense test seems very difficult to apply under good conditions in the event of a stroke.

**Key words:** Stroke; Balance; Proprioception; Joint position sense; Trunk

**Level of evidence:** 3

## INTRODUCTION

Les déficits de force musculaire, des fonctions proprioceptives et de contrôle du tronc sont très fréquents suite à un accident vasculaire cérébral (AVC) [1–3]. Ils semblent fortement liés aux activités fonctionnelles debout (équilibre, locomotion, transfert), aux risques de chutes et à la récupération sensori-motrice [4,5]. Étant donné ce lien et la potentielle valeur prédictive des déficits du tronc sur le statut fonctionnel des patients, il est recommandé de tester les capacités au niveau du tronc dès le début de la prise en charge du patient après un AVC [2]. De plus, une méta-analyse a mis en évidence que les exercices du tronc doivent être une priorité de la rééducation [1].

Pour obtenir un examen objectif de qualité, le choix des tests doit être guidé principalement par la faisabilité dans le contexte clinique et par les qualités psychométriques [6]. Trois revues de littérature ont mis en évidence que les tests fiables au niveau du tronc considérés sont principalement des échelles ordinales qui évaluent la capacité des patients à réaliser une tâche après un AVC [7–9]. Toutefois, ces approches sont moins sensibles aux changements que les analyses quantitatives de l'activité d'équilibre assis [10] et elles n'intègrent pas l'évaluation de la fonction proprioceptive [11]. Cependant, les études de fiabilité sont très peu nombreuses pour ces tests.

Les troubles proprioceptifs chez les patients avec une hémiplégie post-AVC auraient plusieurs origines. D'une part, la spasticité et les faiblesses musculaires semblent induire une moins bonne sensibilité des capteurs [12] et, d'autre part, le système nerveux central traite l'information de façon anormale suite à la lésion hémisphérique [13]. Par rapport à des sujets asymptomatiques, les patients ont une augmentation de l'erreur positionnelle (stathésie) au niveau des membres [14–16], alors que la kinesthésie (seuil de détection de mouvement) est difficile à évaluer car elle nécessite des outils mécaniques complexes [17]. En cas d'AVC, les déficits proprioceptifs semblent influencer négativement la stabilité des articulations, la

coordination, le contrôle postural et l'apprentissage [18,19], ce qui constitue un frein à la récupération sensori-motrice [20]. Seules quatre études ont testé le sens positionnel du rachis après un AVC, qui consiste à évaluer la capacité à repositionner le tronc dans une position cible sans support visuel [4,5,21,22]. Par rapport à des sujets sains, les patients semblent présenter une augmentation de l'erreur positionnelle du rachis en phase subaigüe [21] et chronique qui serait liée à la capacité d'équilibre debout [4]. Le sens positionnel du rachis serait amélioré suite à une rééducation par imagerie motrice [22] ou par des exercices de transferts de poids en position assise [5]. Ces résultats doivent toutefois être considérés avec prudence car aucune étude de fiabilité n'a été menée sur l'évaluation de la fonction proprioceptive du tronc pour des personnes après un AVC, alors que ces tests sont considérés comme fiables pour des sujets sains et lombalgiques [23,24].

En cas d'AVC, les tests quantitatifs évaluant l'activité d'équilibre assis stable et instable ont montré une asymétrie d'appui [25] et des difficultés de contrôle du tronc [26,27] qui affectent l'équilibre debout [2,27] et la marche [28]. Suite à des exercices améliorant l'équilibre assis, la fonction motrice debout était meilleure [5,29], ainsi que les fonctions des membres supérieurs [30]. Seule la fiabilité du *Modified Functional Reach Test* (MFRT) a été évaluée [31]. Ce test consiste à évaluer l'équilibre assis dynamique lors d'un déplacement du tronc dans différentes directions. La fiabilité intra-session était modérée à excellente sur 10 sujets, sans que les fiabilités intra- et inter-évaluateur n'aient été testées. Considérant l'importance des caractéristiques de faisabilité clinique d'un test [6], le MFRT a l'avantage d'être simple à réaliser, court et peu coûteux.

L'objectif de cette étude était l'évaluation de la fiabilité (intra et inter-évaluateur) du MFRT et d'un test de sens positionnel du rachis pour des patients ayant une hémiparésie post-  
AVC. Notre hypothèse était que le MFRT et le test de sens positionnel du rachis ont des indices

de corrélation intra-classe (ICC) supérieurs à 0,70 ce qui permet d'utiliser ces tests en pratique clinique [32].

## MATERIEL ET METHODE

### ***Population***

La population cible correspondait aux sujets ayant une hémiparésie post-AVC et étant âgés de 50 à 75 ans. Les sujets devaient avoir eu un épisode unique d'AVC, maximum trois mois avant le recrutement (phase subaiguë), et être en situation de stabilité médicale. Le choix de la phase subaiguë est justifié par le potentiel de récupération élevé et par les recommandations d'évaluation précoce des troubles du tronc [2,33]. Pour la compréhension des consignes des tests, les sujets devaient avoir un résultat au *Mini-Mental State Examination* (MMSE) supérieur à 22 [21]. De plus, ils devaient être capables de tenir assis pendant 30 secondes de manière autonome [5]. Les sujets étaient exclus s'ils avaient d'autres pathologies affectant l'équilibre, des pathologies ou des douleurs rachidiennes et des complications médicales.

Tous les sujets ont été recrutés dans le service de neuro-rééducation des Hôpitaux Universitaires de Genève. Le patient était informé oralement de l'étude, puis après un délai de réflexion de 24h, il avait une explication complémentaire avant de signer, s'il le souhaitait, le formulaire de consentement. Pour favoriser un consentement libre, c'est une personne indépendante au service qui réalisait cette étape. Cette étude a obtenu l'accord de la commission cantonale d'éthique de la recherche (CCER Genève – 2018-02026).

### ***Design***

Le design est de type observationnel pour une étude de fiabilité (**figure 1**).

Une première visite permettait de réaliser des tests cliniques d'inclusion et de caractérisation des sujets. Lors de la première session de tests, deux évaluateurs (physiothérapeutes expérimentés en neurologie) ont testé le MFRT et le sens positionnel du rachis auprès de tous les sujets. Après 2 à 4h (consigne de se reposer), le premier évaluateur répétait la même session de tests dans la même journée. La première session de tests durait 1h et la deuxième session 20 minutes. L'ordre des évaluateurs et des tests était aléatoire. Les évaluateurs étaient en aveugle pour les données recueillies par l'autre évaluateur.

### ***Procédure des tests***

#### *Tests cliniques de caractérisation*

L'équilibre debout et assis étaient testés par le *Balance Assessment in Sitting and Standing* (BASS) [34]. La phase statique consistait à tester les réactions posturales des sujets en position debout et assise lors d'une poussée externe dans quatre directions (devant, derrière, gauche et droite). Pour la phase dynamique, trois objets étaient placés sur le sol (devant/gauche, devant et devant/droite) et le sujet devait les ramasser. Une note de « 0 » (le sujet a besoin d'un support externe) à « 4 » (stable sans aide externe) était attribuée pour le statique et de « 0 » (pas de possibilité de prendre les objets) à « 3 » (objets ramassés sans aide externe) pour la partie dynamique. La note totale était sur 14 points.

La force du tronc a été testée à l'aide d'un dynamomètre à pression. Cette méthode est considérée comme fiable dans le cas de l'hémiparésie post-AVC [35,36]. Le sujet était en position assise stable. Le dynamomètre était successivement placé sur la partie latérale du tronc – zone sous-axillaire (test de l'inclinaison parétique puis non parétique), sur le sternum (test de flexion) et sur la vertèbre T4 (test d'extension). Le sujet devait pousser contre le dynamomètre pendant une durée de 5 secondes. La valeur maximale de force était relevée en Newton (N). Pour favoriser une bonne fiabilité, l'évaluateur stabilisait son membre dans l'axe du

dynamomètre, contre le mur. Deux essais ont été réalisés avec un repos de 30 secondes entre chaque test.

Enfin, le *Timed Up and Go* a été évalué pour la mobilité fonctionnelle [37]. Le participant était assis sur une chaise (avec accoudoirs), il se levait, devait marcher 3 mètres, réaliser un demi-tour dans 1m<sup>2</sup>, puis re-marcher 3m avant de revenir s’asseoir sur la chaise. Au départ, l'espace entre les pieds correspondait à la largeur du bassin. Pour se lever ou pour s’asseoir, les participants pouvaient utiliser les mains et avoir une aide technique pendant le test. La durée pour réaliser la tâche était mesurée en secondes. Ce test possède une bonne fiabilité chez les patients présentant une hémiparésie [37].

#### *Description du MFRT*

Le MFRT était réalisé dans un environnement calme. Le participant était en position assise sur un tabouret, le côté non parétique était positionné de profil par rapport au mur, pieds à plat sur le sol, avec les hanches, les genoux à 90° de flexion [31]. L'épaule du côté du mur était en flexion à 90°, coude tendu, poing fermé et la position de l'articulation métacarpo-phalangienne était notée sur le mur (repère 1). Le sujet se penchait le plus loin possible vers l'avant avec le bras à l'horizontal en gardant l'équilibre (*figure 2*). Le repère de l'articulation métacarpo-phalangienne était alors noté dans cette nouvelle position (repère 2). La distance entre les deux repères était alors relevée.

Le sujet était ensuite assis dos au mur, membres supérieurs le long du corps. L'emplacement de l'acromion était noté (repère 1) avant que le sujet ne se penche le plus loin possible vers le côté non parétique ou parétique grâce à une inclinaison du tronc. Dans cette position, la position de l'acromion était à nouveau notée (repère 2) et la distance horizontale, par rapport au repère 1 était relevée. Le sujet effectuait deux essais d'entraînement, avant de réaliser trois mesures successives dans chaque direction.

### *Description du test de sens positionnel du rachis*

La procédure du test de sens positionnel du rachis était basée sur une étude de fiabilité sur des sujets sains [23] et sur des études utilisant ce test en cas d'hémiparésie post-AVC [4,5,21]. Le sujet était dans un environnement calme, en position assise stable standardisée sur tabouret. Les pieds étaient sur le sol, écartés de la largeur du bassin. Le patient avait les yeux fermés pour éviter un feedback visuel. Derrière le patient, était positionnée une table à réglage électrique pour ajuster la hauteur du pointeur laser sur un repère (le physiothérapeute inscrivait une croix au crayon dermique sur la vertèbre cible T12). Le sujet faisait une flexion du tronc jusqu'à une position cible de 30° et maintenait cette position pendant 5 secondes afin de la mémoriser. Lors du maintien de la position, l'évaluateur réglait la hauteur de la table, de manière à ce que la projection du laser, fixé sur la table, converge avec le centre de la croix (*figure 3*). Le sujet revenait en position neutre et faisait 2 rotations successives du tronc avant de se repositionner dans la position cible. La divergence entre la projection du laser et le centre de la croix était mesurée verticalement et horizontalement avec une règle rigide. Le patient faisait un essai d'entraînement suivi de trois tests réels successifs.

### *Traitements des données et statistiques*

Le traitement des données consistait pour la force musculaire à normaliser les données avec le poids du sujet selon la formule suivante :

$$\text{Force musculaire} = (\text{Valeurs force (N)} = \frac{\text{valeur mesurée (N)}}{\text{poids (kg)}} \times 100).$$

La moyenne des différents essais était calculée pour chaque test (force musculaire, MFRT et sens positionnel), à chaque session (session 1 et session 2) et pour chaque évaluateur (évaluateur 1 et évaluateur 2).

Les statistiques descriptives consistaient à calculer des moyennes et des écart-types pour les variables quantitatives et des fréquences pour les variables qualitatives.

Pour évaluer la fiabilité intra-évaluateur du MFRT et du test de sens positionnel, la concordance des données entre la session 1 et la session 2 était testée par le modèle ICC (3,k) [38]. La fiabilité inter-évaluateur était évaluée par la concordance des données entre l'évaluateur 1 et l'évaluateur 2 testée par le modèle ICC (2,k). Une valeur d'ICC inférieure à 0,40 était considérée comme mauvaise, entre 0,40 et 0,59 faible, entre 0,60 et 0,74 bonne et supérieure à 0,75 était excellente [39]. Pour chaque ICC, l'intervalle de confiance à 95% (IC 95%) a été calculé. Afin d'apprécier les erreurs en termes d'unités de mesure, si l'ICC était supérieur ou égal à 0,60, l'erreur standard de mesure (ESM – unité de mesure) était calculée selon cette formule :

$$ESM = (\text{écart} - \text{type 1er test}) * \sqrt{(1 - ICC)}.$$

A partir de l'ESM, le Changement Minimal Déetectable (CMD) a été calculé selon la formule suivante :  $\text{CMD} = \text{ESM} * 1,96 * \sqrt{2}$ .

Les statistiques ont été réalisées sur le logiciel SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, USA, V.22.0, 2020).

Une analyse graphique de Bland et Altman a été réalisée pour évaluer l'erreur systématique. La limite d'agrément à 95% (LA95%) représentait 2 écart-types au-dessous et en-dessous de la moyenne des différences (biais) soit entre les sessions, soit entre les évaluateurs.

## RESULTATS

Quinze sujets ont été inclus dans cette étude (âge :  $60,9 \pm 9,5$  ans). Le groupe comprenait neuf hommes et six femmes ayant eu un AVC ischémique depuis moins de trois mois. L'hémiparésie était du côté gauche pour 10 des 15 sujets. Les caractéristiques démographiques

et les résultats aux tests cliniques sont décrits dans le **tableau I**. Le BASS avait un score total moyen de  $12,2 \pm 3,15$  sur 14 points. Les participants ont obtenu un sous-score statique de  $3,8 \pm 0,3$  sur 4 points pour la position assise et  $3,1 \pm 1,1$  sur 4 points pour la position debout. En dynamique, le score était de  $2,9 \pm 0,4$  sur 3 points pour la position assise et de  $2,2 \pm 1,1$  sur 3 points pour la position debout. Deux sujets n'ont pas pu réaliser le TUG car leur niveau moteur était trop faible.

### ***Modified functional reach test***

La fiabilité inter-évaluateur était excellente pour l'évaluation du déplacement dans les directions antérieure (ICC = 0,81[0,51–0,93], ESM = 2,9 cm, CMD = 8,0 cm) et du côté parétique (ICC = 0,86[0,62-0,95], ESM = 2,2 cm, CMD = 6,0 cm, **tableau II**). En revanche, la fiabilité était « bonne » lorsque la direction non parétique était testée.

Les résultats étaient plus variables pour la fiabilité intra-évaluateur. Ainsi, les ICC étaient excellents pour le déplacement antérieur (ICC = 0,75[0,30-0,92], ESM = 5,6 ; CMD = 15,4 cm, *tableau II*) et pour le côté parétique (ICC = 0,91[0,73-0,97], ESM = 1,7 cm ; CMD = 4,6 cm, **figure 4**), alors que l'ICC était bon pour le déplacement du côté non parétique (*tableau II*).

L'analyse de Bland Altman montrait une différence moyenne inférieure à 0,75 cm entre les évaluateurs et inférieure à 2,6 cm entre les sessions ainsi qu'une LA95% inférieure entre 3,1cm et 14,5 cm (**tableau IV**).

### ***Sens positionnel du rachis***

La fiabilité inter-évaluateur était bonne pour la mesure de l'erreur verticale (ICC = 0,77 [0,46-0,92], ESM = 0,4 cm ; CMD = 1,2 cm, **figure 5**), alors qu'elle était mauvaise pour l'erreur horizontale (**tableau III**).

Lorsque la fiabilité intra-évaluateur était testée, l'ICC était faible pour l'erreur verticale et mauvais pour l'erreur horizontale (**tableau III**).

L'analyse de Bland Altman montrait une différence moyenne inférieure à 0,1 cm entre les évaluateurs et inférieure à 0,4 cm entre les sessions (**tableau IV**).

## DISCUSSION

La proprioception est évaluée en pratique clinique par les tests de fonction proprioceptives (stathésie, kinesthésie) et d'activité d'équilibre [11,40]. L'approche complémentaire des tests de fonction et d'activité liés à la proprioception est pertinente étant donné que les personnes après un AVC ont des atteintes variées et peu corrélées entre elles [41].

Pour le MFRT, les résultats ont confirmé notre hypothèse d' $ICC > 0,70$  pour toutes les directions de déplacement du tronc, excepté pour le côté non parétique entre la session 1 et 2.

L'erreur systématique était faible alors que la LA95% était supérieure à 10 cm pour le déplacement antérieur. Pour le test de sens positionnel du tronc, seule la fiabilité inter-évaluateur de l'erreur verticale est supérieure à 0,70. Ces résultats contrastés mettent en exergue toute l'importance d'évaluer les qualités psychométriques des tests dans le contexte de l'hémiparésie post-AVC avant de les utiliser en recherche et en pratique clinique.

Le MFRT a l'avantage de dissocier les capacités d'équilibre assis lors d'une auto-déstabilisation dans trois directions. Ce point est essentiel car, suite à un AVC, les personnes ont des asymétries importantes en position assise lors des déplacements des membres supérieurs selon que le mouvement est réalisé vers le côté parétique ou non parétique [43].

La fiabilité inter-évaluateur du MFRT était bonne à excellente et donc suffisante pour utiliser ce test en pratique clinique. Néanmoins, lorsque les participants réalisaient un mouvement vers l'avant ou vers le côté non parétique, les ICC étaient plus faibles et les IC 95% étaient plus

élevés que dans l'étude de Katz-Leurer et al. [31]. Cependant, cette étude menée sur 10 sujets présentant une hémiplégie post-AVC en phase subaiguë, a testé la concordance des résultats entre deux essais successifs pour une même session. De ce fait, l'écart temporel entre les essais 1 et 2 était inexistant ce qui limite le biais lié à la fatigue inhérente aux autres activités des sujets sur une journée. Lors de l'évaluation intra-évaluateur, le choix de l'intervalle de temps entre deux sessions doit être suffisamment long pour éviter le biais de mémorisation pour l'évaluateur et suffisamment court pour que la situation clinique des participants soit stable. La durée appropriée entre deux tests pour la fiabilité intra-évaluateur est de 1 jour maximum en phase d'AVC subaiguë [44] et de 7 jours en phase chronique [45]. L'intervalle choisi était de 2 à 4h ce qui garantissait une stabilité du participant tout en permettant un repos entre les sessions. Les meilleurs résultats observés pour la fiabilité inter-évaluateur ainsi que lors d'un test-retest [31] par rapport à la fiabilité intra-évaluateur observée dans notre étude suggèrent que le MFRT serait particulièrement sensible au moment de réalisation des tests. Lorsque deux sessions sont séparées sur une même journée, il n'est pas possible d'exclure une fatigue induite par d'autres activités (malgré les consignes de repos) et par la durée des tests de l'étude (1h20). D'un point de vue clinique, le respect du même horaire entre deux sessions de tests pourrait donc favoriser une meilleure fiabilité intra-évaluateur.

Les résultats du test de sens positionnel du rachis sont plus contrastés. Alors que Enoch et al. [23] ont observé une excellente fiabilité inter-évaluateur chez des sujets sains et lombalgiques, Petersen et al. [24] ont observé une fiabilité test-retest plus faible pour des sujets asymptomatiques. C'est pour cette raison que nous avons choisi la méthode d'Enoch et al. utilisant un test au laser qui semblait plus fiable [23]. En cas d'AVC, nous avons observé que seule la fiabilité inter-évaluateur de l'erreur verticale était supérieure à 0,70 et donc utilisable en pratique clinique. Lors des tests, l'erreur horizontale a également été relevée, alors que ce n'est habituellement pas le cas [5,22]. Learman et al. ont proposé la dissociation de l'erreur

positionnelle du tronc selon les directions car ils avaient observés que l'erreur horizontale était corrélée à la Berg Balance Scale et à la *Postural Assessment Scale for Stroke*, ce qui n'était le cas pour l'erreur verticale [21]. Etant donné l'asymétrie générée par l'hémiplégie et ces différences, la dissociation de l'erreur selon les directions pouvait donc s'avérer pertinente. Mais, la fiabilité étant trop faible, l'évaluation de l'erreur positionnelle horizontale semble ne pas pouvoir être utilisée pour la pratique clinique.

Lors de la réalisation de la méthode au laser, l'évaluation de l'erreur positionnelle est centrée sur un seul point de repère au niveau du rachis. Alors que cette technique est fiable pour des sujets sains [23], elle ne semble pas assez précise pour des personnes ayant une hémiplégie post-AVC. D'autres moyens ont été utilisés dans ce contexte, tels qu'un système tridimensionnel ou électromagnétique d'analyse du mouvement [4,21,48] ou encore les inclinomètres digitaux [5,22]. Cependant, la fiabilité de ces outils n'a pas été évaluée dans le cas de l'AVC et ils sont moins facilement accessibles en pratique clinique (coût et extraction des données).

Chez les sujets sains, l'erreur positionnelle dépend d'une part de l'âge des sujets et d'autre part de la méthode du test [49]. Ainsi, pour l'évaluation des membres supérieurs, l'erreur positionnelle est moins importante lorsque c'est le membre ipsilatéral qui est repositionné que lorsque la consigne a été donnée pour le membre contralatéral. Pour le tronc, une seule méthode est possible : la position cible est maintenue pendant 5 seconde, puis le patient réalise les mouvements avant de se re-positionner dans la position cible, ce qui correspond à la méthode ipsilatérale. Cette procédure fait donc appel à la proprioception, mais, également à la concentration et à la mémoire [49]. De ce fait, les troubles cognitifs présents en cas d'hémiplégie post-AVC peuvent constituer une limite à la bonne réalisation du test et expliquer les plus faibles fiabilités que pour des sujets sains [23]. Les études utilisant le test de sens positionnel du tronc pour des personnes ayant une hémiplégie n'ont pas précisé l'état cognitif

des sujets [4,5,21,22]. Or, selon Gobble et al. [49], les cliniciens doivent être prudents lorsque la correspondance ipsilatérale est utilisée pour évaluer l'acuité proprioceptive des individus qui sont susceptibles d'avoir des troubles de la mémoire. En effet, dans ce cas, une partie de l'erreur positionnelle mesurée pourrait refléter les déficits cognitifs ou de mémoire.

**Le choix de l'utilisation d'un test en pratique clinique dans le domaine de l'AVC doit être guidé par quatre éléments essentiels : l'objectif de la mesure, les capacités du patient, les qualités psychométriques et la faisabilité du test [6].** Pour le MFRT et le test de sens positionnel, la faisabilité est bonne car la durée est courte, le coût est faible, l'entraînement des évaluateurs est facile et l'équipement est simple. Cependant, ces tests ne sont applicables que pour des patients ayant une atteinte cognitive faible et suffisamment de stabilité en position assise. De plus, les résultats montrent que le MFRT présente des qualités de fiabilité suffisantes pour réaliser le test, mais, qu'elles sont insuffisantes pour le test de sens positionnel du tronc. Etant donné le lien entre les fonctions proprioceptives et les activités d'équilibre assis et debout [4], il est nécessaire que de futures études explorent d'autres tests de statoesthésie du tronc.

*Les limites* de cette étude étaient liées au recrutement, aux déficits cognitivo-moteurs des sujets et à la méthodologie « en aveugle ». Les atteintes importantes aux niveaux moteur et/ou cognitif des patients hospitalisés limitaient le nombre de sujets répondant aux critères d'inclusion et pouvant intégrer l'étude. De ce fait, la taille de l'effectif est réduite et les résultats doivent être considérés avec prudence. Nous avons volontairement choisi la phase subaiguë car les enjeux de récupération sont maximaux à cette période-là [2,33]. Etant donné le lien potentiel entre les déficits proprioceptifs et d'équilibre du tronc avec les capacités motrices [4], l'évaluation en phase subaiguë est indispensable pour mettre en place préocemment une rééducation du tronc adaptée [1]. De plus, nous souhaitions développer une étude avec une applicabilité forte en centre de rééducation et nous avons donc ciblé la population habituellement rééduquée. Toutefois, pour réaliser ces tests dans de bonnes conditions, les

prérequis de maintien autonome de la position assise pendant 30 secondes et de MMSE > 22 devaient être respectés d'une part pour la faisabilité motrice du test et d'autre part pour la compréhension de consignes [31]. De ce fait, les participants avaient des atteintes modérées et les résultats ne peuvent pas être transposés aux patients ayant des atteintes plus sévères. Malgré les critères d'éligibilité strictes, certains sujets ont eu des difficultés à réaliser les tests, principalement par la fatigue. Enfin, l'approche méthodologique « en aveugle » a été respectée entre les évaluateurs, mais pas pour la fiabilité intra-évaluateur alors que c'est un critère qui doit normalement être respecté selon les critères COSMIN. Toutefois, pour respecter les conditions cliniques des tests et l'applicabilité, il est difficilement envisageable qu'une tierce personne relève les mesures.

## **Conclusion – perspectives**

Cette étude a pour originalité d'avoir centré les évaluations sur l'activité d'équilibre assis et sur la fonction proprioceptive du tronc pour des patients après un AVC, dans un contexte où ces capacités semblent fortement liées à la motricité fonctionnelle et à la récupération. Les résultats ont montré que le MFRT peut être utilisé en pratique clinique pour évaluer les capacités de contrôle du tronc en dynamique. Ce test a l'avantage de dissocier la capacité de contrôle du tronc lors d'un déplacement vers la côté parétique et non parétique ainsi que vers l'avant. Le test de sens positionnel du rachis présente une fiabilité acceptable pour la pratique clinique lorsque le test est réalisé entre deux évaluateurs pour tester l'erreur positionnelle verticale. En revanche, la fiabilité inter-évaluateur de l'erreur horizontale et la fiabilité intra-évaluateur semblent insuffisantes pour utiliser cette mesure. Les résultats sont transposables uniquement à des patients présentant des atteintes modérées en phase subaiguë et devront être confirmés à l'avenir par une étude incluant un plus grand nombre de participants. Ce travail constitue une base pour développer des tests proprioceptifs du tronc de qualité qui pourront

ensuite être intégrés dans la recherche et la pratique clinique afin de développer une stratégie thérapeutique du tronc mieux adaptée après un AVC.

## REFERENCES

- [1] Van Crielinge T, Saeys W, Hallemans A, Velghe S, Viskens P-J, Vereeck L, et al. Trunk biomechanics during hemiplegic gait after stroke: A systematic review. *Gait Posture* 2017;54:133–43. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.03.004>.
- [2] Kong KH, Ratha Krishnan R. Truncal impairment after stroke: clinical correlates, outcome and impact on ambulatory and functional outcomes after rehabilitation. *Singapore Med J* 2019. <https://doi.org/10.11622/smedj.2019153>.
- [3] Quintino LF, Franco J, Gusmão AFM, Silva PFDS, Faria CDCDM. Trunk flexor and extensor muscle performance in chronic stroke patients: a case-control study. *Braz J Phys Ther* 2018;22:231-7. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2017.12.002>.
- [4] Ryerson S, Byl NN, Brown DA, Wong RA, Hidler JM. Altered trunk position sense and its relation to balance functions in people post-stroke. *J Neurol Phys Ther* 2008;32:14–20. <https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e3181660f0c>.
- [5] Jung K, Kim Y, Chung Y, Hwang S. Weight-shift training improves trunk control, proprioception, and balance in patients with chronic hemiparetic stroke. *Tohoku J Exp Med* 2014;232:195–9.
- [6] Potter K, Fulk GD, Salem Y, Sullivan J. Outcome measures in neurological physical therapy practice: part I. Making sound decisions. *J Neurol Phys Ther* 2011;35:57–64. <https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e318219a51a>.
- [7] Bruyneel AV. Tests cliniques d'évaluation de l'équilibre assis et des tâches de transfert pour les patients atteints d'une hémiparésie secondaire à un accident vasculaire cérébral: revue de littérature. *Kinésithérapie, La Revue* n.d. <http://dx.doi.org/10.1016/j.kine.2017.08.021>.
- [8] Sorrentino G, Sale P, Solaro C, Rabini A, Cerri CG, Ferriero G. Clinical measurement tools to assess trunk performance after stroke: a systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med* 2018;54:772–84. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.18.05178-X>.
- [9] Verheyden G, Nieuwboer A, Van de Winckel A, De Weerdt W. Clinical tools to measure trunk performance after stroke: a systematic review of the literature. *Clin Rehabil* 2007;21:387–94. <https://doi.org/10.1177/0269215507074055>.
- [10] Perlmutter S, Lin F, Makhsoos M. Quantitative analysis of static sitting posture in chronic stroke. *Gait Posture* 2010;32:53–6. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2010.03.005>.
- [11] Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: A critical review of methods. *J Sport Health Sci* 2016;5:80–90. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.10.004>.
- [12] Yang J-M, Kim S-Y. Correlation of knee proprioception with muscle strength and spasticity in stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2015;27:2705–8. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2705>.
- [13] Son SM, Kwon YH, Lee NK, Nam SH, Kim K. Deficits of movement accuracy and proprioceptive sense in the ipsi-lesional upper limb of patients with hemiparetic stroke. *J Phys Ther Sci* 2013;25:567–9. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.567>.
- [14] Niessen MH, Veeger DH, Koppe PA, Konijnenbelt MH, van Dieën J, Janssen TW. Proprioception of the shoulder after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89:333–8. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.08.157>.

- [15] Lin S-I, Hsu L-J, Wang H-C. Effects of ankle proprioceptive interference on locomotion after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2012;93:1027–33. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2012.01.019>.
- [16] Yalcin E, Akyuz M, Onder B, Kurtaran A, Buyukvural S, Ozbudak Demir S. Position sense of the hemiparetic and non-hemiparetic ankle after stroke: is the non-hemiparetic ankle also affected? *Eur Neurol* 2012;68:294–9. <https://doi.org/10.1159/000342025>.
- [17] Niessen MH, Veeger DH, Meskers CG, Koppe PA, Konijnenbelt MH, Janssen TW. Relationship among shoulder proprioception, kinematics, and pain after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2009;90:1557–64. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.04.004>.
- [18] Santos GLD, Souza MB, Desloovere K, Russo TL. Elastic tape improved shoulder joint position sense in chronic hemiparetic subjects: a randomized sham-controlled crossover study. *PLoS ONE* 2017;12:e0170368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170368>.
- [19] Afzal MR, Byun H-Y, Oh M-K, Yoon J. Effects of kinesthetic haptic feedback on standing stability of young healthy subjects and stroke patients. *J Neuroeng Rehabil* 2015;12. <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0020-x>.
- [20] Yousif N, Cole J, Rothwell J, Diedrichsen J. Proprioception in motor learning: lessons from a deafferented subject. *Exp Brain Res* 2015;233:2449–59. <https://doi.org/10.1007/s00221-015-4315-8>.
- [21] Learman KE, Benedict JA, Ellis AR, Neal AR, Wright JA, Landgraff NC. An exploration of trunk reposition error in subjects with acute stroke: An observational design. *Top Stroke Rehabil* 2016;23:200–7. <https://doi.org/10.1080/10749357.2016.1138671>.
- [22] Oh D-S, Choi J-D. The effect of motor imagery training for trunk movements on trunk muscle control and proprioception in stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2017;29:1224–8. <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1224>.
- [23] Enoch F, Kjaer P, Elkjaer A, Remvig L, Juul-Kristensen B. Inter-examiner reproducibility of tests for lumbar motor control. *BMC Musculoskelet Disord* 2011;12:114. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-12-114>.
- [24] Petersen CM, Zimmermann CL, Cope S, Bulow ME, Ewers-Panveno E. A new measurement method for spine reposition sense. *J Neuroeng Rehabil* 2008;5:9. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-5-9>.
- [25] Tasseel-Ponche S, Yelnik AP, Bonan IV. Motor strategies of postural control after hemispheric stroke. *Neurophysiol Clin* 2015;45:327–33. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2015.09.003>.
- [26] van Nes IJW, Nienhuis B, Latour H, Geurts ACH. Posturographic assessment of sitting balance recovery in the subacute phase of stroke. *Gait Posture* 2008;28:507–12. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.03.004>.
- [27] Genthon N, Vuillerme N, Monnet JP, Petit C, Rougier P. Biomechanical assessment of the sitting posture maintenance in patients with stroke. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2007;22:1024–9. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.07.011>.
- [28] Morishita M, Amimoto K, Matsuda T, Arai Y, Yamada R, Baba T. Analysis of dynamic sitting balance on the independence of gait in hemiparetic patients. *Gait Posture* 2009;29:530–4. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.12.005>.
- [29] Moon S-J, Kim T-H. Effect of three-dimensional spine stabilization exercise on trunk muscle strength and gait ability in chronic stroke patients: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation* 2017;41:151-9. <https://doi.org/10.3233/NRE-171467>.
- [30] Lee B-K. Influence of the proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programs on idiopathic scoliosis patient in the early 20s in terms of curves and balancing abilities:

- single case study. *J Exerc Rehabil* 2016;12:567–74.  
<https://doi.org/10.12965/jer.1632796.398>.
- [31] Katz-Leurer M, Fisher I, Neeb M, Schwartz I, Carmeli E. Reliability and validity of the modified functional reach test at the sub-acute stage post-stroke. *Disabil Rehabil* 2009;31:243–8. <https://doi.org/10.1080/09638280801927830>.
- [32] Henrica C. W. de Vet, Terwee C., Mokkink L. B., Knol D. L. Mesurement in clinical medicine: a practical guide. Cambridge university press; 2011.
- [33] Bernhardt J, Hayward KS, Kwakkel G, Ward NS, Wolf SL, Borschmann K, et al. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: the stroke recovery and rehabilitation roundtable taskforce. *Neurorehabil Neural Repair* 2017;31:793–9. <https://doi.org/10.1177/1545968317732668>.
- [34] Huang C-Y, Song C-Y, Chen K-L, Chen Y-M, Lu W-S, Hsueh I-P, et al. Validation and establishment of an interval-level measure of the balance assessment in sitting and standing positions in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2016;97:938–46.  
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2016.01.014>.
- [35] Karthikbabu S, Chakrapani M. Hand-held dynamometer is a reliable tool to measure trunk muscle strength in chronic stroke. *J Clin Diagn Res* 2017;11:YC09–YC12.  
<https://doi.org/10.7860/JCDR/2017/28105.10672>.
- [36] Aguiar LT, Martins JC, Lara EM, Albuquerque JA, Teixeira-Salmela LF, Faria CDM. Dynamometry for the measurement of grip, pinch, and trunk muscles strength in subjects with subacute stroke: reliability and different number of trials. *Braz J Phys Ther* 2016;20:395–404. <https://doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0173>.
- [37] Chan PP, Si Tou JI, Tse MM, Ng SS. Reliability and validity of the timed up and go test with a motor task in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2017.  
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.03.008>.
- [38] Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropr Med* 2016;15:155–63.  
<https://doi.org/10.1016/j.jcm.2016.02.012>.
- [39] Cicchetti DV. Guidelines, criteria, and rules of thumb for evaluating normed and standardized assessment instruments in psychology. *Psychological Assessment* 1994;6:284–90. <https://doi.org/10.1037/1040-3590.6.4.284>.
- [40] Bruyneel AV. Évaluation de la proprioception : tests de stathésie et kinesthésie. EMC 2016.
- [41] Kenzie JM, Semrau JA, Hill MD, Scott SH, Dukelow SP. A composite robotic-based measure of upper limb proprioception. *J Neuroeng Rehabil* 2017;14:114.  
<https://doi.org/10.1186/s12984-017-0329-8>.
- [42] Choi S-J, Shin W-S, Oh B-K, Shim J-K, Bang D-H. Effect of training with whole body vibration on the sitting balance of stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2014;26:1411–4.  
<https://doi.org/10.1589/jpts.26.1411>.
- [43] Messier S, Bourbonnais D, Desrosiers J, Roy Y. Weight-bearing on the lower limbs in a sitting position during bilateral movement of the upper limbs in post-stroke hemiparetic subjects. *J Rehabil Med* 2005;37:242–6. <https://doi.org/10.1080/16501970510026007>.
- [44] Gray VL, Ivanova TD, Garland SJ. Reliability of center of pressure measures within and between sessions in individuals post-stroke and healthy controls. *Gait Posture* 2014;40:198–203. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.03.191>.
- [45] Gasq D, Labrunée M, Amarantini D, Dupui P, Montoya R, Marque P. Between-day reliability of centre of pressure measures for balance assessment in hemiplegic stroke patients. *J Neuroeng Rehabil* 2014;11:39. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-39>.
- [46] Rinderknecht MD, Lambery O, Raible V, Büsching I, Sehle A, Liepert J, et al. Reliability, validity, and clinical feasibility of a rapid and objective assessment of post-

- stroke deficits in hand proprioception. *J Neuroeng Rehabil* 2018;15:47. <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0387-6>.
- [47] Lee KM, Lee J, Chung CY, Ahn S, Sung KH, Kim TW, et al. Pitfalls and important issues in testing reliability using intraclass correlation coefficients in orthopaedic research. *Clin Orthop Surg* 2012;4:149–55. <https://doi.org/10.4055/cios.2012.4.2.149>.
- [48] Liao C-F, Liaw L-J, Wang R-Y, Su F-C, Hsu A-T. Electromyography of symmetrical trunk movements and trunk position sense in chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2015;27:2675–81. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2675>.
- [49] Goble DJ. Proprioceptive acuity assessment via joint position matching: from basic science to general practice. *Phys Ther* 2010;90:1176–84. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090399>.

## LÉGENDES DES FIGURES:

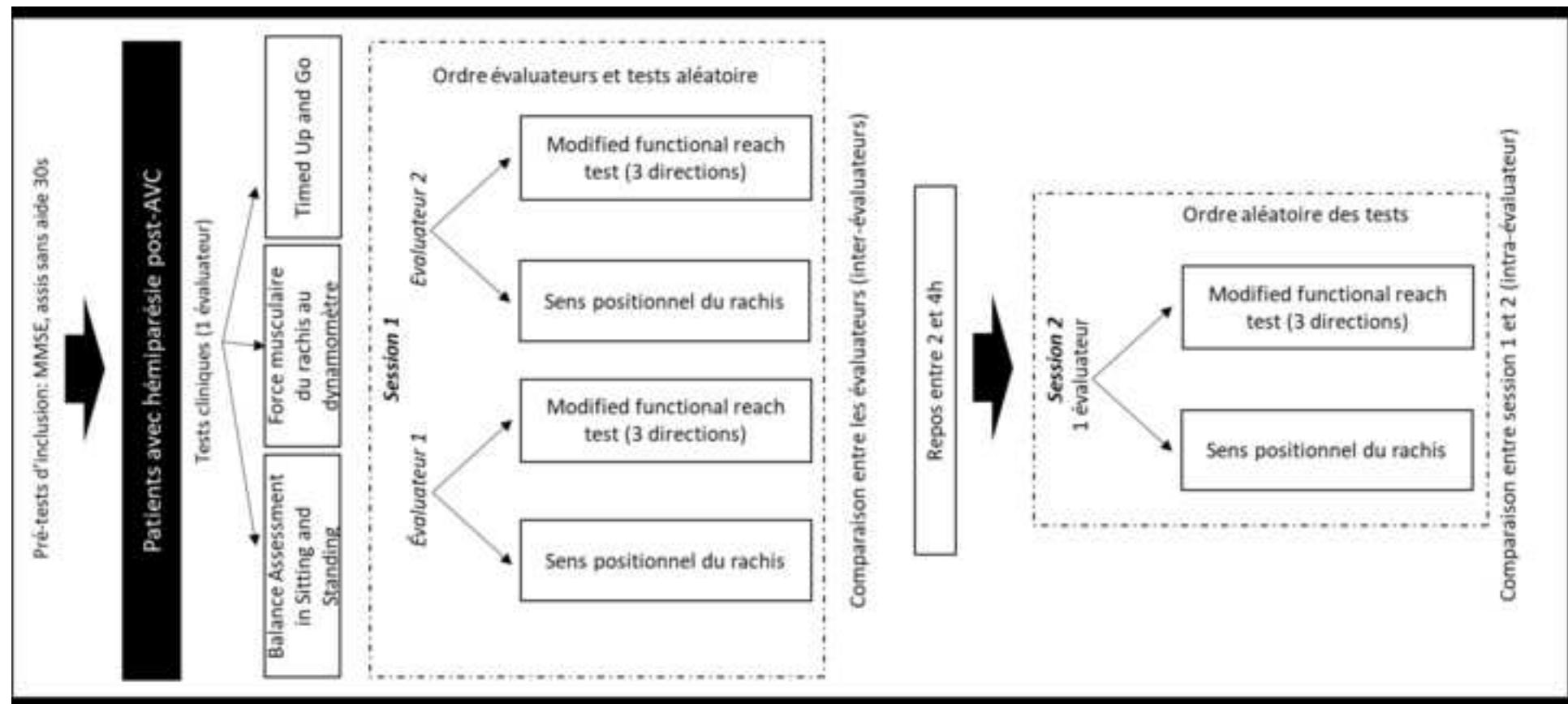
**Figure 1:** schéma expérimental de l'étude.

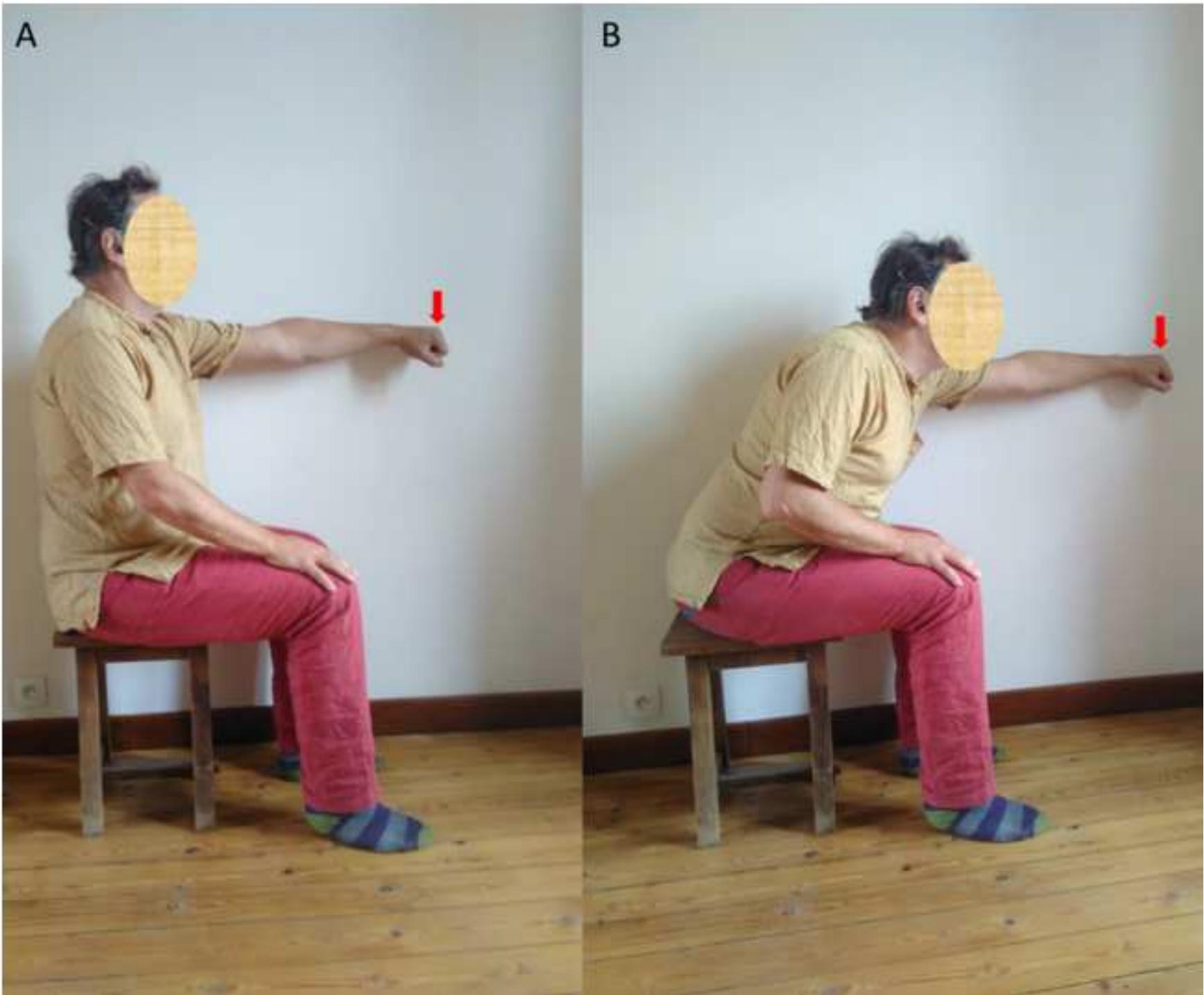
**Figure 2:** Description du *Modified Functional Reach Test* pour le déplacement antérieur.

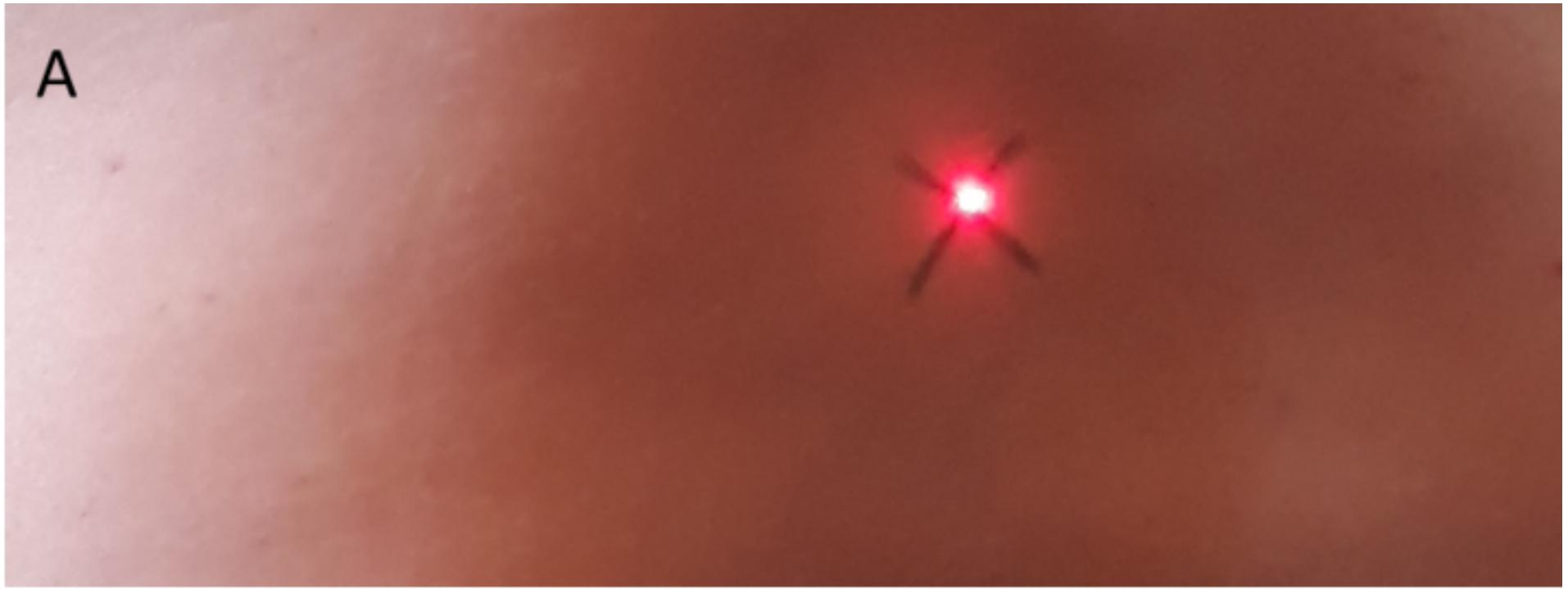
**Figure 3:** Test de sens positionnel. La figure A représente la position cible donnée par l'évaluateur. Dans cette position, la projection du laser correspond au centre de la croix marquée sur T12. La figure B représente la phase où le patient doit retrouver la position cible. Il y a une divergence entre la projection du laser et le centre de la croix. L'erreur positionnelle horizontale (en rouge) et verticale (en vert) est alors mesurée.

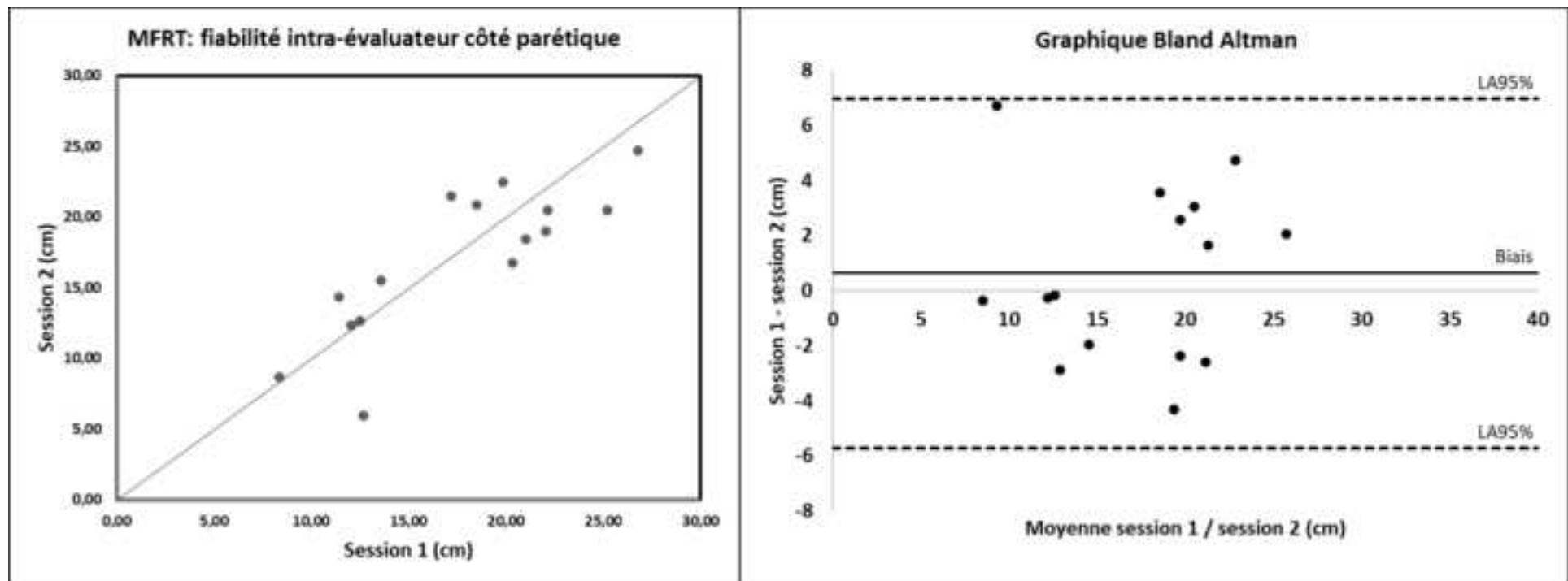
**Figure 4:** Fiabilité intra-évaluateur pour le *Modified Functional Reach test* lors l'inclinaison est réalisée du côté parétique. La droite correspond à l'équité parfaite théorique. Le graphique de droite représente l'analyse de Bland et Altman avec les limites d'agrément à 95% (LA95%) et le biais.

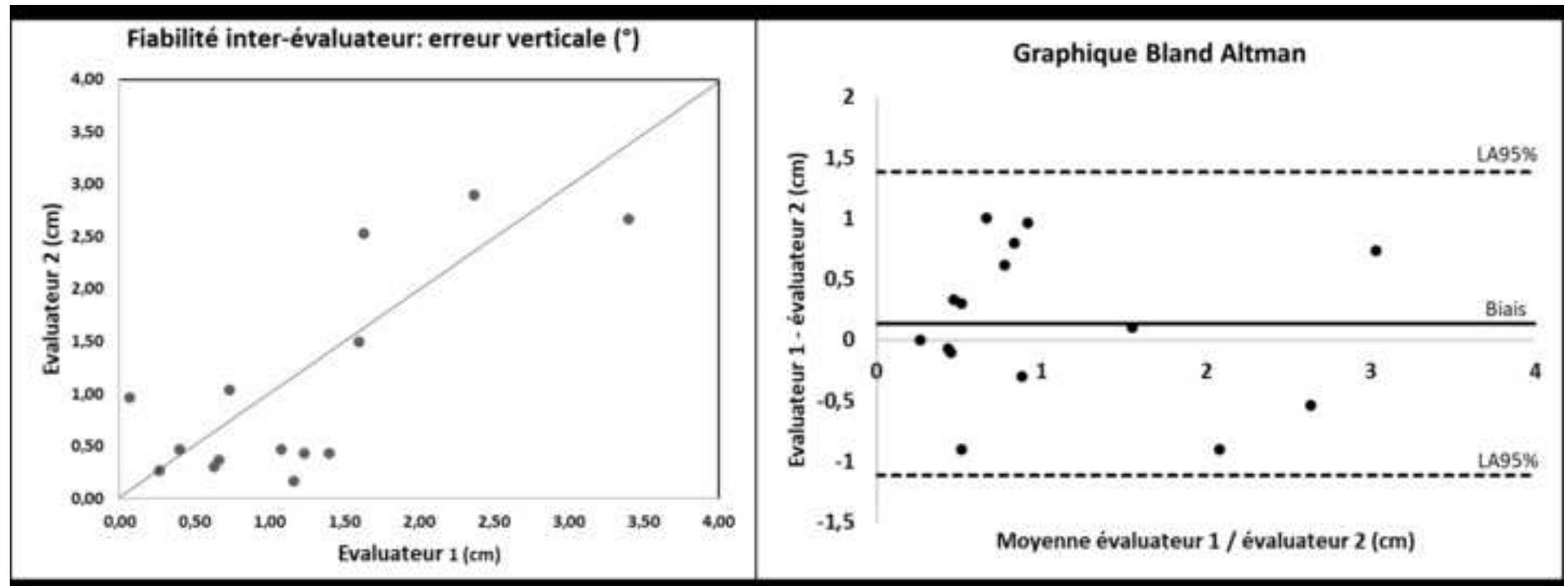
**Figure 5:** Fiabilité inter-évaluateur pour l'erreur verticale du test de sens positionnel. La droite correspond à l'équité parfaite théorique. Le graphique de droite représente l'analyse de Bland et Altman avec les limites d'agrément à 95% (LA95%) et le biais.











**Tableau I.** Caractéristiques démographiques du groupe.

Variables	Résultats (N=15)
Age (années)	$60,9 \pm 9,5$
Taille (cm)	$171,8 \pm 8,9$
Poids (kg)	$73,5 \pm 14,6$
Genre (nombre)	9 hommes / 6 femmes
Côté parétique (nombre)	5 droits / 10 gauches
Mini Mental State Examination (score / 30)	$25,9 \pm 2,4$
Balance assessment in sitting and standing position	$12,2 \pm 3,1/14$
Force du tronc côté parétique (%)	$29,7 \pm 10,2$
Force du tronc du côté non parétique (%)	$31,3 \pm 9,0$
Force antérieure du tronc (%)	$36,7 \pm 12,5$
Force postérieure du tronc (%)	$46,1 \pm 15,6$
Timed Up and Go test (s)	$22,0 \pm 19,2$

Les données sont représentées par les moyennes et les écart-types pour les données quantitatives et nombre de sujets pour les données qualitatives.

**Tableau II.** Fiabilité intra et inter-évaluateur pour le *Modified Functional Reach test* (cm)

Fiabilité inter-évaluateur					
Paramètres	EVA 1 (cm)	EVA 2 (cm)	ICC <sub>{2,k}</sub> [IC95%]	ESM (cm)	CMD (cm)
<i>Antérieur</i>	34,8 ± 9,1	34,6 ± 6,7	0,81 <sub>[0,51-0,93]</sub>	2,9	8,0
<i>Parétique</i>	17,6 ± 5,5	17,6 ± 5,8	0,86 <sub>[0,62-0,95]</sub>	2,2	6,0
<i>Non parétique</i>	18,0 ± 4,6	17,3 ± 5,1	0,70 <sub>[0,31-0,89]</sub>	2,8	7,7
Fiabilité intra-évaluateur					
Paramètres	Session 1 (cm)	Session 2 (cm)	ICC <sub>{3,k}</sub> [IC95%]	ESM (cm)	CMD (cm)
<i>Antérieur</i>	34,8 ± 9,1	32,2 ± 7,3	0,75 <sub>[0,30-0,92]</sub>	5,6	15,4
<i>Parétique</i>	17,6 ± 5,5	16,9 ± 5,3	0,91 <sub>[0,73-0,97]</sub>	1,7	4,6
<i>Non parétique</i>	18,0 ± 4,6	15,8 ± 4,9	0,64 <sub>[0,02-0,87]</sub>	2,8	7,6

EVA : évaluateur ; ICC : indice de corrélation intra-classes ; ESM : erreur standard de mesure ; CMD : Changement Minimal Déetectable.

**Tableau III.** Fiabilité intra et inter-évaluateur pour le sens positionnel du tronc

Fiabilité inter-évaluateur					
Paramètres	EVA 1 (cm)	EVA 2 (cm)	ICC <sub>(2,k)</sub> [IC95%]	ESM (cm)	CMD (cm)
<i>Erreur verticale</i>	1,1 ± 0,8	1,0 ± 0,9	0,77 <sub>[0,46-0,92]</sub>	0,4	1,2
<i>Erreur horizontale</i>	0,8 ± 0,7	0,6 ± 1,1	0,08 <sub>[-0,47-0,57]</sub>	NA	NA
Fiabilité intra-évaluateur					
Paramètres	Session 1 (cm)	Session 2 (cm)	ICC <sub>(3,k)</sub> [IC95%]	ESM	CMD (cm)
<i>Erreur verticale</i>	1,1 ± 0,9	0,8 ± 0,6	0,44 <sub>[-0,19-0,67]</sub>	NA	NA
<i>Erreur horizontale</i>	0,8 ± 0,7	0,4 ± 0,4	-0,03 <sub>[-0,43-0,63]</sub>	NA	NA

EVA : évaluateur ; ICC : indice de corrélation intra-classes ; ESM : erreur standard de mesure ; CMD : Changement Minimal Déetectable ; NA : non applicable.

**Tableau IV:** analyse de Bland et Altman.

	N= 15	Evaluateur 1 vs. Evaluateur 2		Session 1 vs. Session 2	
		Différence moyenne (biais)	LA95%	Différence moyenne (biais)	LA95%
MFRT	Antérieur (cm)	0,2	10,2	2,6	14,5
	Parétique (cm)	0,0	3,1	0,6	6,3
	Non parétique (cm)	0,7	3,8	2,2	9,5
Sens positionnel	Vertical (cm)	0,1	1,2	0,4	1,8
	Horizontal (cm)	0,1	2,5	0,3	0,8