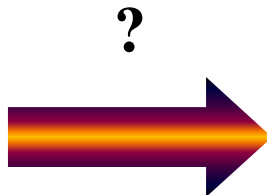


INTERETS ET LIMITES DE L'UTILISATION DE LA WII FIT™ COMME OUTIL DE  
REEDUCATION DU CONTROLE POSTURAL CHEZ CINQ PERSONNES  
HEMIPLEGIQUES



Mélanie LE GLEAU  
Année 2008/2009

## Présentation du stage

J'ai réalisé 6 semaines de stage dans l'unité de Neurologie Soins de suite à l'Hôpital St Jacques de Nantes, du 08/09/08 au 17/10/08. Il se situe au pôle MPR (Médecine physique et Réadaptation). Les pathologies essentiellement rencontrées étaient hémiplegie, sclérose en plaque, chirurgie d'escarre. Les patients considérés dans ce travail écrit, faisaient partie de ce service et de celui des cérébro-lésés. Une équipe pluridisciplinaire assure la prise en charge de l'ensemble des patients : médecins, infirmiers, aides soignants, ergothérapeutes, orthophonistes, masseur kinésithérapeutes, assistante sociale et éducateurs sportifs.

## Résumé

Cinq hémiplésiques gauches, en phase de récupération, présentent des troubles du contrôle postural qui influencent leurs capacités fonctionnelles. Ils bénéficient pendant quatre semaines d'une prise en charge dite « classique » couplée à une rééducation sur plateforme de stabilométrie puis sur Wii fit™ (selon l'évolution du patient). L'objectif de ce travail écrit est de déterminer dans quelles mesures l'utilisation de la Wii fit™ serait judicieuse dans la rééducation des cinq patients. Deux d'entre eux ont d'emblée utilisé la Wii fit™ en position debout. Les trois autres, l'ont utilisé en positions debout, assise, et genoux dressés. A J30, l'ensemble des patients présente une progression de leur contrôle postural mais aussi de leur autonomie. Nous allons déterminer en quoi la Wii fit™ aurait participé à cette amélioration et tenter d'établir des critères selon lesquels elle pourrait être un instrument rééducatif pertinent.

## Mots Clés

- Hémiplégie
- Rééducation biofeedback
- Contrôle postural
- Réalité virtuelle
- Interactif

## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2. POPULATION PRISE EN CHARGE</b> .....	<b>1</b>
<b>2.1 Physiopathologie de l'équilibre chez les personnes hémiplegiques :</b> .....	<b>1</b>
<b>2.2 Critères d'inclusion/exclusion</b> .....	<b>2</b>
<b>2.3 Présentation des patients</b> .....	<b>2</b>
<b>3. CHOIX DES OUTILS D'EVALUATION ET DE SUIVI</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1 Evaluation de l'équilibre statique à J1</b> .....	<b>4</b>
3.1.1 Echelle d'équilibre de Berg (Berg balance scale) .....	4
3.1.2 Stabilométrie statique [16] [17] [18] [19]: .....	5
<b>3.2 Evaluation de la marche à J1</b> .....	<b>6</b>
<b>3.3 Evaluation fonctionnelle à J1 par la MIF</b> .....	<b>7</b>
<b>4. PRISE EN CHARGE KINESITHERAPIQUE PAR BIOFEEDBACK</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1 Descriptif des exercices utilisés sur plate-forme Satel®</b> .....	<b>7</b>
<b>4.2 Rééducation sur la Wii fit™ : support de réalité virtuelle</b> .....	<b>9</b>
4.2.1 Mr C. ....	10
4.2.2 Mr H. ....	11
4.2.3 Mr.L, Mr.P, et Mme.N : .....	11
<b>5. EVALUATION FINALE A J30</b> .....	<b>12</b>
<b>5.1 Evolution des différents paramètres d'évaluation sur 30 jours chez les cinq patients pris en charge (moyenne):</b> .....	<b>12</b>
<b>5.2 Evaluation de la marche à J30</b> .....	<b>13</b>
<b>5.3 Bilan rééducatif sur la plate-forme Satel et la Wii fit</b> .....	<b>13</b>
<b>6. DISCUSSION</b> .....	<b>14</b>
<b>6.1 Autocritique</b> .....	<b>14</b>
<b>6.2 Avantages et inconvénients de la Wii fit™ par rapport à la plate-forme de stabilométrie type Satel® :</b> .....	<b>14</b>
<b>7. CONCLUSION</b> .....	<b>15</b>

## 1. INTRODUCTION

L'hémiplégie touche aujourd'hui **150000 nouveaux cas par an en France**. C'est une pathologie relativement fréquente d'étiologies diverses : AVC (Accident vasculaire cérébral), TC (Traumatisme crânien), tumeurs et autres. Les patients atteints présentent fréquemment des **troubles de l'équilibre** qui entraînent un **lourd handicap**. En effet, nombreux sont ceux qui chutent après retour à domicile, ce qui constitue un problème de santé publique majeur [1]. Il est donc essentiel que les professionnels de santé s'adaptent et actualisent au mieux leurs connaissances à ce sujet afin d'optimiser leur prise en charge.

La **réalité virtuelle** est une simulation informatique **interactive, immersive, visuelle, sonore et/ou haptique (le toucher), d'environnements réels ou imaginaires** (Wikipédia). L'attention portée à ce type de rééducation s'accroît. Des reportages ont été diffusés, notamment à la télévision française dans la prise en charge des personnes âgées, et des études sont actuellement menées aux Etats-Unis. La **Wii fit Balance Board™** (cf. *Annexe 1*) est parue le 25/04/2008 en France. Il s'agit d'un plateau blanc accessoire de la Wii® (console de jeux Nintendo®, *Annexe 1*), **capable de déterminer la position du centre de pression de la personne**, et la vitesse d'exécution des mouvements. Je me suis penchée sur la pertinence qu'elle pourrait présenter dans la rééducation de la **stabilité** et de **l'adaptation posturales** chez cinq patients hémiplégiques. (On définit la stabilité posturale comme la capacité d'un corps dérangé de son équilibre de revenir à son état, et l'adaptation posturale comme l'aptitude à contrôler son équilibre suite aux déstabilisations intrinsèques). Quels seraient les critères selon lesquels la Wii Fit constituerait un instrument rééducatif pertinent? Notons que la rééducation dite « classique » n'est pas ici décrite mais a néanmoins été réalisée.

## 2. POPULATION PRISE EN CHARGE

### **2.1 Physiopathologie de l'équilibre chez les personnes hémiplégiques :**

Le **système nerveux central** joue un **rôle essentiel dans le contrôle postural** : intègre, analyse, commande et même anticipe, rétroagit et fixe le référentiel égocentré [6] (cf. *Annexe 2*). Ceci explique pourquoi les **troubles du contrôle postural sont fréquents chez les hémiplégiques**. Ils font partie des facteurs pronostics majeurs de **récupération fonctionnelle**. Ils ont une **influence** importante sur **la marche, les activités de la vie quotidienne, et le risque de chute**. Ces troubles peuvent être liés à **l'asymétrie du contrôle moteur, à la spasticité, aux troubles de sensibilité**, aux troubles neuropsychologiques comme la **négligence visuo-spatiale** notamment. La capacité à sélectionner les informations sensorielles pertinentes pour l'équilibre peut être perturbée, altérée. Les informations visuelles deviennent alors fréquemment prépondérantes (**visuo-dépendance**), c'est un mécanisme compensatoire installé pour faire face aux troubles de l'équilibre. Or, cette dépendance serait réversible d'après les études, et permettrait un retentissement positif sur l'équilibre [1].

Les principales perturbations que nous pouvons observer sont [9]:

1. Une augmentation des oscillations posturales liées à une augmentation des oscillations corporelles confirmées par analyse cinématique ;
2. Une asymétrie de la répartition des appuis avec une décharge du côté lésé (appui de 60% à 90% du côté sain) ;
3. Une réduction de la limite de stabilité ;
4. Une réponse anormale aux modifications posturales.

**Coordination entre posture et mouvement [10] :** L'amélioration de l'**autonomie**, chez les patients hémiplégiques, est l'objectif essentiel pour envisager un retour à domicile. Celle-ci passe notamment par la **récupération de la marche**. Or, le **mouvement est une source de déséquilibre**. Deux mécanismes se mettent alors en jeu : la **réaction posturale** qui corrige l'effet de la perturbation et **l'ajustement postural** anticipé qui corrige la posture avant

que la perturbation ne se produise. **Posture et locomotion sont donc intimement liées.** Développer le contrôle postural s'avèrerait alors être une solution pour perfectionner la locomotion. L'**apprentissage** au cours de la rééducation permet la construction de nouveaux réseaux neuronaux adaptatifs qui assureraient un meilleur contrôle du mouvement.

## **2.2 Critères d'inclusion/exclusion**

### **Inclusion**

- Consentement éclairé du patient, et du prescripteur médical ;
- Patients de plus de 18 ans ;
- Premier épisode d'hémiplégie vasculaire datant de moins de 3mois ;
- Compréhension des exercices sur plate-forme et Wii ;
- Station debout maintenue sans aide pendant au moins 51,2 secondes yeux ouverts (temps nécessaire à l'acquisition des paramètres de stabilométrie) ;
- Marche possible sur 10 mètres avec ou sans aide ;
- Possibilité de translater le centre de pression plantaire du côté hémiplégique ;
- Patients bénéficiant d'emblée d'une rééducation sur plate-forme de stabilométrie.

### **Exclusion**

- Contre-indications médicales de type : risque d'épilepsie, pace maker ;
- Présence d'une maladie neurologique ou de troubles orthopédiques pouvant interférer sur l'équilibre ou la marche ;
- Troubles de la compréhension, nécessité d'avoir un MMS  $\geq 21$  (Mini Mental Status) [11] ;
- Héminégligence, trouble de la sensibilité superficielle ou profonde ne permettant pas la réalisation des exercices ;
- Déficit visuel sévère et non compensé compromettant la réalisation des exercices.

Cinq patients correspondent à l'ensemble de ces critères. Il s'avère qu'il s'agit de **cinq hémiplégiques gauches**, ceci n'étant pas un critère d'inclusion pourtant. En revanche, l'un d'entre eux est gaucher. Ces critères sont inspirés de deux études scientifiques publiées [11] [12], mais sont relativement plus larges puisqu'il s'est avéré difficile de discerner sur le lieu de stage, des patients qui pourraient correspondre au « profil » de cette étude. Dans ces études les patients hémiplégiques sont généralement victimes d'un AVC datant de moins de trois mois. **Il ne s'agit pas ici d'une étude scientifique à proprement parler mais d'une simple approche.**

Plusieurs travaux ont montré le **rôle prédominant joué par l'hémisphère droit dans les processus visuo-spatiaux**. A la suite d'une lésion de cet hémisphère, **la récupération de l'équilibre pourrait être plus difficile** en raison des possibilités de compensation limitées de l'hémisphère gauche [13]. **La rééducation posturale s'avère alors d'autant plus importante pour ces cinq patients.**

## **2.3 Présentation des patients**

L'âge moyen des cinq patients pris en charge est de 58,6 ans ( $\pm 19$ ). L'index moteur moyen est de 56,2/100 ( $\pm 19$ ), il permet d'évaluer la motricité dissociée. L'origine de l'hémiplégie est ici diverse et ne reflète pas les proportions réelles puisque 80% des hémiplégies sont dues à un AVC [14].

Le MMS permet une évaluation rapide de la compréhension, l'expression, la mémoire, le repérage spatio-temporel, l'attention, l'éventuelle héminégligence. Notons que l'héminégligence a été évaluée de manière plus complète avec les tests de barrage et de bissectrices. Les résultats du MMS sont précisés dans le *tableau I* suivant. On note MCT : mémoire à court terme et IM : index moteur.

	Mr. C	Mr. H	Mr. L	Mme. N	Mr. P
<b>Age</b>	41	57	78	73	44
<b>Date de l'accident</b>	17/01/2007	25/06/2008	08/08/2008	13/11/2007	05/05/2008
<b>Entrée au CHR</b>	02/10/2007	07/07/2008	25/08/2008	19/11/2008	06/06/2008
<b>Côté hémiplégique</b>	gauche	gauche	gauche	gauche	gauche
<b>Latéralité du patient</b>	droitier	gaucher	droitier	droitière	droitier
<b>Etiologie</b>	TC grave	AVC isch	AVC isch	Méningiome frontal droit	TC
<b>Situation sociale et familiale</b>	Epouse décédée, 1enfant (6ans) Entrepreneur immobilier Vit chez sa mère à Nantes  (hospitalisation de jour)	Marié, 1enfant. Retraité cadre informaticien  Vit à Nantes, dans une maison plain pied	Marié, 2 enfants  Retraité, directeur d'une maison de retraite Vit à Nantes, dans un appartement (2è étage)	Divorcée, 2enfants  Retraitée, laborantine  Vit à Nantes, dans une maison plain pied (1 marche d'accès)	Célibataire  Ingénieur informaticien Vivait à Lorient, dans un appartement  Retour chez sa mère le week end à Nantes
<b>Informations particulières</b>	AVP, pose d'une dérivation qui s'infecte puis cranioplastie	Injection au triceps sural de toxine botulique le 10 /09 /08			Dissection carotidienne interne droite  =>cranioplastie le 27/08/08
<b>Doléances</b>	Améliorer la dynamique de la marche: transfert d'appui+appui unipodal	Retour à domicile avec marche  correcte sans aide technique	Retour à domicile avec marche  autonome et en sécurité	Retour à domicile avec marche  autonome et en sécurité	Retour à domicile avec marche  autonome et en sécurité
<b>mb. inf</b>					
<b>Cognitif</b>	Troubles de la MCT et d'attention. MMS=25/30 Désinhibition temporaire	Aucun.  MMS=28/30	Héminégligence.  MMS=30/30	Héminégligence.  MMS=27/30	Héminégligence  MMS=28/30
<b>Approche clinique</b>	Port de lunettes  Cicatrice frontale	Lunettes  et écharpe	Lunettes et écharpe réposition et abaissement du bassin gauche	Lunettes et écharpe. Réposition et abaissement du bassin gauche, cicatrice frontale	Lunettes et écharpe. Réposition et abaissement du bassin gauche, cicatrice frontale
<b>Cutané, Trophique Circulatoire</b>	Pas de signes de phlébite	idem+chaussettes de contention Œdème main gauche	idem+chaussettes de contention	idem+bas de contention	idem+chaussettes de contention
<b>Douleurs</b>	Absente	Coude gauche à la mobilisation. EVA=40mm	A l'étirement des fléchisseurs du poignet et des doigts à gauche. EVA=30mm	Absente	Hyperesthésie des orteils  au toucher EVA=20mm
<b>Articulaires</b>	Aucune limitation	10° de flexion dorsale contre 15 à droite  (test genou tendu)	5° de flexion dorsale contre 10  à droite (test genou tendu)	Flexion dorsale limitée à 0°  contre 10 à droite (test genou tendu)	5° de flexion dorsale contre 10 à droite (test genou tendu déclenche des cloni)
<b>mb. Inf</b>					
<b>Neuro-moteur mb inf.</b>					
spasticité	Aucune	Absente au mb inf.	Absente au mb inf.	Triceps sural: cotation 1 sur l'échelle d'Ashworth modifiée Absente	Triceps sural: clonus, cotation 2 sur l'échelle d'Ashworth modifiée Diffusion
syncinésie	Absente	Absente	Imitation, diffusion		
moteur	dissocié IM=75/100	dissocié IM=75/100	dissocié IM=42/100	dissociée IM=42/100	schème en triple flexion du mb inf IM=47/100
<b>Sensibilité</b>	Pas de trouble	Pas de trouble	Pas de trouble	Troubles proprioceptifs (test de l'image miroir)	Ne sent pas le touché seulement le piqué. Difficulté de déterminer le sens du mouvement, l'image miroir.

**Tableau 1 : Présentation globale et évaluation des déficiences. Le bilan est ici axé sur le membre inférieur (mb. inf) sauf la douleur qui influence la posture.**

Remarque : Les données à prendre en compte essentiellement sont présentées en **bleu**.

### 3. CHOIX DES OUTILS D’EVALUATION ET DE SUIVI

Afin de mesurer l’évolution des patients, l’équilibre statique, la marche et les capacités fonctionnelles ont été évalués respectivement par l’échelle d’équilibre de Berg et la stabilométrie, la NFAC et le locomètre, et enfin la MIF (mesure d’indépendance fonctionnelle). **Ce choix est fonction des objectifs et principes** fixés concernant la rééducation sur plate-forme de stabilométrie et sur Wii fit™.

**Objectifs :** ☀ Développer le contrôle postural (maintenir, atteindre ou retrouver un état d’équilibre durant toute posture ou activité) en particulier l’adaptation posturale en position érigée et donc la confiance ;

☀ Solliciter le transfert d’appui à gauche en statique pour l’améliorer en dynamique, à la marche ;

☀ Améliorer l’autonomie et/ou la qualité de la marche.

**Principes :** ☀ La rééducation se faisant en station érigée, il est essentiel d’assurer la sécurité du patient ;

☀ Les patients ici considérés sont cérébro-lésés. Il convient donc de réaliser des pauses afin de respecter leur importante fatigabilité ;

☀ Les troubles cognitifs suscitent un manque de concentration et d’attention. La stimulation du patient s’avère alors indispensable.

#### 3.1 Evaluation de l’équilibre statique à J1

##### 3.1.1 Echelle d’équilibre de Berg (Berg balance scale)

Le score moyen est de 30/56 ( $\pm 21$ ). Il est à noter l’importante hétérogénéité du contrôle postural chez ces cinq patients. Ce test est réalisé sans aide technique. Elle est préférée aux tests de l’équilibre postural assis et debout (EPA/EPD) ou au Tinetti statique car elle est plus complète et adaptée aux personnes hémiplegiques ayant repris la marche [15]. C’est d’ailleurs la référence dans les recommandations pour la pratique clinique de l’HAS (Haute Autorité de santé). Un score  $\geq 45$  indiquerait une forte probabilité de ne pas tomber [15]

	Mr C	Mr H	Mr L	Mme N	Mr P
1. Transfert assis-debout	4	3	2	3	3
2. Station debout sans appui	4	3	2	2	3
3. Assis sans dossier mais les pieds en appui au sol ou sur un repose-pied	4	4	3	3	3
4. Transfert debout-assis	4	3	0	2	2
5. Transfert d’un siège à un autre	4	3	1	2	2
6. Station debout yeux fermés	3	3	0	3	3
7. Station debout les pieds joints	4	3	1	2	3
8. Station debout, atteindre vers l’avant, bras tendus	3	3	1	2	2
9. Ramassage d’un objet au sol	4	3	0	2	2
10. Debout, se tourner en regardant par-dessus son épaule droite et gauche	3	3	0	1	1
11. Tour complet (360°)	4	3	0	0	1
12. Debout, placer alternativement un pied sur une marche ou sur un marche-pied	3	2	0	0	1
13. Debout un pied devant l’autre	4	3	0	1	1
14. Station unipodale (droite/gauche)	3/2	2/1	1/0	1/0	1/0
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>41</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>25</b>

*Tableau II: Evaluation de l’équilibre statique par la Berg balance scale. Les cotations sont indiquées dans l’Annexe 3.*



### 3.1.2 Stabilométrie statique [16] [17] [18] [19]:

Le contrôle de la posture orthostatique met en jeu des mouvements très fins, non perceptibles à l'œil nu. . Un homme normal, debout, immobile, maintient la projection de son centre de pression (projection verticale du centre de gravité selon une marge d'erreur de 1%) à l'intérieur d'une surface de moins de 1cm<sup>2</sup>. Un instrument de mesure s'avère alors indispensable : le **stabilomètre**. C'est **un outil d'évaluation quantitative des troubles posturaux permettant d'enregistrer la trajectoire du centre de pression d'un patient**. Cette trajectoire correspond aux positions successives du point d'application de la résultante des forces de réactions s'exerçant au niveau du plan d'appui.



*Figure 1 : plate-forme Satel® et ses gabarits mobiles*

**Déroulement de l'enregistrement** : En début de prise en charge, **un examen stabilométrique statique est réalisé pour chacun des patients afin d'évaluer leur stabilité**. La cible visuelle doit être située à 90 cm de la plate-forme (distance visuelle de repos). Les pieds (avec bas de contention) du sujet doivent être placés avec précision sur la plate-forme, talons écartés de 2 cm, pieds s'écartant de 30°. Un gabarit mobile est utilisé pour contrôler ce positionnement, ce qui assure la reproductibilité de l'examen. Les renseignements obligatoires à fournir sont : la date de naissance, le sexe, la taille, le poids, la pointure,

le diagnostic et le prescripteur. **La durée de l'enregistrement est de 51,2 secondes**. L'offset des capteurs de la plate-forme doit être effectué pour un calibrage du matériel et disposer d'un référentiel d'acquisition étalonné. Trois mesures sont nécessaires selon l'AFP : **deux mesures yeux ouverts (YO)** (seule sera prise en compte la seconde, lors de la première le patient contrôle exagérément sa posture) et **une mesure yeux fermés (YF)**. Le statokinésigramme inscrit les positions successives échantillonnées du centre de pression par rapport à un référentiel dont l'origine est située au barycentre du polygone de sustentation. Quelques précisions à ce sujet sont apportées dans *l'Annexe 4*.

Les paramètres ainsi obtenus sont :

- ***X moyen*** est la moyenne des valeurs des abscisses du centre de pression sur le référentiel du statokinésigramme.

- ***Y moyen*** est la moyenne des valeurs des ordonnées du centre de pression sur le référentiel du statokinésigramme.

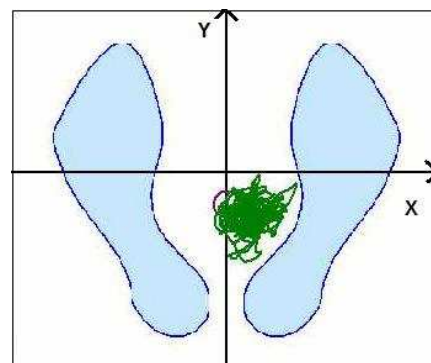
- ***La surface*** de l'ellipse de confiance qui contient 90% des positions échantillonnées du centre de pression est la mesure statistique la plus rigoureuse de la dispersion de ces positions.

- ***La longueur XY*** correspond à la distance parcourue par le centre de pression au cours de l'enregistrement.

- ***La LFS*** : Longueur par unité de surface. Elle évalue la dépense d'énergie nécessaire pour se stabiliser.

- ***Le Quotient de Romberg*** : apprécie la dépendance visuelle d'un sujet pour contrôler sa posture. C'est le quotient de la surface en situation yeux fermés par la surface en situation yeux ouverts multipliés par 100.  $QR = (Syf / Syo) * 100$ .

Remarque : d'autres paramètres sont exploitables comme le VFY mais ne sont pas ici étudiés.



*Figure 2 : L'origine O, du référentiel est située au barycentre du polygone de sustentation. Selon les conventions de Kyoto (1981) les mouvements droite-gauche sont repérés sur l'axe des X et les mouvements avant-arrière sont repérés sur l'axe des Y.*

Les patients présentent globalement une **augmentation, par rapport aux normes de la surface et de la longueur définie par leur centre de pression en condition yeux ouverts**

(YO) ou fermés (YF) (A J1, l'évaluation YF ne peut être faite pour Mr. L, car il ne peut maintenir son équilibre pendant 51,2 sec). Ces résultats concordent avec les particularités décrites dans la physiopathologie de l'équilibre chez les hémiplegiques (cf. 2.1). Pourtant la **LFS (dépense énergétique) s'avère dans les normes pour trois patients**. Par ailleurs, leur **centre de pression est localisé du côté opposé à l'hémiplégie (X positifs)**, à l'exception de Mr. C. D'après le quotient de Romberg, **aucun patient ne présenterait une dépendance visuelle excessive** pour s'équilibrer car  $Q < 288$ . Pourtant, des études ont démontré une dépendance exagérée à la vision des hémiplegiques [1] [11] [12].

		X moyen mm	Y moyen mm	Longueur mm	Surface mm <sup>2</sup>	LFS adulte	Q Romberg
Normes	YO	1,1 (-9,6/11,7)	-29,2 (-1,5/-57)	429 (307/599)	91 (39/210)	1 (-0,72/1,39)	288 (112/677)
	YF	0,3 (-10,5/11,1)	-27,5 (-3,6/-51,4)	613 (346/880)	225 (79/638)	1 (0,70/1,44)	
Mr.C	YO	-0,9	-45	939	803	1,31	165,56
	YF	-9,1	-44,5	1639	1330	1,2	
Mr.H	YO	5,3	-40	1013	854	1,34	132,79
	YF	10,8	-40	1283	1135	1,1	
Mr.L	YO	10,1	-37	1435	1643	1	
	YF			Non réalisable	à J1		
Mme.N	YO	35,4	-12,7	691	242	1,46	194,62
	YF	35,9	-21	1164	1322	0,85	
Mr.P	YO	21	-19,9	1108	551	1,83	101,9
	YF	19,5	-21,7	1593	562	2,12	

**Tableau III : Résultats du statokinésigramme à J1.** Les valeurs en vert sont dans la norme, celles en rouge en dehors.

### 3.2 Evaluation de la marche à J1

L'examen de la marche est réalisé à partir du **Locomètre®** sur une distance de 10m à l'exception d'un patient. Cet outil permet un **bilan précis et complet de la marche**. Il est **rigoureux et reproductible**. Pour Mr. L, l'évaluation porte sur un parcours de 10m (test validé par l'Afref), dans les barres parallèles, car l'équilibre dynamique est encore insuffisant pour utiliser une canne tripode.

	Mr.C	Mr.H	Mr.L	Mme.N	Mr.P
Temps (sec)	10	18	60	100	120
Nombre de pas	16	20	36	42	44
Vitesse (m/s) (comparée à la norme)	1 (-20%)	0,55 (-64%)	0,16	0,1 (-89%)	0,08 (-92%)
Longueur des pas (g-d) en m	0,66-0,68	1,84-0,98	0,34-0,17	0,19-0,21	0,52-0,23
Temps d'appui/temps de balancement	g: 57% d: 56%	g: 60% d: 70%		g:81% d:86%	g: 61% d: 86%
Steppage côté 1/2P	Absent	si fatigue	si fatigue	si fatigue	Présent
Déroulement du pas	correct	correct	anormal si fatigue	anormal si fatigue	anormal
Récurvatum du genou côté 1/2P	Absent	Absent	si fatigue	Absent	si fatigue
Fauchage	Absent	Présent	Absent	Absent	Présent
Dissociation des ceintures	Normale	Anormale	Absente	Anormale	Absente
Aide technique	Aucune	canne en T	Barres parallèles	canne tripode	canne tripode et releveur
Locomètre	réalisé sans aide	réalisé sans aide	impossibilité de réalisation	réalisé avec canne+releveur	réalisé avec canne+releveur

**Tableau IV : Examen de la marche.**

Notons que la vitesse de marche est le paramètre fonctionnel le plus utilisé pour évaluer la marche en pratique clinique [12] [14], c'est une technique sensible, pertinente et fiable, bien corrélée à l'indépendance fonctionnelle [20]. Cependant, celle-ci n'a pu être réalisée comme le recommande Eric Viel (2m d'élan, 10m d'évaluation chiffrée), la distance à parcourir dans les barres n'était pas assez importante.

Nous pouvons noter globalement une **réduction de la vitesse de marche** par rapport à la norme, et de la **longueur du pas du côté hémiplégique**. Une **augmentation du temps portant du côté hémiplégique et de la durée du double appui**.

	Mr.C	Mr.H	Mr.L	Mme.N	Mr.P
NFAC	7	6	1	2	2

**Tableau V : New Functional Ambulation Classification (NFAC).** La classification se fait selon 9 classes (cf Annexe 4).

La NFAC est l'échelle clinique de la marche la plus facile d'usage et celle qui décrit le mieux les progrès du malade [15].

### 3.3 Evaluation fonctionnelle à J1 par la MIF

La MIF, plutôt que l'Indice de Barthel, a été choisie car elle intègre les troubles cognitifs et le comportement social des patients (cf Annexe 5) [15]. Le score maximal est 126.

	Mr.C	Mr.H	Mr.L	Mme.N	Mr.P
MIF J1	113	103	87	89	89

**Tableau VI : Score total de chaque patient à la MIF.**

Il est à noter, l'importante diversité des capacités de récupération au sein du groupe de patients pris en charge.

## 4. PRISE EN CHARGE KINESITHERAPIQUE PAR BIOFEEDBACK

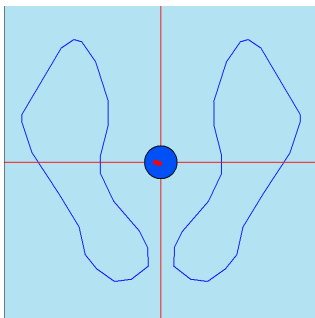
La prise en charge couple rééducation dite « traditionnelle » et rééducation sur plateformes de stabilométrie (Satel®) et/ou Wii fit™. Chacun des patients bénéficie de 2 heures de prise en charge kinésithérapique associée à 1 heure d'ergothérapie par jour, 5 jours par semaine (sauf Mr. C, 3 fois par semaine car dépendant du service HDJ, hôpital de jour).

**Vingt minutes sont consacrées à la rééducation sur plate-forme et/ou Wii fit™, 3 à 4 fois par semaine.** Les patients ici considérés utilisaient d'emblée le stabilomètre. Les jeux d'équilibre proposés sur la Wii fit™ ont été réalisés au préalable pour le « grand public ». Ils sont par conséquent plus difficiles que la rééducation sur plate-forme dont le niveau de difficulté peut être adapté. La Wii fit™ est donc utilisée en progression selon un protocole inspiré d'une étude de Kerdoncuff [11] (cf. 5.1). Les capacités de récupération sont hétéroclites au sein du groupe. Deux des patients sont pris en charge directement sur la Wii fit (niveau requis sur la plate-forme acquis) mais dans un **souci éthique**, bénéficient toujours de la rééducation sur plate-forme Satel® (1 séance chaque semaine). Les trois autres continuent à progresser sur la plate-forme.

### 4.1 Descriptif des exercices utilisés sur plate-forme Satel®

Les exercices permettent la rééducation des troubles de l'équilibre selon un **mode explicite, par biofeedback postural**. Le principe est de fournir au patient une rétro-information externe instrumentale visuelle sur ses propres performances dans un but d'apprentissage, par conditionnement en vue du sevrage de la rétro-information externe. Il s'agit d'une information de position et de mouvement qui permettrait une meilleure répartition des pressions entre les deux pieds [21]. (Les images sont issues du manuel d'utilisation de la plate-forme Satel® [19], la description des exercices est inspirée de l'article de Bogel [22])

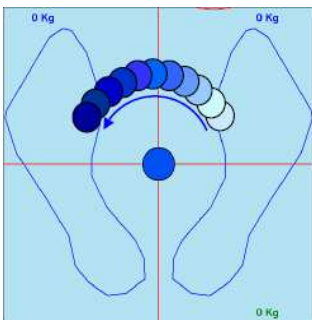
**Exercices de rééducation :** stabilisation, transfert d'appui, mise en charge, contrôle postural, aux niveaux 1 et 2. Une progression est respectée. Le passage d'un exercice à l'autre se faisant si la réussite est supérieure ou égale à 50%.



**Figure 3 : Stabilisation**

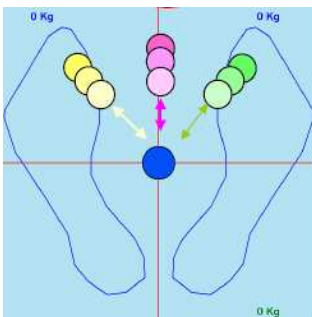
L'objectif est d'améliorer la stabilité posturale. Une cible apparaît au centre de l'écran. La chenille représentative du centre de pression (CP, en rouge sur l'image) ne doit pas sortir de cette cible. La difficulté est augmentée par une réduction de la surface réelle de la cible par un zoom de l'image des pieds (la taille apparente de la cible n'est pas modifiée). Le pourcentage de réussite est donné en fin d'exercice. Il y a possibilité de masquer la cible, c'est un **signal sonore** qui apparaît si la chenille sort de la cible, ce qui permet de

développer le recours aux autres afférences sensorielles. Kerdoncuff émet l'hypothèse que la rééducation sur stabilomètre, permettrait ainsi de mieux utiliser les entrées proprioceptives pour réguler les troubles de l'équilibre et de **diminuer la visuo dépendance [11]**.



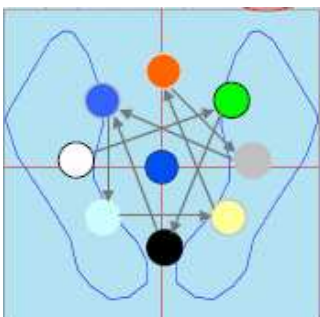
**Figure 4 : Transfert d'appui**

Le but rééducatif est de perfectionner le contrôle dynamique du transfert d'appui. Notons que le secteur sélectionné sur l'image est l'avant. Au titre de la rééducation, le secteur sélectionné est gauche. Les cibles apparaissent successivement selon un arc de cercle à gauche (**approche le déroulement du pas**). Une fois touchées avec la chenille, elles disparaissent. Pour passer de l'une à l'autre, le patient doit transférer son CP sur la cible qui apparaît alors au centre. L'évaluation est donnée par le temps de réalisation de l'exercice.



**Figure 5 : Mise en charge**

L'intérêt rééducatif réside dans le développement de la mise en charge dans le secteur d'appui déficitaire, ici gauche. Les cibles apparaissent successivement à gauche à distance de plus en plus importante de la cible au centre. Entre chaque cible de travail à gauche le sujet doit conduire la chenille dans la cible au centre. C'est le pourcentage de temps maintenu dans la cible par rapport au temps d'apparition de la cible qui évalue la performance.



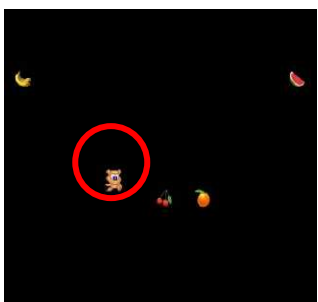
**Figure 6 : Contrôle postural**

L'objectif est d'améliorer l'**adaptation posturale** dans les limites du polygone de sustentation, de **préparer à lutter contre les déstabilisations aléatoires**. Une cible apparaît sur l'écran, le patient n'a alors que cinq secondes pour la détruire avec la chenille. Puis une autre cible apparaîtra aussitôt après dans un autre cadran, qu'il faudra détruire le plus vite possible. La succession rapide de l'apparition des cibles oblige le patient à anticiper son contrôle postural.

**Exercices « Trainings »** : training et stepping. Une progression est également effectuée. Le passage de l'un à l'autre se faisant si la réussite est supérieure ou égale à 50%.



**Figure 7 : Stepping** : Le but rééducatif est de progresser dans la capacité de transférer l'appui dans le plan frontal donc de gauche à droite, ce qui se rapporte en partie aux transferts lors de la marche. Le CP est représenté par une voiture rouge (entourée en rouge sur l'image) qui avance sur une route. Le patient ne doit pas sortir de cette piste, sinon un feedback sonore apparaît. Il est alors intéressant après quelques virages de demander au patient de fermer les yeux et nous précisons au départ la direction à prendre (droite ou gauche). Le sujet se concentre alors sur les afférences sensorielles autres que visuelle, notamment la proprioception, l'information des capteurs plantaires.



**Figure 8 : Training** : L'objet de cet exercice est de développer l'adaptation posturale et de rendre compte au patient de ses limites. A partir du CP, représenté par un ours (entouré en rouge sur l'image), le patient doit attraper le plus grand nombre de cibles qui apparaissent sur l'écran. Il doit donc établir des stratégies pour rendre la meilleure efficacité et sélectionner les cibles qui sont dans les limites de ses possibilités. Cet exercice permet une réelle prise de conscience.

Durant la séance, quatre exercices sont en général proposés, selon la fatigue du patient. De préférence, deux exercices de rééducation sont associés à deux « trainings ». Si le patient a un taux de réussite supérieur ou égal à 50% dans l'ensemble de ces exercices, nous considérons qu'il peut utiliser la Wii fit™. Par précaution, les barres de sécurité de la plate-forme sont utilisées, au départ, pour cet usage (**figure 9**).

#### **4.2 Rééducation sur la Wii fit™ : support de réalité virtuelle**

Les technologies de la **réalité virtuelle** suscitent de plus en plus d'intérêt depuis plusieurs années. La richesse potentielle des mondes virtuels doit nous encourager à utiliser très largement cette nouvelle technique [23]. Elle développerait le **contrôle visuel, la coordination, la concentration, la mémoire immédiate et procédurale** et obligent la personne hémiplegique à porter attention aux détails [24].





Utilisation de la Wii fit™ : Chaque utilisateur s'enregistre. Les paramètres à renseigner d'emblée sont la date de naissance, et la taille. Le patient est installé les pieds situés sur les emplacements prévus à cet effet, de manière symétrique. L'IMC (Indice de Masse Corporelle) est alors calculé puis un **test de stabilité** est réalisé. Il donne **la position et le déplacement du centre de pression, mais aussi la répartition du poids du corps gauche-droite au repos**. Un « **bilan d'équilibre** » est ensuite effectué. Il consiste à **doser le transfert du poids à gauche ou à droite selon le pourcentage demandé**. Ces tests sont réalisables au cours de la prise en charge pour évaluer les progrès éventuels.

Des jeux de yoga, gymnastique, aérobic et d'équilibre sont proposés. Nous nous intéressons ici uniquement aux **jeux d'équilibre**. Neuf jeux sont disponibles mais seulement quatre d'entre eux sont accessibles au départ. Les suivants se débloquent au fur et à mesure du temps passé à s'entraîner sur la Wii fit™.



**Figure 9** : Mise en place des barres de sécurité autour de la Wii Fit™

Cette caractéristique renforce l'aspect interactif. Les jeux de base sont : **reprise de tête au foot, slalom en ski, saut en ski, plateau de billes**. Les jeux débloqués au fur et à mesure sont : funambule et bulle actuellement connus. Les scores obtenus aux différents jeux sont répertoriés s'ils correspondent aux dix meilleurs. Ce classement motive le patient, donne un esprit de compétition dans l'espoir de toujours mieux faire.

	Consigne	But rééducatif	Cognitif
<b>Reprise de tête</b> 	Reprenez les ballons de la tête en vous penchant de droite à gauche, mais évitez les chaussures et les têtes de panda.	Améliorer le <b>contrôle dynamique du transfert d'appui</b> , ou adaptation posturale (rapide +++ et de grande amplitude)	Nécessite de l' <b>attention+++</b> : -rapidité d'exécution -anticiper la trajectoire des ballons -éviter les obstacles
<b>Slalom en ski</b> 	Pencher à droite et à gauche pour vous diriger sur le parcours de ski	Perfectionner la <b>stabilité posturale</b> . <b>Transferts d'appui fins +++</b> , de faible amplitude. <b>Lutte contre la rétropulsion</b> car CP en avant pour avancer	Dosage du transfert d'appui Attention
<b>Billes</b> 	Penchez-vous dans les différentes directions pour rentrer les billes dans les trous.	Développer le contrôle postural par une gestion fine du CP	Notion de <b>stratégie</b> , <b>double tâche</b> , attention
<b>Funambule</b> 	Evoluer sur la corde en marchant sur place. Pliez et tendez les jambes pour sauter	Transferts d'appui, <b>synchronisation</b> , équilibre des appuis sinon chute. Améliorer la <b>capacité de mise en charge à gauche</b>	Attention, patience

**Tableau 6 : Jeux d'équilibre de la Wii fit. (CP= centre de pression)**

#### 4.2.1 Mr C.

La prise en charge a débuté à J1. Les niveaux requis sur la plate-forme étaient d'emblée acquis. Mr C. dépend des hôpitaux de jour, et bénéficie de trois séances par semaine. L'utilisation se fait au départ pour assurer la sécurité maximale du patient, avec les barres de sécurité du stabilomètre. Cette précaution est écartée après une semaine de rééducation car les capacités d'adaptation posturale du patient sont suffisantes ; le thérapeute se tient cependant à proximité immédiate pour parer une éventuelle chute. Les quatre jeux précédemment décrits ont été utilisés. Notons que le patient porte une préférence large au slalom en ski.

Les scores ont été répertoriés :

- o **Ski** : descente chronométrée avec pénalités si certaines portes du slalom sont ratées. 84,0sec (score minimal à J1) ; 42,23sec (meilleur score au cours des séances). Il existe un

niveau dit « débutant » et un « avancé ». Ce dernier est débloqué au cours des séances car le sujet obtient un bon chronomètre : 153sec (minimum) ; 87sec (maximum) en mode avancé.

- **Billes** : Evolution sur plusieurs niveaux. La difficulté est représentée par l'augmentation du nombre de billes (1 à 5), du nombre de trous (1 à 2), et d'une surface de plus en plus découpée du plateau. Niveau minimum validé : 3 à J1, niveau maximum : 5
- **Funambule** : Corde de 50m, parcours chronométré avec un obstacle qui perturbe l'équilibre. 10m (score minimum) ; 21m (score maximum)
- **Reprise de tête** : Jeu peu apprécié par le patient donc peu utilisé.

**Appréciation du patient** : Il connaissait déjà la Wii fit™ et était enchanté de participer à cette étude. Il définit cet usage comme motivant, ludique et voit son intérêt dans le développement de son schéma corporel et de ses transferts d'appui qui restent plus faibles à gauche. En outre, il se lasse vite. Quinze minutes suffisent, pas plus. C'est une personne qui se déconcentre vite, qu'il faut sans cesse stimuler. Il adhère peu aux exercices de rééducation « classique ». Les jeux **interactifs** ont permis de stimuler d'avantage son attention et son envie de progresser.

#### 4.2.2 Mr H.

La prise en charge a débuté à J1. Les niveaux requis sur la plate-forme étaient d'emblée acquis également. Quatre séances par semaine sont proposées au patient. Les mêmes précautions sont prises concernant les barres de sécurité du stabilomètre. Les quatre jeux en question ont été utilisés également. Le patient a une préférence pour le jeu de billes et du funambule, mais ne porte pas grand intérêt non plus au jeu de reprise de tête. Celui-ci requiert un transfert d'appui important et une vitesse d'exécution et de réaction difficile à suivre.

Les scores ont été répertoriés :

- **Ski** : 78sec (score minimal) ; 43,9sec (meilleur score au cours des séances) et 130sec (minimum) ; 93sec (maximum) en mode avancé.
- **Billes** : Niveau minimum validé : 4 à J1, niveau maximum : 6
- **Funambule** : 17m (score minimum) ; 50m en 74sec au mieux. Le mode avancé a été débloqué : corde de 50m avec trois obstacles, le meilleur score obtenu est 24m.
- **Reprise de tête** : 12 à 44 points. Les scores étaient très variables.

**Appréciation du patient** : Il ignorait au départ l'existence de cette console. Il a trouvé du plaisir à l'essayer. Selon lui, c'est une façon de s'amuser tout en travaillant. La présence du classement des dix meilleurs scores lui donne un esprit compétitif, l'envie de toujours mieux faire. Sa progression l'a d'autant plus encouragé. Il perçoit l'intérêt de cet usage dans le développement de son contrôle postural, important à la marche, et se dit gagner confiance en lui.

#### 4.2.3 Mr.L, Mr.P, et Mme.N :

Ils n'ont pas atteints les niveaux pré requis sur la plate-forme pour utiliser la Wii fit™. Cependant, nous avons tout de même tentés l'expérience en redoublant les mesures de sécurité : barres de sécurité et présence du thérapeute à proximité immédiate.

- **En position debout**, ce ne fut pas concluant. Malgré une guidance exercée au niveau du bassin pour aider le patient dans les transferts d'appuis, le déplacement de son centre de pression, l'équilibre est difficile à maintenir. Les patients sont mis en échec lors de la réalisation des jeux quels qu'ils soient, ceux-ci sont en effet trop ardues par rapport aux capacités des patients.

Une possibilité d'adaptation a alors été proposée. La Wii fit™ a été utilisée pour ces patients en positions genoux dressés et assise sur plan de Bobath. Le dispositif mis en place a

été de positionner une planche en bois sous la Wii fit™ de manière à garantir une surface plane et dure aux capteurs de pression.

- **En position assise**, les ischions sont placés au centre de la surface prévue à l'origine pour positionner les pieds. Un même angle de flexion du genou bilatéral est nécessaire. La distance entre le creux poplité et le bord de la Wii fit™ est égale au 1/3 de la longueur fémorale mise en place inspirée de [25]. L'appui au sol le plus plantigrade possible est vérifié et les membres supérieurs doivent être croisés pendant les exercices. Une répartition du poids du corps optimum serait ainsi permise. L'équilibre assis dont disposent les patients permet d'exploiter les jeux de ski, de billes ou encore du funambule. Les reprises de tête restent là encore difficiles d'accès pour les mêmes causes que Mr C. et Mr H (un transfert d'appui important et une vitesse d'exécution et de réaction requise élevée). Ils ont un contrôle postural assis suffisant pour prétendre à l'usage de la Wii fit™ dans ces conditions.

L'emploi de la Wii fit en **position assise serait réalisable chez les sujets qui disposent de soutien et de maintien posturaux validés. L'adaptation posturale est validée ou acquise dans un rayon équivalent à la largeur du tronc.** Cette utilisation serait plus prudente chez les sujets qui présentent des difficultés à contrôler leur équilibre en position érigée. Ce serait un moyen de progression, les comportements posturaux enregistrés en position debout et assise sont effectivement liés dans le plan frontal [25]. En ce qui concerne les patients pris en charge dans cette étude la rééducation de l'équilibre assis ne semble pourtant pas être un objectif essentiel.

- **Position genoux dressés.** Celle-ci est utilisée dans les NEM (niveaux d'évolution motrice). Elle peut être le support d'une progression entre positions assise et debout. La difficulté première est de respecter la douleur du patient. La surface de la Wii fit est dure, rigide, il est donc inconfortable de garder cette position. Des linges ont été placés sous les genoux des patients pour assouplir l'appui, mais une gêne survient tout de même. De plus, la présence des linges risque de modifier les informations en compression exercées. **Cette position plus intéressante du point de vue évolution en rééducation, n'est donc pas idéale.**

## 5. EVALUATION FINALE A J30

Il existe une difficulté inexorable à dissocier l'effet spécifique d'une méthode donnée de l'effet global de la prise en charge. Cependant, donner l'évolution des patients au cours des quatre semaines de rééducation semble être important. **Ces données ne représentent en aucun cas l'efficacité ou non de la prise en charge sur la Wii fit™.** En revanche, leur analyse va pouvoir nous orienter de manière à établir des critères selon lesquels, l'usage de la Wii fit™ serait à envisager chez les personnes hémiplegiques.

### **5.1 Evolution des différents paramètres d'évaluation sur 30 jours chez les cinq patients pris en charge (moyenne):**

Nous pouvons remarquer un **progrès de l'ensemble des paramètres du statokinésigramme en situation yeux ouverts ou fermés**, ce qui démontre une **amélioration du contrôle postural** de l'ensemble des patients, et une capacité à recentrer leur position érigée (forte diminution du X moyen) (cf. *graphique 1, annexe 5*). La nette progression du score global de Berg traduit aussi cette amélioration du contrôle postural. Par ailleurs, les **caractéristiques de la marche** se sont elles aussi **perfectionnées**. Même si la vitesse globale de marche n'a pas beaucoup évolué en elle-même, les aides technique et humaine avec lesquelles le test a été fait, ont diminuées (*Tableau VII*). Le temps de double appui a diminué pour l'ensemble des patients hormis Mr C., ce qui traduit **l'acquisition d'un meilleur équilibre dynamique**. Cependant, ces progressions semblent peu influencer le plan fonctionnel, la MIF s'améliore très peu. Le progrès est observé dans les champs de soins



personnel, mobilité transferts, et locomotion. Les études menées sur l'utilisation du biofeedback montrent que le gain concernant les tests posturaux cliniques, la marche ou les activités de vie quotidienne est inconstant. La significativité est donc limitée. Ceci peut être dû à une mauvaise sensibilité des outils de mesure fonctionnels et à l'existence de patients « bons réponders » ou non [9].

### 5.2 Evaluation de la marche à J30

J30	Mr.C	Mr.H	Mr.L	Mme.N	Mr.P
Temps (sec)	10	19	77	62	91
Vitesse (m/s)	0,91 (-42%)	0,52 (-67%)	0,13 (-90%)	0,16 (-86%)	0,11 (-89%)
Longueur des pas droite-gauche (m)	0,65-0,59	0,43-0,43	0,26-0,19	0,21-0,19	0,58-0,27
Aide technique	Aucune	Aucune	canne tripode	canne tripode	canne tripode et releveur
Locomètre	réalisé sans aide	réalisé sans aide	réalisé avec canne	réalisé avec canne	réalisé avec canne

**Tableau VII:** L'examen est réalisé à partir du Locomètre® sur une distance de 10m. Les paramètres qui ont évolué sont précisés en bleu.

Une amélioration de la marche sur le plan fonctionnel est à noter pour chaque patient à l'exception de Mr C.

### 5.3 Bilan rééducatif sur la plate-forme Satel et la Wii fit

**Plate –forme :** Nous pouvons remarquer la diversité d'évolution selon les patients. Mme N. a nettement progressé.

	Stabilisation	Transfert d'appui	Mise en charge	Contrôle postural
Mr L	4%	4%	8%	5%
Mme N	35%	22%	5%	29%
Mr P	5%	5%	3%	4%

**Tableau VIII :** Evolution (en pourcentage) des scores de réussite à chacun des exercices chez les 3 patients considérés.

**Wii fit** (cf. graphique 2, annexe 5): Longueur, surface et LFS (longueur par unité de surface) permettent d'évaluer le contrôle postural. On note une amélioration globale en particulier dans la situation yeux fermés, ce qui suppose une diminution de la dépendance visuelle à l'équilibration. L'évolution de la longueur a peu varié sauf pour Mr C., les yeux fermés. En revanche, la surface a diminué de 40 à 60% quelque soit le sujet ou la situation. Le rapport LFS rend compte de la dépense énergétique qui semblerait augmenter. Ceci est peu cohérent avec les autres résultats.

En conclusion, l'utilisation en position debout serait envisageable (d'après les résultats des évaluations) chez les **hémiparétiques** ou chez les **hémiplégiques** qui présentent des critères fonctionnels tels que : vitesse de marche supérieure ou égale à **0,50m/s** avec ou sans aide technique ; **NFAC ≥ 5** ; **Berg>40** ; **MIF>93**. Les paramètres du stabilokinésigramme, longueur et surface surtout (représentatifs du maintien postural), sont peu révélateurs puisque Mme N. dispose parfois de meilleurs résultats que Mr H. Par conséquent, l'analyse des résultats est peu exploitable. Il est clair que des **critères précis ne peuvent être établis**. C'est l'observation du patient dans sa globalité par le thérapeute, le bon sens qui permettraient surtout de savoir si l'utilisation est concevable.

## 6. DISCUSSION

Nous avons à notre disposition un panel de techniques rééducatives. L'hémiplégie soulève un grand intérêt bibliographique. A l'heure d'aujourd'hui, la réalité virtuelle fait son entrée. La prise en charge cherche ainsi à **augmenter la participation et les activités**. Les différentes études menées à ce jour montrent que la réalité virtuelle peut répondre en partie à cette demande d'outils d'intervention à la fois **efficaces et motivants**. Ses potentiels sont maintenant reconnus. Ils incluent la possibilité d'un **apprentissage interactif**, au sein **d'environnements sécuritaires et écologiques** (approche en situation réelle de tâche ou **tâche orientée**) [26]. Ses applications ont été étudiées dans la prise en charge des troubles moteurs et dans celle des troubles cognitifs et psychologiques [27]. L'application des techniques de réalité virtuelle dans la rééducation et l'apprentissage sensori-moteur est un domaine en cours de développement. Néanmoins, la rééducation posturale par réalité virtuelle semble peu étudiée. Ce travail écrit visait à tester l'hypothèse que la Wii fit™ pourrait être exploitable dans la prise en charge du contrôle postural des personnes hémiplégiques, voire se substituer à la plate-forme de stabilométrie.

### 6.1 Autocritique

Le contrôle postural est un phénomène complexe. Il aurait été intéressant de réaliser au préalable un **bilan morphostatique** (inégalité de longueur de membre inférieur par exemple) et d'évaluer l'ensemble des **afférences sensorielles qui entrent en jeu** dans le contrôle postural (*cf. annexe 2*) pour mieux orienter la rééducation. En terme d'évaluation, il aurait été judicieux également de noter **l'indice de confiance à la marche sur une échelle de 1 à 10** (subjective), et **l'évolution de la qualité de vie des cinq patients**. Enfin, la **perturbation de la verticale posturale** aurait été un aspect à prendre en compte [28].

Chez les patients pris en charge, il existe des **étiologies diverses** de l'hémiplégie (AVC, TC, tumeur) qui ne reflètent pas les proportions générales (80% par AVC). De plus, les **appuis bibliographiques** concernent parfois spécifiquement les **accidentés vasculaires cérébraux**. Le groupe de patients présente un **éventail d'âge très large**, des **capacités initiales très hétérogènes**. Par ailleurs, il s'agit seulement de cinq patients rééduqués sur quatre semaines. Cela ne permet qu'une **simple approche du sujet traité**.

### 6.2 Avantages et inconvénients de la Wii fit™ par rapport à la plate-forme de stabilométrie type Satel® :

L'équipement des hôpitaux, des centres de rééducation en plate-forme de stabilométrie s'avère être un **investissement considérable**. Certains n'ont d'ailleurs pas les moyens de s'en offrir une, sans parler des kinésithérapeutes libéraux. Or, l'achat d'une Wii fit™ et d'une Wii® reste relativement abordable (43 fois moins onéreuse que la plate-forme) pour l'ensemble des thérapeutes. Toutefois, il est clair **qu'elle ne pourrait remplacer la plate-forme en terme de bilan de l'équilibre**. Soulignons bien que **la plate-forme est un matériel médical et la Wii® une console de jeux grand public**.

Le **bilan de stabilité** réalisable avec la **Wii fit™** reste **relativement médiocre en comparaison avec celui de la plate-forme de stabilométrie**. Il fournit uniquement la position du centre de pression et le pourcentage de répartition du poids du corps. La double pesée paraît alors tout aussi judicieuse même si la rétroinformation donnée par la Wii fit™ reste plus précise. De plus, la plate-forme repose sur trois jauges, la Wii fit™ sur quatre. Gagey souligne que la plupart du temps les signaux issus de plate-formes à quatre jauges est « haché » : la plate-forme boite légèrement tantôt d'un côté, tantôt d'un autre [13]. Nous pouvons alors **nous interroger sur la qualité des signaux issus de la Wii fit**. Par ailleurs, le bilan fourni par la plate-forme donne des valeurs très précises sur la position et le trajet du centre de pression mais ce qui est essentiel avant tout, les **compare aux normes** (Normes 85). La stabilité du patient peut alors être déterminée hors norme ou pas. Il y a aussi **comparaison**

**en pourcentage des données d'un bilan à un autre.** Pour le patient les données en elle-même ne sont pas très significatives, en revanche le pourcentage d'évolution les interpelle davantage. **La Wii fit™, elle, ne quantifie pas l'évolution.**

En ce qui concerne la **rééducation**, la **plate-forme fournit un biofeedback visuel précis** quelque soit l'exercice (le centre de pression est représenté par une chenille, une voiture...), c'est une **manière explicite de développer la stabilité**, ce qui **permettrait une prise de conscience des troubles posturaux et améliorerait le schéma corporel**. Les particularités sont : les **niveaux d'exercice sont adaptables** (de 0 à 4) suivant le patient ; un **secteur de rééducation peut être fixé** (à gauche pour les hémiplegiques gauche) ; il existe une **variété large d'exercices et un suivi pointilleux des résultats**, ce qui motive le patient à toujours progresser ; un **biofeedback auditif est possible**. En outre, un **locomètre** peut être fourni avec la plate-forme, matériel d'évaluation de la marche précis et complet qui n'existe pas dans le cadre de la Wii fit™. Cette dernière **cherche à améliorer la stabilité de manière implicite et sous forme de tâche orientée**, ce qui donne de l'**intention**, il y a un objectif concret. Les **jeux sont interactifs, ludiques et donc plus motivants** pour le patient en comparaison avec ceux de la plate-forme. Certes, ces jeux d'équilibre sont adaptés au grand public, le niveau est donc laborieux pour les personnes hémiplegiques et des barres de sécurité ne sont pas fournies mais, ils **se sentent moins « malades », exclus** quand ils l'utilisent. Il existe également une **notion de compétition** car un classement des scores est proposé, ce qui donne envie de s'améliorer. Les jeux sont débloqués en fonction du temps passé à s'entraîner sur la Wii fit™, c'est une façon de **récompenser l'assiduité des utilisateurs**. De plus, c'est un **matériel sans fil, léger qui est facilement transportable**, d'où l'usage sur plan de Bobath simplifié.

Les patients pris en charge dans cette étude s'avèrent **ravis de son utilisation en rééducation**. Lorsqu'ils sont seuls, les patients se lassent assez vite dans les deux cas : rééducation sur plate-forme ou Wii fit™. Une possibilité envisageable aurait été de proposer à Mr C. et Mr H. des séances de rééducation sur Wii fit™ communes. Cela aurait apporté une certaine **émulation** qui permet à chacun de se dépasser et de révéler ses capacités. Dans ce cadre les participants sont généralement **satisfaits et se montrent très participatifs**.

## 7. CONCLUSION

La Wii fit™ ne pourrait donc se substituer aux plate-formes de stabilométrie en terme de bilan de la stabilité, et de la marche. Cependant, elle trouverait son intérêt comme outil rééducatif du contrôle postural chez les hémiplegiques en progression de la prise en charge sur la plate-forme. Selon les capacités du patient, les positions debout ou assise peuvent être envisagées. Des **critères précis ne peuvent être établis à savoir si l'utilisation de la Wii fit serait judicieuse**. Il s'agit donc de bien poser la problématique du patient, qui permettrait surtout de savoir si l'utilisation est concevable. D'après les résultats obtenus au terme de cette étude, la Wii fit™ participerait à l'amélioration de l'**équilibre dynamique**, important à la marche. L'aspect **interactif, ludique** est **motivant**. L'**adhésion** du patient est soulignée par Kerdoncuff comme la **clé de la réussite rééducative** [11]. Sa récupération est d'autant meilleure qu'une intention de bouger est donnée. Cela suppose qu'il faudrait trouver un compromis entre le souhait du patient, ses préférences dans les techniques de rééducation et les objectifs à atteindre. Le patient devient alors **acteur de sa rééducation**, la prise en charge est dite « à la carte ».

## Annexes

### Annexe 1 : Présentation de la Wii™ et de la Wii Fit Balance Board™

La Nintendo Wii sortie le 08/12/2006, est la nouvelle console de Nintendo®. La Wiimote télécommande de la console permet une **détection des mouvements dans les trois dimensions de l'espace** grâce à la technologie sans fil Bluetooth, dans un rayon de 10 mètres autour de la console et peut servir de pointeur à condition de se trouver à moins de 5 mètres de l'écran [2]. La Wii™ est actuellement utilisée dans quelques hôpitaux aux Etats-Unis et au Canada. Selon les thérapeutes les jeux interactifs valorisent des personnes de tout âge, l'aspect ludique est attractif. C'est le **logiciel « Wii-hab »** créé et adapté pour les patients atteints de différentes pathologies (tétraplégie et hémiplegie notamment) qui est utilisé dans les hôpitaux. Un développement de la motricité, la souplesse, l'équilibre et la mémoire serait permis, mais aucune preuve scientifique n'atteste l'éventuel apport dans la récupération fonctionnelle des patients. Des études sont en cours notamment à l'Université du Minnesota et à la fondation « Robert Wood Johnson Foundation » [3] [4].



Figure 2 : Wii Fit Balance Board™

Le Wii Balance Board transforme le corps entier en interface de jeu. Cet accessoire est un **plateau blanc muni de 4 capteurs de pression** qui effectuent 60 mesures par seconde. Il est capable de **déterminer la position du centre de gravité, le poids, la vitesse d'exécution des mouvements.**

Il mesure 511 mm de large x 316 mm de long x 53.2 mm de haut et pèse 3.5 kg.

Il est sans fil et peut donc être placé n'importe où dans la pièce, il est synchronisé à la Wii



par un système Bluetooth. Les pieds doivent être placés sur les emplacements prévus à cet effet : longueur= 23,5 cm ; largeur=13,5 cm ; distance entre les pieds=13,5 cm [5].

Des jeux de yoga, gymnastique, aérobic et d'équilibre sont proposés. Nous nous intéressons ici uniquement aux jeux d'équilibre.

7.1

Figure 2 : Ensemble du dispositif

Ecran = téléviseur

Console de jeux Wii®

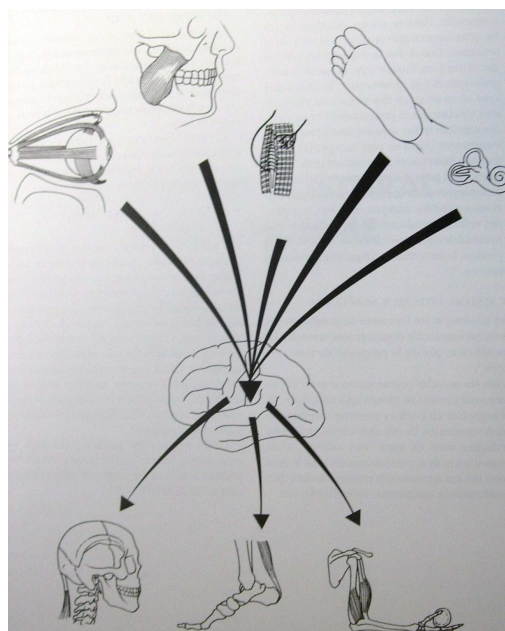
Wii fit™

## Annexe 2 : Données fondamentales concernant l'équilibre [6], [7] [8]:

Chez l'homme le système postural comprend :

- *Le système informatif* (capteurs périphériques) : oculaire, proprioceptif, cutané, vestibulaire, et manducateur ;
- *Le système central* (intègre, analyse, commande, anticipe, rétroagit) : cortex, cervelet, noyaux sous-corticaux et tronc cérébral ;
- *Le système effecteur musculaire* : muscles phasiques mais surtout toniques.

C'est un système à **fonctionnement économique**, donc d'autant plus efficace que la **LFS** est basse (dépendance énergétique, voir 4.2). Il est également éminemment **adaptable**. En cas de lésion neurologique, la possibilité de restauration fonctionnelle peut faire appel à deux mécanismes : la **plasticité neuronale** et la **compensation fonctionnelle par la rééducation** (preuves expérimentales).



La plasticité neuronale permet la récupération spontanée grâce à cinq mécanismes :

- la régénérescence des axones ;
- la synaptogénèse ;
- l'activation de circuits normalement inhibés par des circuits dominants ;
- la régénérescence des neurones ;
- l'agrandissement des champs récepteurs des neurones voisins d'une lésion.

La rééducation permet de compenser le déficit lésionnel. Plus la prise en charge est précoce, meilleurs sont les résultats.

## Annexe 3 : Evaluation à J1

### • Précisions sur le stabilomètre [16], [18]

Il est composé de trois éléments : la plateforme de force, un ordinateur et un dispositif d'enregistrement. Les informations mécaniques de la plateforme sont transformées en signaux électriques à l'aide d'un convertisseur. La mesure des forces est réalisée par des jauges de contraintes à des fréquences de 5Hz. La plateforme repose sur trois jauges. Sa surface est dure pour que les contacts des barorécepteurs de la sole plantaire ne soient pas émousés.

Grâce à la stabilométrie nous connaissons la distribution, dans des populations « normales », d'un certain nombre de paramètres qui caractérisent le comportement de la posture orthostatique. Il est donc possible de dire si le comportement d'un sujet s'inscrit dans les limites de la normalité de ces paramètres, à condition de disposer d'une plateforme de stabilométrie normalisée. La plateforme Satel® a été validée par l'Association française de posturologie (AFP) comme étant normalisée. L'enregistrement normalisé est décrit dans le paragraphe stabilométrie statique, il existe même une consigne identique qui doit être donnée : « *vous restez debout, immobile, décontracté, ce n'est pas le garde à vous, les bras le long du corps, vous regardez dans la direction de la cible visuelle, sans la fixer, et vous comptez lentement et à voix haute jusqu'à ce qu'on vous dise que c'est fini* ». La tâche de comptage est sensée induire un niveau de vigilance à peu près semblable chez les différents sujets, et que certains ne serrent inconsidérément les mâchoires.

• **Echelle d'équilibre de Berg :** Les résultats à J30 sont également répertoriés.

		J30
<b>1. Transfert assis-debout</b>	4 : capable de se lever sans les mains et se stabilise indépendamment 3 : capable de se lever indépendamment avec les mains 2 : capable de se lever avec les mains après plusieurs essais 1 : a besoin d'un minimum d'aide pour se lever ou se stabiliser 0 : a besoin d'une assistance modérée ou maximale pour se lever	Mr C : 4 Mr H : 4 Mr L : 3 Mme N : 3 Mr P : 3
<b>2. Station debout sans appui</b>	4 : capable de rester debout en sécurité 2 minutes 3 : capable de rester 2 minutes avec une supervision 2 : capable de rester debout 30 secondes sans se tenir 1 : a besoin de plusieurs essais pour rester debout 30 secondes sans se tenir 0 : incapable de rester assis sans appui 10 secondes	4 4 3 3 3
<b>3. Assis sans dossier mais les pieds en appui au sol ou sur un repose-pied</b>	4 : capable de rester assis en sûreté et sécurité pendant 2 minutes 3 : capable de rester assis en sûreté et sécurité pendant 2 minutes avec une supervision 2 : capable de rester assis 30 secondes 1 : capable de rester assis 10 secondes 0 : incapable de rester assis sans appui 10 secondes	4 4 3 3 3
<b>4. Transfert debout-assis</b>	4 : s'assoit en sécurité avec une aide minimale des mains 3 : contrôle la descente en utilisant les mains 2 : utilise l'arrière des jambes contre le fauteuil pour contrôler la descente 1 : s'assoit indépendamment mais a une descente incontrôlée 0 : a besoin d'une assistance pour s'asseoir	4 4 3 3 3
<b>5. Transfert d'un siège à un autre</b>	4 : se transfert en sécurité avec une aide minimale des mains 3 : se transfert en sécurité mais a absolument besoin de ses mains 2 : se transfert mais avec des directives verbales et/ou une supervision 1 : a besoin d'une personne pour aider 0 : a besoin de 2 personnes pour assurer ou superviser	4 4 2 2 2
<b>6. Station debout yeux fermés</b>	4 : capable de rester debout 10 secondes en sécurité 3 : capable de rester debout 10 secondes avec une supervision 2 : capable de rester debout 3 secondes 1 : incapable de garder les yeux fermés 3secondes mais reste stable 0 : a besoin d'aide pour éviter les chutes	4 4 3 4 3
<b>7. Station debout les pieds joints</b>	4 : capable de placer ses pieds joints indépendamment et reste debout 1 minute en sécurité 3 : capable de placer ses pieds joints indépendamment et reste debout 1 minute avec supervision 2 : capable de placer ses pieds joints indépendamment et de tenir 30 secondes 1 : a besoin d'aide pour atteindre la position mais est capable de rester debout ainsi 15 secondes 0 : a besoin d'aide pour atteindre la position et est incapable de rester debout ainsi 15 secondes	4 4 3 3 3
<b>8. Station debout, atteindre vers l'avant, bras tendus</b>	4 : peut aller vers l'avant en toute confiance > 25 cm 3 : peut aller vers l'avant > 12,5 cm en sécurité 2 : peut aller vers l'avant > 5 cm en sécurité 1 : peut aller vers l'avant mais avec une supervision 0 : perd l'équilibre quand essaye le mouvement ou a besoin d'un appui extérieur	4 4 3 3 3
<b>9. Ramassage d'un objet au sol</b>	4 : capable de ramasser un objet en sécurité et facilement 3 : capable de ramasser un objet avec supervision 2 : incapable de ramasser l'objet mais l'approche à 2-5 cm et garde un équilibre indépendant 1 : incapable de ramasser et a besoin d'une supervision lors de l'essai 0 : incapable d'essayer ou a besoin d'assistance pour éviter des pertes d'équilibre ou les chutes	4 4 2 3 2
<b>10. Debout, se tourner en regardant par-dessus son épaule droite et gauche</b>	4 : regarde des 2 côtés et déplace bien son poids 3 : regarde bien d'un côté et déplace moins bien son poids de l'autre côté 2 : tourne latéralement seulement mais garde l'équilibre 1 : a besoin de supervision pour la rotation 0 : a besoin d'assistance pour éviter les pertes d'équilibre ou les chutes	4 4 1 2 2
<b>11. Tour complet (360°)</b>	4 : capable de tourner de 360° en sécurité en 4 secondes ou moins 3 : capable de tourner de 360° d'un côté seulement en 4 secondes ou moins 2 : capable de tourner de 360° en sécurité mais lentement 1 : a besoin d'une supervision rapprochée ou de directives verbales 0 : a besoin d'assistance lors de la rotation	4 4 1 2 2
<b>12. Debout, placer alternativement un pied sur une marche ou sur un marche-pied</b>	4 : capable de rester debout indépendamment et en sécurité et complète les 8 marches en 20 sec. 3 : capable de rester debout indépendamment et complète les 8 marches en > 20 secondes 2 : capable de compléter 4 marches sans aide et avec une supervision 1 : capable de compléter > 2 marches avec une assistance minimale 0 : a besoin d'assistance pour éviter les chutes/incapable d'essayer	4 3 2 2 2
<b>13. Debout un pied devant l'autre</b>	4 : capable de placer son pied directement devant l'autre indépendamment et de tenir 30 secondes 3 : capable de placer son pied devant l'autre indépendamment et de tenir 30secondes 2 : capable de réaliser un petit pas indépendamment et de tenir 30secondes 1 : a besoin d'aide pour avancer le pied mais peut le maintenir 15 secondes 0 : Perd l'équilibre lors de l'avancée du pas ou de la position debout	4 4 2 2 2
<b>14. Station unipodale</b>	4 : capable de lever un pied indépendamment et de tenir > 10 secondes 3 : capable de lever un pied indépendamment et de tenir entre 5 et 10 secondes 2 : capable de lever un pied indépendamment et de tenir au moins 3 secondes 1 : essaye de lever le pied, incapable de tenir 3secondes mais reste debout indépendamment 0 : incapable d'essayer ou a besoin d'assistance pour éviter les chutes	4/3 3/2 2/0 2/1 2/1

## Classification de la NFAC

- 0** = le patient ne peut marcher ou a besoin d'une aide de plus d'une personne ;  
**1** = le patient a besoin de l'aide permanente d'une personne ;  
**2** = le patient a besoin de l'aide intermittente d'une personne ;  
**3** = le patient a besoin d'un soutien verbal sans contact physique ;  
**4** = le patient marche seul en surface plane mais le passage des escaliers est impossible ;  
**5** = le patient marche seul en surface plane, le passage des escaliers est possible avec l'aide d'une tierce personne (contact physique ou surveillance) ;  
**6** = idem 5 mais sans assistance ou surveillance, utilisation d'une rampe ;  
**7** = le patient passe les escaliers seul mais anormalement : prend plus de temps, ou franchit les marches en séquence anormale (sans assistance, surveillance, rampe ou appui latéral) ;  
**8** = normal.

### Annexe 4: La MIF:

	Mr. C		Mr. H		Mr. L		Mme. N		Mr. P	
	J 1	J 30	J 1	J30	J 1	J30	J 1	J30	J1	J30
<b>Soins personnels</b>										
Alimentation	7	7	3	3	3	3	3	3	3	3
Soins de l'apparence	7	7	4	4	4	4	4	4	4	4
Toilette	7	7	4	4	4	4	4	4	4	4
Habillage - partie supérieure	7	7	4	4	3	3	4	4	4	4
Habillage - partie inférieure	7	7	4	4	3	3	4	4	4	4
Utilisation des toilettes	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6
<b>Contrôle des sphincters</b>										
Vessie	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Intestins	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
<b>Mobilité - Transferts</b>										
Lit, chaise, fauteuil roulant	7	7	6	7	4	5	4	5	5	5
WC	7	7	6	7	4	5	4	5	5	5
Baignoire, douche	7	7	5	6	3	4	3	4	3	3
<b>Locomotion</b>										
Marche (M), fauteuil roulant (F)	M=7	M=7	M=6	M=6	M=3 (F=4)	M=4 (F=6)	M=3 (F=6)	M=4 (F=6)	M=3 (F=6)	M=4 (F=6)
Escaliers	7	7	6	6	1	3	1	3	3	3
<b>Communication</b>										
Compréhension	6	6	7	7	7	7	7	7	6	6
Expression	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
<b>Conscience du monde extérieur</b>										
Interaction sociale	4	4	7	7	7	7	7	7	6	6
Résolution des problèmes	3	3	7	7	7	7	7	7	6	6
Mémoire	3	3	7	7	7	7	7	7	6	6
<b>Total /126</b>	<b>113</b>	<b>113</b>	<b>103</b>	<b>106</b>	<b>87</b>	<b>93</b>	<b>89</b>	<b>95</b>	<b>89</b>	<b>90</b>

Sans aide/dépendance modifiée

7 - Indépendance complète (appropriée aux circonstances et sans danger)

6 - Indépendance modifiée (avec appareillage par exemple)

Avec aide

5 - Surveillance

4 - Aide minimale (autonomie = 75 % +)

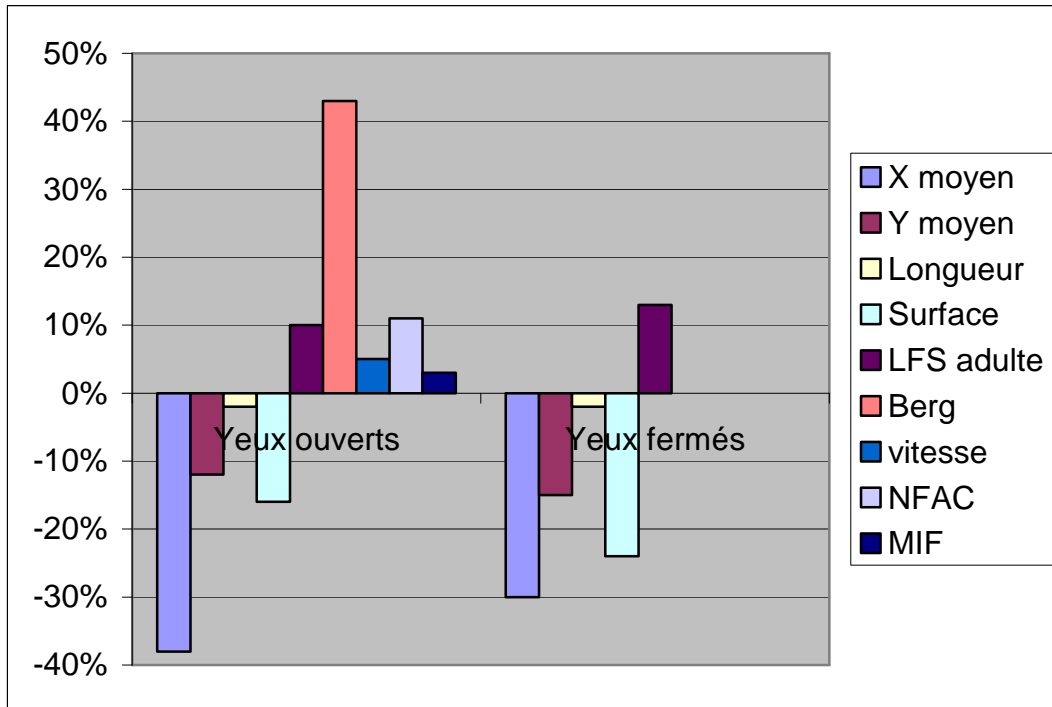
3 - Aide moyenne (autonomie = 50 % +)

Dépendance complète

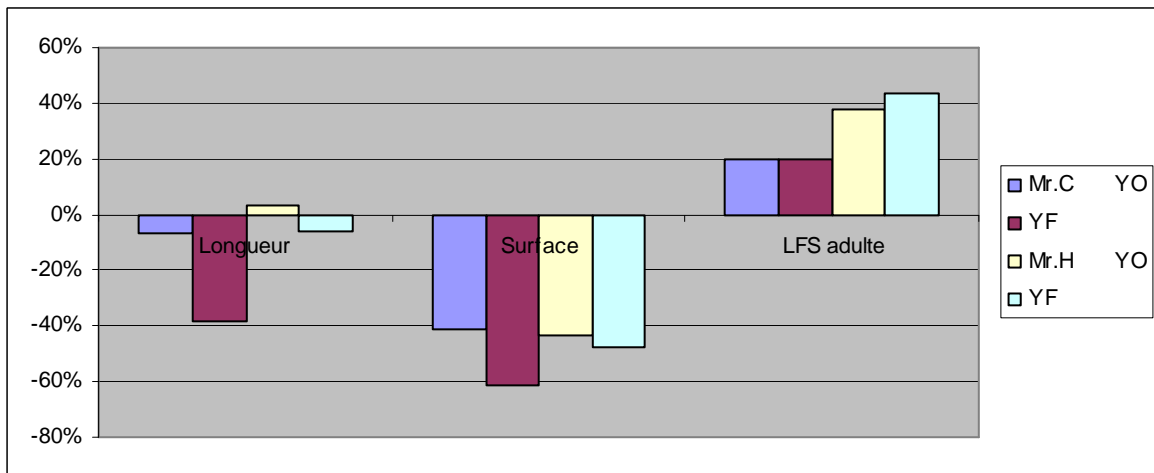
2 - Aide maximale (autonomie = 25 % +)

1 - Aide totale (autonomie = 0 % +)

**Annexe 5: Evaluation à J30**



**Graphique 1: Evolution des différents paramètres d'évaluation sur 30 jours chez les cinq patients pris en charge (moyenne)**



**Graphique 2 : Evolution de quelques paramètres du statokinésogramme chez Mr C. et Mr H. (pris en charge pendant 30 jours sur la Wii fit™)**



## Références bibliographiques

- [1] BONAN I., *et al.* Dépendance visuelle après AVC. In : Rééducation instrumentalisée après cérébrolésion vasculaire. Ed. Masson, 2008 ; p136-142.
- [2] Mode d'emploi Wii™. 2007 NINTENDO ; 128-190.
- [3] DARIN O. Wii-hab assigned to Canadian patients. 2007 [en ligne]. Disponible sur <http://www.slipperybrick.com/2007/05/wii-rehab-patients/>.
- [4] DRUMOND M. Wii-hab. Video games are becoming the new trend in rehabilitation hospitals. 2008 [en ligne]. Disponible sur <http://disabilities.suite101.com/article.cfm/wiihab>.
- [5] Mode d'emploi Wii Fit™ 2008 NINTENDO.
- [6] THOUMIE P. Posture, équilibre et chutes : bases théoriques de la prise en charge en rééducation. Encyclopédie médico-chirurgicale, 1999, 26-452-A-10.
- [7] WILLEM G. Etude neuro-psycho-physiologique du système postural. In : Manuel de posturologie : approche clinique et traitements des pathologies rachidiennes et céphaliques. Ed. Frison-Roche, 2004 ; p17-47.
- [8] WILLEM G. Mode de fonctionnement du système postural. In : Manuel de posturologie : approche clinique et traitements des pathologies rachidiennes et céphaliques. Ed. Frison-Roche, 2004 ; p51-56.
- [9] FROGER J., *et al.* Rééducation par biofeedback de la posture et de l'équilibre après accident vasculaire cérébral. In : Rééducation instrumentalisée après cérébrolésion vasculaire. Ed. Masson, 2008 ; 127-135.
- [10] VIEL E. Posture, équilibre et locomotion : bases neurophysiologiques. In : La marche humaine, la course et le saut. Ed. Masson, 2001 ; p 69-90
- [11] KERDONCUFF V., *et al.* Intérêt de la rééducation par biofeedback visuel sur plateforme de stabilométrie dans la prise en charge des troubles posturaux des hémiplésiques vasculaires. Annales de réadaptation et de médecine physique 2004, n°47, p 169-176
- [12] HELLER F., BEURET-BLANQUART F., WEBER J. Barbiofeedback et rééducation de la marche de l'hémiplégique. Annales de réadaptation et de médecine physique 2005, n°48, 187-195.
- [13] RODE G., BRUN F., ROUGEMONT M-C., EYSSETTE M., BOISSON D. Posturographie et récupération de l'équilibre chez l'hémiplégique. In : Posture, équilibration et médecine de rééducation. Ed. Masson 1998, p175-179.
- [14] DAVIET J-C., *et al.* Techniques de rééducation neuromusculaire appliquées à l'accidenté vasculaire cérébral adulte. Encyclopédie médico-chirurgicale, 2002, 26-455-B-10.

- [15] GELLEZ LEMAN M-C., COLLE F., BONAN I., BRADAI N., YELNIK A. Evaluation des incapacités fonctionnelles chez le patient hémiplégique : mise au point. *Annales de réadaptation et de médecine physique* 2005, n°48, 361-368.
- [16] GAGEY PM., WEBER B. *et al.* Stabilométrie. In *Posturologie, régulation et dérèglement de la station debout*. Ed. Masson 2004, p 57-71.
- [17] THOUMIE P. Vieillesse du contrôle postural. In *Posturologie clinique : dysfonctions motrices et cognitives*. Ed. Masson 2006, 103-111.
- [18] BRUN V., *et al.* Evaluation clinique et instrumentale de la posture : les échelles et la place de la posture dans les principaux bilans fonctionnels, la posturographie. In : *Posture, équilibration et médecine de rééducation*. Ed. Masson 1998, p 123-133.
- [19] Manuel d'utilisation de la plate-forme Satel®.
- [20] VIEL E. Analyse de la marche de l'hémiplégique adulte. In : *La marche humaine, la course et le saut*. Ed. Masson, 2001 ; p 151-162.
- [21] VAILLANT J. Effets de feedback visuels sur la régulation de la posture debout. *Kinésithérapie scientifique*, Juillet 2004, n°446, 53-54.
- [22] BORGEL F. Rééducation par biofeedback postural : principes, utilisation et perspectives. In *Pied, équilibre, et posture* 1996, 195-204.
- [23] PESKINE A. Évaluation de la négligence spatiale unilatérale gauche dans un univers de réalité virtuelle (Etude en cours). *Annales de réadaptation et de médecine physique* 2008, n°51, 521-525.
- [24] BLETON JP. Nouvelles voies de rééducation des hémiplésies vasculaires. *Kinésithérapie scientifique*, Octobre 2008, n°492, 25-30.
- [25] PERENNOU D., LACOUR M. Evaluation de la station assise : Caractéristiques et exemple chez l'hémiplégique. In *Posture et équilibre : efficacités et déficiences du contrôle postural*. Ed. Solal, 2006, 227-235.
- [26] PESKINE A., BOX N., PRADA-DIEHL P. Négligence et réalité virtuelle. Rééducation instrumentalisée après cérébrolésion vasculaire. Ed. Masson, 2008 ; p27-39
- [27] KLINGER E. Thèse 2006: Apports de la réalité virtuelle à la prise en charge de troubles cognitifs et comportementaux. [En ligne] : <http://pastel.paristech.org/1645/>.
- [28] YELNIK A.P. *et al.* Rééducation de l'équilibre après AVC par des exercices stimulant les différentes afférences sensorielles. In *Posture et équilibre*, 2007. Ed Solal, 115-121.