

UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉS DE MÉDECINE

ANNÉE 2015

2015 TOU3 1540

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE
MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE

Présentée et soutenue publiquement

par

Jeanne CAZENAVE MONTASTRUC

le 19 JUIN 2015

**ETUDE DU LIEN ENTRE ASYMETRIE D'APPUI ET ASYMETRIE DE
POSTURE CHEZ LE PATIENT HEMIPLEGIQUE**

Directeur de thèse : Dr David GASQ

JURY

Monsieur le Professeur Philippe MARQUE	Président
Monsieur le Professeur Daniel RIVIERE	Assesseur
Monsieur le Professeur Vincent LARRUE	Assesseur
Monsieur le Professeur Xavier de BOISSEZON	Assesseur
Monsieur le Docteur David GASQ	Suppléant
Monsieur le Docteur David AMARANTINI	Membre Invité



A MON JURY DE THESE

A mes Maîtres, et membres du jury,

Monsieur le Professeur Philippe Marque

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier

Médecine Physique et Réadaptation

Vous me faites l'honneur de présider ce jury. Je vous remercie pour l'enseignement que vous m'avez apporté durant ces années d'internat. Notamment lors des injections et consultations en pédiatrie, vous avez su me transmettre le goût de la prise en charge de ces enfants paralysés cérébraux sur un air de « Il en faut peu pour être heureux Vraiment très peu pour être heureux, Il faut se satisfaire du nécessaire », (comment ne pas succomber au charme de cette discipline ?). Je suis heureuse de pouvoir partager avec vous ce travail. J'espère poursuivre le développement de la rééducation pédiatrique toulousaine à vos côtés.

Soyez assuré de mon profond respect et de toute ma gratitude.

Monsieur le Professeur Daniel Rivière

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier

Physiologie

Vous me faites l'honneur de siéger à ma thèse, et je vous en remercie. J'ai pu apprécier vos qualités et votre humour pédagogique lors de mes études purpanaises, Je suis heureuse d'avoir un physiologiste parmi mon jury.

Veillez trouver dans ce travail de physiologiste, l'expression de mon profond respect.

Au Professeur Vincent Larrue

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier

Neurologie Vasculaire

Vous me faites l'honneur de siéger à ma thèse, et je vous en remercie. Les 6 mois que j'ai passés dans votre service m'ont énormément apporté. J'ai apprécié la qualité et la justesse de votre enseignement, tout autant que votre disponibilité.

Veillez recevoir ici, l'expression de mes sentiments les plus respectueux.

Au Professeur Xavier de Boissezon,

Professeur des Universités

Praticien Hospitalier

Médecine Physique et Réadaptation

Tu me fais l'honneur de siéger à ma thèse, et je t'en remercie. Ces années d'internat en MPR s'achèvent, je te remercie pour ton enseignement. J'ai apprécié ta façon de transmettre ton intérêt pour la prise en charge des escarres du blessé médullaire (le doigté, messieurs dames !).

Que ce travail soit le reflet de mon intérêt pour la médecine physique et réadaptation.

Au Docteur David Amarantini

Maître de Conférence Universitaire

Sciences du Mouvement Humain

Vous me faites l'honneur de siéger à ma thèse, et je vous en remercie.

Soyez assuré de mon profond respect.

Monsieur le Docteur David Gasq

Maître de Conférence Universitaire

Praticien Hospitalier

Physiologie

Je te remercie de m'avoir accompagné dans ce travail de thèse. Merci pour tout le temps passé, et pour ta disponibilité. Ça aura été un plaisir de faire ce travail sous ta direction, toujours très fort pour faire du renforcement positif et nous pousser vers la perfection, toujours une petite pointe d'humour et un grand sourire pour affronter les difficultés (la labellisation c'est long, et l'informatique parfois ça plante), et par-dessus tout une grande bienveillance. Tu es un exemple pour tes petits internes ! 6 mois passés aux explorations fonctionnelles, 6 mois à me demander si tu avais choisi la physiologie pour l'amour du bricolage ou l'inverse, 6 mois qui m'ont beaucoup appris: la rigueur des AQM, le geste « sans précipitation » et précis des toxines sous écho, distinguer la patiente qui simule sur la table du vrai schizophrène, les raccourcis du clavier (comme tu l'avais prédit : j'ai bien progressé en informatique !!), et puis monter un projet de thèse. Finalement j'y ai pris goût (pour ce qui devait être un petit travail facile, rapide et efficace...). Par contre, je n'ai toujours pas accroché avec les sportifs et leurs articulations, j'espère que tu ne m'en veux pas trop ! Un grand merci de m'avoir épargné les statistiques, et de ne pas t'être lassé de répéter sans cesse les bases des stats !!

Sois assuré de mon profond respect, et de ma reconnaissance.

A mes collaboratrices

A Valérie, merci de m'avoir prémâché ce travail ! Je suis contente d'avoir poursuivi ton travail de M1, et toutes les suées que tu as pu avoir, m'ont bien servi par la suite ! Je te dois énormément, merci pour ton accueil dans la MPR lors de mon 1^{er} stage, merci de m'avoir tracé la voie dans la rééducation pédiatrique toulousaine. Tu m'impressionnes tellement avec ta joie et ton humour au travail et ailleurs, ta disponibilité. Merci pour tes bons conseils durant mon internat, et pour les conseils à venir. Ce travail se passe chez les adultes, alors que c'est chez les enfants que j'espère te rejoindre un jour !

En attendant, j'espère qu'on aura bientôt l'occasion de se balader enfin ensemble avec notre marmaille! Merci encore et à très bientôt.

A Laura et Sorayya, ç'aura été un plaisir de réaliser ce travail avec vous, toujours dans la bonne humeur, malgré la pénibilité des tâches ! Un grand merci pour toute l'aide apportée. Laura, j'attends tes propositions pour un petit concert ! et puis on avait parlé d'un petit resto, au Kzar ?!

A Charlotte, collaboratrice dans la correction orthographique mais surtout pour le reste ! Merci pour tes bons conseils, et pour le soutien quand y'en a besoin. Tu es trop forte Dr Chotard, et tes connaissances et tes qualités humaines m'impressionnent! Toujours dispo pour la papote et l'aventure couture, j'espère qu'on va pouvoir reprendre et publier sur le sujet (revue petit citron ou autre) ! Je suis contente de te voir libérée des contraintes universitaires, et bien épanouie dans la vie. A très bientôt avec ta MAC !

A mes proches

A François,

A mon tour de te remercier pour les sacrifices que tu as fait pour que cette thèse aboutisse ! Merci pour ton soutien, merci de m'avoir permis de rester disponible malgré cette thèse, pour les enfants, les copains et pour toi, même si cela a nécessité de longues négociations parfois ! Finalement, m'imposer des ballades à vélo, des soirées sympas 1 mois avant la thèse, ça m'aura permis de garder le sourire, et de ne pas avoir l'impression de ne faire QUE ça !

Merci d'être à mes côtés pour le meilleur et le reste, merci pour tout l'amour et la tendresse que tu m'apportes chaque jour, merci pour le chemin parcouru ensemble et celui qui reste à parcourir, merci pour nos deux jolis trésors,

Sois assuré de mon Amour immense, de ma tendresse infinie, et de mon admiration sans borne ;)

Et comme dit joliment Grand George : *You make my life a better dance...*

A mon grand Théodore chéri, et ma doucette Camille, trésors de ma vie !

A mes parents, merci de m'avoir encouragé dans cette voie pendant ces 12 années. Maman c'est probablement grâce à toi que je n'ai pas eu peur de m'aventurer dans le monde du handicap et que j'ai choisi cette voie. J'admire ta façon d'être une super maman et Nanou, super épouse et super psychomot', j'espère être une maman à la hauteur de ce que tu nous as offert. Et puis surtout j'ai hâte de refaire un peu de couture avec toi, de passer des bons we à Barbaz' sans avoir à bosser !!

Papa, merci pour ta confiance, pleine de Paix, de calme et d'amour, tu es le vent qui souffle dans les voiles de mon petit bateau, tu me permets d'avancer sereinement dans la vie.

A mes grands-parents, Mané et Papico, je vous admire, et vous aime de toute ma tendresse de petite fille, vous êtes les piliers d'une famille magnifique, un modèle d'amour conjugal, un couple « épatant », merci pour ce patrimoine que vous nous avez transmis, et que j'essaie de transmettre à mes enfants.

A ma grand-mère, d'en-haut, ça doit être amusant pour toi de me voir évoluer dans ton quartier ! Je pense souvent à toi, il paraît que tu avais une haute admiration des médecins, tu aurais été fière de ta petite fille (à défaut d'avoir fait l'X !). Merci pour tout ce que tu m'as transmis. A mon grand-père Vital.

A mes frères et sœurs, quelle chance de vous avoir !

Marie, ma grande sœur chérie, merci pour ton soutien et tes bons conseils ! nos petites papotes téléphoniques sont toujours bien agréables et raccourcissent les distances qui nous séparent !

Pierrot, mon grand frère, mon idole ! avec ta musique, tes BDs, tu as toujours quelque chose à me faire découvrir, c'est toujours un plaisir de vous avoir de passage chez nous, et on adore vous rendre visite, j'espère qu'on aura l'occas' de vous voir bientôt sur Nîmes !

Hélène, ma « moyenne sœur » adorée, on n' a pas encore retrouvé le bon créneau téléphonique pour échanger la gazette hebdomadaire, mais ça ne saurait tarder ! Merci pour le gros soutien constant, merci pour ta bonne humeur inébranlable, et tes bonnes idées créatives ! Tu es un modèle d'organisation familial, François M l'a bien compris, j'aurai soi-disant des cours à prendre, quand est-ce que je viens les prendre ??

Tonio, mon petit frère, je suis fière de toi ! merci de m'avoir supporté au jour le jour pendant ces études !! tu as beaucoup de mérite !!

A mes beaux-frères et belle-sœur, Romain, Marielle et François, c'est chouette de vous avoir, vous êtes les meilleures valeurs ajoutées à la famille Cazenave !!

A mes neveux et nièces, Barnabé, Syméon, Samuel, Benjamin, Madeleine, Valentine, Clémentine (filleule chérie !), Mathilde (filleule chérie bis !) et au prochain petit lousticou !

A Mado, Clém', et Cécile, mes cousines jumelles, et tous les autres cousins cousines.

A mes oncles et tantes, en particulier aux toulousains, Merci Bernard et Edith pour votre participation au protocole, merci pour votre accueil toujours très chaleureux, et un ENORME merci pour tous les coups de main de dernière minute, vous vous occupez de nos petits comme vos propres petits-enfants, ils sont heureux comme tout de venir chez vous, ça fait sacrément plaisir ! Merci Odile et Philippe pour votre participation (vous nous avez fait bien rire !!), et merci pour les bons soins durant mes années d'étude au 28 rue des lois, je vous dois une partie de ma réussite ! A Milie, tu sais qu'elle est la galère et la joie de l'internat avec les petits, et tu sais avant moi dans quelle aventure je m'embarque, et à Dominique.

A mes beaux-parents, Thérèse merci pour votre soutien +++, merci pour tout l'amour que vous nous portez, et en particulier à nos enfants, je n'en serai jamais assez reconnaissante. Merci pour les coups de main très fréquents pour s'occuper des enfants. Merci Jean-Louis (le grand JLM !! et le super Papili) de supporter mon impertinence avec toujours beaucoup d'humour ! Merci pour vos conseils bienveillants, et merci d'élargir le répertoire musical de mes enfants !! (« c'est à baba, c'est à yoyo c'est à neuneu, qu'on se bidonne » et « j'irai de Pampelune jusqu'à Bayonne » ça change de Prokofiev...).

A mes beaux frères et belles sœurs, Guillaume, Sophie et Béa, William et Julie (entre valeurs ajoutées on se sert les coudes !), merci pour vos charmants bambins qui font toujours bon accueil à leurs cousins !

A Grand-mère et Mamie.

A Sophie, je t'avais dit au lycée que je te dédicacerai un jour mon œuvre !!

A Delphine, tu es l'amie pivot du début de ma médecine, cette 2^{ème} année en haut du clocher de St Etienne, les jeux de piste, ces pique-niques improvisés sur le trottoir, les spectacles dernière-minute, la virée dans les calanques marseillaises tu m'as aidé à faire le plus beau choix de ma vie : MERCI ! et puis la suite nous a permis de partager plein de belles choses, et d'autres sont encore à venir !

A Caro, on s'est supporté pendant quelques années de coloc' qui restent de très bons souvenirs ! Merci pour ton amitié, et bon courage pour ta fin d'internat et pour tes beaux choix à venir !

A ma Lise chérie, que de bons souvenirs depuis cette année à Salamanca ! J'adore avoir la connerie avec toi, tu es celle qui me fait le plus rire !! Bravo pour ton petit Sacha, j'ai trop hâte de le rencontrer ! Je t'embrasse bien fort !!

A Inês, Charlotte et aux filles du foyer Joly, Rosy, Sr Rosa et Sr Catherine ;) girl power !!!!

A Amélie, on a bien rigolé en 6^{ème} année, et jusqu'à récemment avec cette boulette de sh... ;) j'attends toujours de m'inviter chez toi, ce ne sera pas Rodez, alors peut être Paris ? et à Marion : j'aime partager avec toi les galères des enfants-thèse-mémoire-internat : hauts les cœurs !!

Aux copains toulousains, Maud, Tanguy, Justine, Pierre-Yves, Cécile, Augustin, Marie, Damien, Florence, Guillaume, Adrien, Claire... Aux expatriés, toulousains de cœur : Arthur, Capucine, Thomas, Anne-So, Xavier, Anaïs... Aux amis des END, Céline, Jean, Arnaud, Laure, Marie-Marie, Jean-Emmanuel, Marguerite, Nicolas, Moïse, Mélanie et Benjamin.

A Frère Thomas, ta vivacité, ton intelligence et ton humour nous manque bien ! Tu nous portes de loin, en communion de prière : Merci !

Aux Grémistes !

Enfin, à ceux qui ont animé mon internat

Les coinernes : Mathias, Catherine, les Marie(s), Yann, Florence, David, Benjamin, Olivier, Lieselot, Caro, Elodie, Barbara, Elise, Marie-Raph, Camille, Alizée, Adrian, Virgile, Marieke, Cécile...

Les chefs : merci pour votre patience, votre enseignement, votre rassurance : Marc, Evelyne, Caroline, Emilie merci de m'avoir transmis votre passion de la MPR !

A l'équipe de la MPR Ranguel, merci pour votre accueil, merci aux IDE, aux rééducateurs, merci Christine pour ta bonne humeur ! Merci la belle Claire, notre ARC préférée, merci d'avoir participé à cette étude (au péril de ta réputation !).

A l'équipe de Paul Dottin : Mme Bourg, c'est vous qui m'avez le plus appris sur la rééducation pédiatrique, vous m'avez transmis ce virus, je vous en suis très reconnaissante ! Merci pour votre disponibilité, votre accueil lors des consultations, merci pour le partage de votre expérience et de bien d'autres choses. Merci Catherine pour ton accueil à Paul Dottin, j'ai beaucoup aimé travailler avec toi, j'admire ta façon d'analyser clairement les choses, et ta grande capacité d'organisation au travail. Merci aux autres médecins du centre Jacques, Jacques-Yves, Dominique et Jean-Paul, merci pour votre accueil lors des consultations, j'ai appris beaucoup à vos côtés.

A l'équipe de la Déglutition, le Dr Woisard, le Dr Fichaux-Bourin, Mme Puech.

A l'équipe de la Neuro43, et en particulier la superbe Adeline : tu auras illuminé mon passage en neuro, et tes conseils beauté, tes dissertations sur la mode me manquent!

A l'équipe de Neuropédiatrie, au Pr Chaix, aux Drs Le Camus, Cheuret, Cances, Karsenty, merci pour votre accueil, merci pour l'attention que vous portez à chaque interne, j'ai beaucoup apprécié travailler à vos côtés.

A l'équipe des explorations fonctionnelles physiologiques, au Pr Tack, aux IDE, aux AS, à Lætitia, à Marie-Pierre, Merci pour votre accueil, et merci de supporter les petits internes de David, qui font des trucs bizarres sur leur piste de marche et dans leur cagibi. Merci à Claire, ergo incroyable et bien plus encore, c'était chouette de travailler ensemble !

A l'équipe de Bousquairol, et particulièrement à Myriam et Ana merci encore pour ce bon stage, ça a été un plaisir de vous rencontrer et de travailler avec vous.

A l'équipe de Montauban.

Et enfin, à tous mes petits patients...

TABLEAU du PERSONNEL HU
des Facultés de Médecine de l'Université Paul Sabatier
au 1^{er} septembre 2014

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. ROUGE D.	Professeur Honoraire	M. SALVADOR M.
Doyen Honoraire	M. LAZORTHES Y.	Professeur Honoraire	M. BAYARD
Doyen Honoraire	M. CHAP H.	Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL B	Professeur Honoraire	M. FABIÉ
Professeur Honoraire	M. COMMANAY	Professeur Honoraire	M. BARTHE
Professeur Honoraire	M. CLAUX	Professeur Honoraire	M. CABARROT
Professeur Honoraire	M. ESCHAPASSE	Professeur Honoraire	M. DUFFAUT
Professeur Honoraire	Mme ENJALBERT	Professeur Honoraire	M. ESCAT
Professeur Honoraire	M. GEDEON	Professeur Honoraire	M. ESCANDE
Professeur Honoraire	M. PASQUIE	Professeur Honoraire	M. PRIS
Professeur Honoraire	M. RIBAUT	Professeur Honoraire	M. CATHALA
Professeur Honoraire	M. ARLET J.	Professeur Honoraire	M. BAZEX
Professeur Honoraire	M. RIBET	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE
Professeur Honoraire	M. MONROZIES	Professeur Honoraire	M. CARLES
Professeur Honoraire	M. DALOUS	Professeur Honoraire	M. BONAFÉ
Professeur Honoraire	M. DUPRE	Professeur Honoraire	M. VAYSSE
Professeur Honoraire	M. FABRE J.	Professeur Honoraire	M. ESQUERRE
Professeur Honoraire	M. DUCOS	Professeur Honoraire	M. GUITARD
Professeur Honoraire	M. GALINIER	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES F.
Professeur Honoraire	M. LACOMME	Professeur Honoraire	M. ROQUE-LATRILLE
Professeur Honoraire	M. BASTIDE	Professeur Honoraire	M. CERENE
Professeur Honoraire	M. COTONAT	Professeur Honoraire	M. FOURNIAL
Professeur Honoraire	M. DAVID	Professeur Honoraire	M. HOFF
Professeur Honoraire	Mme DIDIER	Professeur Honoraire	M. REME
Professeur Honoraire	M. GAUBERT	Professeur Honoraire	M. FAUVEL
Professeur Honoraire	Mme LARENG M.B.	Professeur Honoraire	M. FREXINOS
Professeur Honoraire	M. BES	Professeur Honoraire	M. CARRIERE
Professeur Honoraire	M. BERNADET	Professeur Honoraire	M. MANSAT M.
Professeur Honoraire	M. GARRIGUES	Professeur Honoraire	M. BARRET
Professeur Honoraire	M. REGNIER	Professeur Honoraire	M. ROLLAND
Professeur Honoraire	M. COMBELLES	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT
Professeur Honoraire	M. REGIS	Professeur Honoraire	M. CAHUZAC
Professeur Honoraire	M. ARBUS	Professeur Honoraire	M. DELSOL
Professeur Honoraire	M. PUJOL	Professeur Honoraire	M. ABBAL
Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI	Professeur Honoraire	M. DURAND
Professeur Honoraire	M. RUMEAU	Professeur Honoraire	M. DALY-SCHVEITZER
Professeur Honoraire	M. BESOMBES	Professeur Honoraire	M. RAILHAC
Professeur Honoraire	M. GUIRAUD	Professeur Honoraire	M. POURRAT
Professeur Honoraire	M. SUC	Professeur Honoraire	M. QUERLEU D.
Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE	Professeur Honoraire	M. ARNE JL
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE	Professeur Honoraire	M. ESCOURROU J.
Professeur Honoraire	M. PONTONNIER	Professeur Honoraire	M. FOURTANIER G.
Professeur Honoraire	M. CARTON	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE J.
Professeur Honoraire	Mme PUEL J.	Professeur Honoraire	M. PESSEY JJ.
Professeur Honoraire	M. GOUZI		
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU		
Professeur Honoraire	M. PONTONNIER		
Professeur Honoraire	M. PASCAL		

Professeurs Émérites

Professeur LARROUY	Professeur JL. ADER
Professeur ALBAREDE	Professeur Y. LAZORTHES
Professeur CONTÉ	Professeur L. LARENG
Professeur MURAT	Professeur F. JOFFRE
Professeur MANELFE	Professeur J. CORBERAND
Professeur LOUVET	Professeur B. BONEU
Professeur SARRAMON	Professeur H. DABERNAT
Professeur CARATERO	Professeur M. BOCCALON
Professeur GUIRAUD-CHAUMEIL	Professeur B. MAZIERES
Professeur COSTAGLIOLA	Professeur E. ARLET-SUAU
	Professeur J. SIMON

P.U. - P.H. Classe Exceptionnelle et 1ère classe		P.U. - P.H. 2ème classe	
M. ADOUE D.	Médecine Interne, Gériatrie	Mme BEYNE-RAUZY O.	Médecine Interne
M. AMAR J.	Thérapeutique	M. BIRMES Ph.	Psychiatrie
M. ATTAL M. (C.E)	Hématologie	M. BROUCHET L.	Chirurgie thoracique et cardio-vascul
M. AVET-LOISEAU H	Hématologie, transfusion	M. BUREAU Ch	Hépatogastro-entéro
M. BLANCHER A.	Immunologie (option Biologique)	M. CALVAS P.	Génétique
M. BONNEVIALLE P.	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie.	M. CARRERE N.	Chirurgie Générale
M. BOSSAVY J.P.	Chirurgie Vasculaire	Mme CASPER Ch.	Pédiatrie
M. BRASSAT D.	Neurologie	M. CHAIX Y.	Pédiatrie
M. BROUSSET P. (C.E)	Anatomie pathologique	Mme CHARPENTIER S.	Thérapeutique, méd. d'urgence, addict
M. BUGAT R. (C.E)	<i>Cancérologie</i>	M. COGNARD C.	Neuroradiologie
M. CARRIE D.	Cardiologie	M. DE BOISSEZON X.	Médecine Physique et Réadapt Fonct.
M. CHAP H. (C.E)	Biochimie	M. FOURNIE B.	Rhumatologie
M. CHAUVEAU D.	Néphrologie	M. FOURNIÉ P.	Ophtalmologie
M. CHOLLET F. (C.E)	Neurologie	M. GAME X.	Urologie
M. CLANET M. (C.E)	Neurologie	M. GEERAERTS T.	Anesthésiologie et réanimation chir.
M. DAHAN M. (C.E)	Chirurgie Thoracique et Cardiaque	Mme GENESTAL M.	Réanimation Médicale
M. DEGUINE O.	O. R. L.	M. LAROCHE M.	Rhumatologie
M. DUCOMMUN B.	Cancérologie	M. LAUWERS F.	Anatomie
M. FERRIERES J.	Epidémiologie, Santé Publique	M. LEOBON B.	Chirurgie Thoracique et Cardiaque
M. FOURCADE O.	Anesthésiologie	M. MAZIERES J.	Pneumologie
M. FRAYSSE B. (C.E)	O.R.L.	M. MOLINIER L.	Epidémiologie, Santé Publique
M. IZOPET J. (C.E)	Bactériologie-Virologie	M. OLIVOT J-M	Neurologie
Mme LAMANT L.	Anatomie Pathologique	M. PARANT O.	Gynécologie Obstétrique
M. LANG T.	Biostatistique Informatique Médicale	M. PARIENTE J.	Neurologie
M. LANGIN D.	Nutrition	M. PATHAK A.	Pharmacologie
M. LAUQUE D. (C.E)	Médecine Interne	M. PAUL C.	Dermatologie
M. LIBLAU R. (C.E)	Immunologie	M. PAYOUX P.	Biophysique
M. MAGNAVAL J.F.	Parasitologie	M. PAYRASTRE B.	Hématologie
M. MALAVAUD B.	Urologie	M. PORTIER G.	Chirurgie Digestive
M. MANSAT P.	Chirurgie Orthopédique	M. PERON J.M.	Hépatogastro-entérologie
M. MARCHOU B.	Maladies Infectieuses	M. RONCALLI J.	Cardiologie
M. MONROZIES X.	Gynécologie Obstétrique	M. SANS N.	Radiologie
M. MONTASTRUC J.L. (C.E)	Pharmacologie	Mme SAVAGNER F.	Biochimie et biologie moléculaire
M. MOSCOVICI J.	Anatomie et Chirurgie Pédiatrique	Mme SELVES J.	Anatomie et cytologie pathologiques
Mme MOYAL E.	Cancérologie	M. SOL J-Ch.	Neurochirurgie
Mme NOURHASHEMI F.	Gériatrie		
M. OLIVES J.P. (C.E)	Pédiatrie		
M. OSWALD E.	Bactériologie-Virologie		
M. PARINAUD J.	Biol. Du Dévelop. et de la Reprod.		
M. PERRET B (C.E)	Biochimie		
M. PRADERE B. (C.E)	Chirurgie générale		
M. RASCOL O.	Pharmacologie	P.U.	
M. RECHER Ch.	Hématologie	M. OUSTRIC S.	Médecine Générale
M. RISCHMANN P. (C.E)	Urologie		
M. RIVIERE D. (C.E)	Physiologie		
M. SALES DE GAUZY J.	Chirurgie Infantile		
M. SALLES J.P.	Pédiatrie		
M. SERRE G. (C.E)	Biologie Cellulaire		
M. TELMON N.	Médecine Légale		
M. VINEL J.P. (C.E)	Hépatogastro-entérologie		

P.U. - P.H. Classe Exceptionnelle et 1ère classe		P.U. - P.H. 2ème classe	
M. ACAR Ph.	Pédiatrie	M. ACCADBLE F.	Chirurgie Infantile
M. ALRIC L.	Médecine Interne	Mme ANDRIEU S.	Epidémiologie
M. ARLET Ph. (C.E)	Médecine Interne	M. ARBUS Ch.	Psychiatrie
M. ARNAL J.F.	Physiologie	M. BERRY A.	Parasitologie
Mme BERRY I.	Biophysique	M. BONNEVILLE F.	Radiologie
M. BOUTAULT F. (C.E)	Stomatologie et Chirurgie Maxillo-Faciale	M. BUJAN L.	Uro-Andrologie
M. BUSCAIL L.	Hépto-Gastro-Entérologie	Mme BURA-RIVIERE A.	Médecine Vasculaire
M. CANTAGREL A.	Rhumatologie	M. CHAYNES P.	Anatomie
M. CARON Ph. (C.E)	Endocrinologie	M. CHAUFOUR X.	Chirurgie Vasculaire
M. CHAMONTIN B. (C.E)	Thérapeutique	M. CONSTANTIN A.	Rhumatologie
M. CHAVOIN J.P. (C.E)	Chirurgie Plastique et Reconstructive	M. DELOBEL P.	Maladies Infectieuses
M. CHIRON Ph.	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie	Mme DULY-BOUHANICK B.	Thérapeutique
Mme COURTADE SAIDI M.	Histologie Embryologie	M. COURBON	Biophysique
M. DELABESSE E.	Hématologie	M. DAMBRIN C.	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire
Mme DELISLE M.B. (C.E)	Anatomie Pathologie	M. DECRAMER S.	Pédiatrie
M. DIDIER A.	Pneumologie	M. DELORD JP.	Cancérologie
M. ELBAZ M.	Cardiologie	M. GALINIER Ph.	Chirurgie Infantile
M. GALINIER M.	Cardiologie	M. GARRIDO-STÖWHAS I.	Chirurgie Plastique
M. GERAUD G.	Neurologie	Mme GOMEZ-BROUCHET A.	Anatomie Pathologique
M. GLOCK Y.	Chirurgie Cardio-Vasculaire	M. GROLLEAU RAOUX J.L.	Chirurgie plastique
M. GOURDY P.	Endocrinologie	Mme GUIMBAUD R.	Cancérologie
M. GRAND A. (C.E)	Epidémi. Eco. de la Santé et Prévention	M. HUYGHE E.	Urologie
Mme HANAIRE H. (C.E)	Endocrinologie	M. LAFOSSE JM.	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
M. KAMAR N.	Néphrologie	M. LEGUEVAQUE P.	Chirurgie Générale et Gynécologique
M. LARRUE V.	Neurologie	M. MARCHEIX B.	Chirurgie thoracique et cardiovasculaire
M. LAURENT G. (C.E)	Hématologie	M. MARQUE Ph.	Médecine Physique et Réadaptation
M. LEVADE T.	Biochimie	Mme MAZEREEUW J.	Dermatologie
M. MALECAZE F. (C.E)	Ophtalmologie	M. MINVILLE V.	Anesthésiologie Réanimation
Mme MARTY N.	Bactériologie Virologie Hygiène	M. MUSCARI F.	Chirurgie Digestive
M. MASSIP P.	Maladies Infectieuses	M. OTAL Ph.	Radiologie
M. PLANTE P.	Urologie	M. ROLLAND Y.	Gériatrie
M. RAYNAUD J-Ph.	Psychiatrie Infantile	M. ROUX F.E.	Neurochirurgie
M. RITZ P.	Nutrition	M. SAILLER L.	Médecine Interne
M. ROCHE H. (C.E)	Cancérologie	M. SOULAT J.M.	Médecine du Travail
M. ROSTAING L. (C.E).	Néphrologie	M. TACK I.	Physiologie
M. ROUGE D. (C.E)	Médecine Légale	M. VAYSSIERE Ch.	Gynécologie Obstétrique
M. ROUSSEAU H.	Radiologie	M. VERGEZ S.	O.R.L.
M. SALVAYRE R. (C.E)	Biochimie	Mme URO-COSTE E.	Anatomie Pathologique
M. SCHMITT L. (C.E)	Psychiatrie		
M. SENARD J.M.	Pharmacologie		
M. SERRANO E. (C.E)	O. R. L.		
M. SOULIE M.	Urologie		
M. SUC B.	Chirurgie Digestive		
Mme TAUBER M.T.	Pédiatrie		
M. VELLAS B. (C.E)	Gériatrie		

M.C.U. - P.H.		M.C.U. - P.H.	
M. APOIL P. A	Immunologie	Mme ABRAVANEL F.	Bactério. Virologie Hygiène
Mme ARNAUD C.	Epidémiologie	M. BES J.C.	Histologie - Embryologie
M. BIETH E.	Génétique	M. CMBUS J.P.	Hématologie
Mme BONGARD V.	Epidémiologie	Mme CANTERO A.	Biochimie
Mme CASPAR BAUGUIL S.	Nutrition	Mme CARFAGNA L.	Pédiatrie
Mme CASSAING S.	Parasitologie	Mme CASSOL E.	Biophysique
Mme CONCINA D.	Anesthésie-Réanimation	Mme CAUSSE E.	Biochimie
M. CONGY N.	Immunologie	M. CHASSAING N	Génétique
Mme COURBON	Pharmacologie	Mme CLAVE D.	Bactériologie Virologie
Mme DAMASE C.	Pharmacologie	M. CLAVEL C.	Biologie Cellulaire
Mme de GLISEZENSKY I.	Physiologie	Mme COLLIN L.	Cytologie
Mme DELMAS C.	Bactériologie Virologie Hygiène	M. CORRE J.	Hématologie
Mme DE-MAS V.	Hématologie	M. DEDOUIT F.	Médecine Légale
M. DUBOIS D.	Bactériologie Virologie Hygiène	M. DELPLA P.A.	Médecine Légale
Mme DUGUET A.M.	Médecine Légale	M. DESPAS F.	Pharmacologie
M. DUPUI Ph.	Physiologie	M. EDOUARD T	Pédiatrie
Mme FILLAUX J.	Parasitologie	Mme ESQUIROL Y.	Médecine du travail
M. GANTET P.	Biophysique	Mme ESCOURROU G.	Anatomie Pathologique
Mme GENNERO I.	Biochimie	Mme GALINIER A.	Nutrition
Mme GENOUX A.	Biochimie et biologie moléculaire	Mme GARDETTE V.	Epidémiologie
M. HAMDI S.	Biochimie	M. GASQ D.	Physiologie
Mme HITZEL A.	Biophysique	Mme GRARE M.	Bactériologie Virologie Hygiène
M. IRIART X.	Parasitologie et mycologie	Mme GUILBEAU-FRUGIER C.	Anatomie Pathologique
M. JALBERT F.	Stomato et Maxillo Faciale	Mme GUYONNET S.	Nutrition
M. KIRZIN S	Chirurgie générale	Mme INGUENEAU C.	Biochimie
Mme LAPEYRE-MESTRE M.	Pharmacologie	M. LAHARRAGUE P.	Hématologie
M. LAURENT C.	Anatomie Pathologique	M. LAIREZ O.	Biophysique et médecine nucléaire
Mme LE TINNIER A.	Médecine du Travail	M. LEANDRI R.	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LOPEZ R.	Anatomie	M. LEPAGE B.	Biostatistique
M. MONTOYA R.	Physiologie	Mme MAUPAS F.	Biochimie
Mme MOREAU M.	Physiologie	M. MIEUSSET R.	Biologie du dével. et de la reproduction
Mme NOGUEIRA M.L.	Biologie Cellulaire	Mme PERIQUET B.	Nutrition
M. PILLARD F.	Physiologie	Mme NASR N.	Neurologie
Mme PRERE M.F.	Bactériologie Virologie	Mme PRADDAUDE F.	Physiologie
Mme PUISSANT B.	Immunologie	M. RIMAILHO J.	Anatomie et Chirurgie Générale
Mme RAGAB J.	Biochimie	M. RONGIERES M.	Anatomie - Chirurgie orthopédique
Mme RAYMOND S.	Bactériologie Virologie Hygiène	Mme SOMMET A.	Pharmacologie
Mme SABOURDY F.	Biochimie	M. TKACZUK J.	Immunologie
Mme SAUNE K.	Bactériologie Virologie	M. VALLET P.	Physiologie
M. SILVA SIFONTES S.	Réanimation	Mme VEZZOSI D.	Endocrinologie
M. SOLER V.	Ophtalmologie		
M. TAFANI J.A.	Biophysique		
M. TREINER E.	Immunologie		
Mme TREMOLLIERS F.	Biologie du développement		
M. TRICOIRE J.L.	Anatomie et Chirurgie Orthopédique		
M. VINCENT C.	Biologie Cellulaire		
			M.C.U.
		M. BISMUTH S.	Médecine Générale
		Mme ROUGE-BUGAT ME	Médecine Générale
		Mme ESCOURROU B.	Médecine Générale

Maîtres de Conférences Associés de Médecine Générale

Dr STILLMUNKES A.
Dr BRILLAC Th.
Dr ABITTEBOUL Y.
Dr CHICOULAA B.

Dr BISMUTH M
Dr BOYER P.
Dr ANE S.

Sommaire

1	Introduction	5
1.1	Contexte	7
1.2	Rappel sur la physiologie du maintien postural	9
1.3	L'asymétrie d'appui chez le patient cérébro-lésé	11
1.4	Les verticales	11
1.4.1	La verticale subjective visuelle	11
1.4.2	Effet Aubert et Effet Müller	13
1.4.3	La verticale subjective posturale	15
1.4.4	La verticale subjective haptique	15
1.4.5	Perception des verticales chez le patient cérébro-lésé	15
1.4.6	Altération de la perception des verticales et déficiences	17
1.5	Perception de l'axe du corps	23
1.6	Posture et AVC	25
1.6.1	Patients pousseurs (« Pushers »)	25
1.6.2	Patients non pousseurs	25
1.7	Problématique et objectif principal	27
2	Matériels et Méthodes	29
2.1	Population	29
2.1.1	Critères d'inclusion	29
2.1.2	Critères d'exclusion	29
2.2	Evaluation clinique	31
2.2.1	Renseignements concernant le patient et le sujet sain	31
2.2.2	Renseignements concernant la pathologie du patient	31
2.2.3	Evaluation de la sensibilité	33
2.2.4	Evaluation visuelle	35

2.2.5	Evaluation de l'héminégligence.....	35
2.2.6	Evaluation du comportement de pushing : Scale for Contraversive Pushing	37
2.2.7	Evaluation de la motricité.....	37
2.2.8	Evaluation clinique de l'équilibre, Echelle PASS.....	39
2.2.9	Evaluation des limitations d'activités	39
2.2.10	Evaluation de la marche.....	41
2.3	Evaluation instrumentale	43
2.3.1	Evaluation de la Verticale Subjective Visuelle.....	43
2.3.2	Evaluation stabilométrique de l'asymétrie d'appui	45
2.3.3	Evaluation cinématique tridimensionnelle de la posture.....	45
2.4	Procédure d'acquisition	51
2.4.1	Evaluation de la verticale posturale spontanée.....	53
2.4.2	Evaluation de la verticale posturale subjective	55
2.4.3	Limite de stabilité (condition L).....	59
2.4.4	Evaluation de la perception de l'axe du tronc	61
2.5	Traitement des données.....	63
2.5.1	Données stabilométriques.....	63
2.5.2	Données cinématiques	63
2.6	Paramètres descriptifs.....	67
2.7	Analyses statistiques	69
3	Résultats.....	73
3.1	Caractéristiques de la population	73
3.1.1	Caractéristiques communes des différentes populations	73
3.2	VSV.....	77
3.3	Condition Spontanée.....	79
3.3.1	Asymétrie d'appui	79
3.3.2	Liens entre asymétrie d'appui et altérations de la marche.....	81

3.3.3	Stabilité posturale	83
3.3.4	Posture	85
3.3.5	Droit Devant	87
3.3.6	Visiodépendance.....	87
3.4	Limite de stabilité	89
3.5	Condition Posturale, comparaison avec la condition Spontanée	93
3.6	Perception de l'axe de tronc, condition T	97
3.7	Déterminants de l'asymétrie d'appui	99
3.7.1	Déterminants posturaux de l'asymétrie d'appui, en condition spontanée les YO et YF	99
3.7.2	Déterminants cliniques (déficiences) de la translation du bassin en condition spontanée les YO et les YF.....	101
3.7.3	Modèle global de prédiction de l'asymétrie d'appui en condition spontanée les YO et les YF	103
4	Discussion	105
4.1	Principaux faits.....	105
4.1.1	Réponse à l'objectif principal	105
4.1.2	Validité de nos mesures expérimentales.....	107
4.1.3	Caractéristiques de notre population	111
4.1.4	Déterminants de l'asymétrie d'appui.....	121
4.2	Limites méthodologiques.....	125
4.3	Implications de l'étude et perspectives	129
5	Conclusion	133
6	Bibliographie.....	135
7	Annexe	143
7.1	Annexe I : EmNSA	143

7.2	Annexe II : Test des cloches	147
7.3	Annexe III : Echelle de Catherine Bergego:	148
7.4	Annexe IV : Scale of contraversive pushing	148
7.5	Annexe V : Fugl-Meyer	149
7.6	Annexe VI : Echelle PASS.....	153
7.7	Annexe VII : FAC modifiée	154
7.8	Annexe VIII : Mesure d'indépendance fonctionnelle	155
7.9	Annexe IX : Résultats Appui et posture condition Posturale.....	157
7.10	Annexe X : procédure d'acquisition	158
7.11	Annexe XI Modèles de régressions linéaires multiples	163

1 Introduction

Les troubles de l'équilibre font partie des fonctions les plus fréquemment atteintes après un accident vasculaire cérébral (AVC). La récupération d'un équilibre assis puis debout est un préalable nécessaire à l'acquisition de la marche, celle-ci restant une fonction phare pour les hémiplésiques et leur famille. En plus des troubles de l'équilibre, les sujets hémiplésiques présentent souvent une asymétrie d'appui aux dépens du côté hémiplésique. Ces asymétries d'appui sont pénalisantes sur le plan fonctionnel car fortement liées à une altération de la marche et de l'équilibre (1).

Une altération de la perception de la verticale est fréquente chez le sujet hémiplésique, plus importante chez les patients ayant un trouble postural majeur (2). Il existe plusieurs façons d'étudier la perception de la verticale, que nous détaillerons plus loin.

Concernant l'altération de la posture (agencement des segments corporels entre eux) du sujet atteint d'AVC, il existe un modèle d'altération de la posture qui est celui du patient « pusher » ou « pousseur » (patient ayant une forte tendance à l'inclinaison du corps côté hémiplésique avec résistance active à la correction). Les possibilités d'évaluation instrumentale de la posture sont complexes et peu réalisées en pratique clinique. Il n'y a notamment pas eu de travaux réalisés chez des sujets hémiplésiques en position debout.

Dans la littérature, les causes de l'asymétrie d'appui ne sont pas formellement identifiées. Notamment, aucun lien formel n'a été établi entre l'asymétrie d'appui et le trouble postural. Notre objectif sera d'étudier les déterminants de l'asymétrie d'appui, en intégrant l'évaluation des déficiences (motrices, sensibles et cognitives), des différentes modalités de perception de la verticale et de la posture (analyse tridimensionnelle).

1.1 Contexte

Les accidents vasculaires cérébraux (AVC) sont une des causes les plus fréquentes de handicap chez l'adulte.

Selon les chiffres de la direction générale de l'organisation des soins d'après le plan AVC 2010-2014 (ministère des affaires sociales, de la santé, et des droits de la femme) en 2010 en France, il y a eu un peu plus de 130000 hospitalisations complètes pour un accident neuro-vasculaire, soit 1 AVC toutes les 4 minutes, avec 110000 hospitalisations pour AVC et 20500 hospitalisations pour accident ischémique transitoire (AIT). L'âge moyen de survenue d'un AVC est de 73 ans, et le quart des AVC concernaient des personnes de moins de 65 ans, la moitié des personnes de 65 à 84 ans et un quart d'au moins 85 ans. En terme de mortalité, l'AVC représente la troisième cause de mortalité pour les hommes (après les cancers et les cardiopathies ischémiques), et la première pour les femmes (avant les cardiopathies ischémiques et le cancer du sein). En 2010, les maladies cérébro-vasculaires ont été responsables de 32500 décès.

En terme de handicap, la moitié des survivants gardera des séquelles sévères nécessitant l'aide d'une tierce personne dans les actes de la vie quotidienne (3–5). En France les AVC sont responsables d'environ 300000 handicaps moyens à sévères, il s'agit de la première cause de handicap après l'âge de 40 ans, avec des conséquences médico-économiques majeures pour la société (6). Les séquelles sont variables d'un sujet à l'autre et peuvent combiner plusieurs déficits (sensitif, moteur, cognitif, émotionnel) entraînant des limitations d'activités et une dépendance, notamment dans les actes de la vie quotidienne.

L'essentiel de la récupération s'effectue dans les 6 premiers mois suivant l'AVC. Pour 95% des patients le meilleur score moteur est atteint 12 semaines après l'AVC (5). En ce qui concerne la marche, 14% des patients nécessitent une aide technique pour la déambulation, 64% marchent de façon totalement indépendante, et 22% restent incapables de déambuler après rééducation (3). 80% des sujets hémiplésiques retrouveront une marche dans les premiers mois, grâce notamment au travail rééducatif. Cette déambulation ne constitue cependant pas une marche normale car de nombreuses déficiences résiduelles persistent.

1.2 Rappel sur la physiologie du maintien postural

La posture est une attitude, définie par la position relative des segments corporels entre eux ainsi que par leur orientation dans l'espace. Le maintien postural d'une position érigée nécessite pour un sujet de faire face à différentes contraintes : contraintes internes liées à la géométrie corporelle, et contraintes externes liées à la gravité, à la stabilité du support et à d'éventuelles autres perturbations références.

Trois systèmes d'information permettent de renseigner en permanence le système nerveux central sur la position des segments corporels entre eux et par rapport au vecteur gravitaire : le système visuel (référentiel allocentré) (7), le système vestibulaire (notamment le système otolithique qui est un référentiel géocentré) (8) et les informations proprioceptives (référentiel égocentré) (9).

Les informations en provenance de ces trois référentiels sont intégrées dans le système nerveux central à plusieurs niveaux : noyaux vestibulaires, thalamus, carrefour temporo-pariétal, cortex « vestibulaire » : cortex pariéto-insulaire, notamment dans l'hémisphère droit, permettant l'élaboration d'un modèle postural interne (10).

Chez le patient cérébro-lésé, l'altération de la posture peut-être liée à plusieurs causes :

- un défaut d'information
- un défaut d'intégration
- une altération du modèle postural
- une altération des structures effectrices (déficit musculaire, spasticité, lésions musculo-tendineuses...).



Figure I.4.1: verticale subjective visuelle, d'après Pérennou et al (11)

1.3 L'asymétrie d'appui chez le patient cérébro-lésé

Il existe une asymétrie d'appui chez 60% des patients hémiparétiques suite à un accident vasculaire cérébral (AVC) : 80% d'entre eux ont un hyper-appui du côté sain (ou côté ipsi-lésionnel = côté hémisphère lésé) et 20% du côté plégique (ou côté contra-lésionnel) (12). Ces asymétries d'appui sont pénalisantes sur le plan fonctionnel car fortement liées à une altération de la marche et de l'équilibre (1,13). L'étude des asymétries d'appui est réalisée de manière courante sur des plateformes de force.

Plusieurs travaux ont été réalisés pour étudier les déterminants de ces asymétries d'appui.

Des liens ont été établis avec la négligence comportementale ($r = 0.53$; $p < 0.01$) (13), le déficit moteur ($r = -0.47$; $p < 0.03$) (13), l'hypoesthésie ($r = 0.54$; $p < 0.01$) (13). Ces associations sont cependant inconstamment mises en évidence puisque d'autres études n'ont pas trouvé de différence entre les patients avec ou sans asymétrie d'appui concernant l'hypoesthésie, la négligence, ou l'antécédent de pushing (12).

1.4 Les verticales

La verticale gravitaire est la référence. La perception qu'un sujet a de la verticale est la verticale subjective, il y a plusieurs façons d'étudier celle-ci.

1.4.1 La verticale subjective visuelle

Le sujet oriente un repère visuel initialement incliné dans un environnement sans repère (obscurité) sur ce qu'il perçoit être la verticale gravitaire. L'angulation mesurée en degrés entre le repère lumineux et la verticale gravitaire est ce que l'on appelle la verticale subjective visuelle (VSV) (**Figure I.4.1**).

Chez le sujet sain en position verticale, la norme physiologique est définie par une déviation inférieure à 1° vers la droite ou vers la gauche par rapport à la verticale gravitaire (14)

1.4.2 Effet Aubert et Effet Müller

D'après Ohlmann et Luyat (10), la perception de la VSV peut être faussée par une inclinaison latérale de la tête, qui provoque une inclinaison apparente de la verticale physique. Afin de quantifier cet effet, on demande généralement au sujet qui est incliné de remettre une baguette lumineuse à la verticale. L'effet Aubert (ou effet A) correspond à une déviation de la VSV vers le corps en inclinaison latérale. L'effet Müller (ou effet E) traduit le phénomène inverse : la VSV est inclinée dans la direction opposée à l'inclinaison du sujet.

L'émergence d'un effet Aubert ou d'un effet Müller dépend de 2 facteurs principaux : l'amplitude de l'inclinaison corporelle et le type de modalité perceptive utilisée pour réaliser les ajustements du stimulus. Concernant l'amplitude d'inclinaison, il est habituel de considérer que pour de petites inclinaisons (jusqu'à 60°) on observe un effet Müller et au-delà, un effet Aubert.

Il existe une grande variation interindividuelle, certains sujets présentent un effet Aubert dès les plus petites inclinaisons et d'autres peuvent même, plus rarement, (1% environ), présenter un effet Müller quelle que soit l'amplitude d'inclinaison.

Chez le sujet hémiparétique, Yelnik et al. (15) ont étudié l'effet Müller (effet E), celui-ci n'est pas observé chez les sujets hémiparétiques lorsque la tête est inclinée côté sain (= en ipsilatéral) laissant suggérer que l'effet E pourrait être médié par l'étirement des structures somato-sensorielles du cou. A l'inverse, selon Marquer et al. (16) chez les hémiparétiques, l'effet Aubert est diminué lors de l'inclinaison contralatérale de façon proportionnelle au degré d'hypoesthésie ($r=-0,55$, $p<0,01$). L'effet Aubert correspondrait à une synthèse des informations graviceptives vestibulaires et somesthésiques.



Figure I.4.3 : VSP d'après Pérennou et al (11)



Figure I.4.4 : VSH d'après Pérennou et al (11)

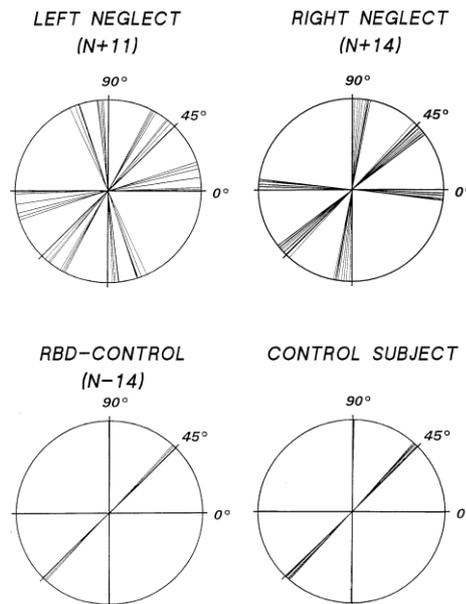


Figure I.4.5 : Résultats de la perception des VSV, de HSV, et de l'OSV-45° (d'après Kerkhoff et al. (17)) chez 3 sujets cérébrolésés, un sujet hémignégligent G, un sujet hémignégligent D, un sujet avec lésion cérébrale D sans négligence, et chez un sujet sain.

Sujet N+11 (négligence G) présente une déviation contralésionnelle dans les 3 orientations, ce qui a été retrouvé chez 12 patients négligents sur 13.

Sujet N+14 (négligence D) présente une déviation contralésionnelle (vers la D) dans les 3 orientations.

Contrairement à ces 2 sujets négligents, le sujet N-14 avec une lésion hémisphérique D sans négligence a réalisé la tâche de façon similaire au sujet sain présenté en bas à D.

1.4.3 La verticale subjective posturale

Le sujet en position debout ou assise, les yeux fermés ou dans l'obscurité (sans référentiel visuel), est installé dans un dispositif spécifique maintenant l'ensemble des segments du corps. Le sujet est alors incliné et doit signaler verbalement la position dans laquelle il perçoit être le plus proche de la verticale gravitaire. La verticale subjective posturale ou VSP est comprise chez le sujet sain entre $-2,5^\circ$ et $+2,5^\circ$ (18,19) (**Figure I.4.3**).

1.4.4 La verticale subjective haptique

Le sujet est en position debout, assise ou couchée, les yeux fermés, il oriente manuellement (perception tactile) une baguette sur ce qu'il perçoit être la verticale gravitaire. La verticale subjective haptique (VSH) est comprise chez le sujet sain entre $-4,5^\circ$ et $+4,5^\circ$ (20) (**Figure I.4.4**).

1.4.5 Perception des verticales chez le patient cérébro-lésé

Les études concernant la perception de la verticale chez le patient hémiparétique ont montré une altération de sa perception : **la verticale subjective visuelle (VSV) est déviée en contra-lésionnel, c'est-à-dire déviée côté non parétique** (2,15,17,21-28).

Pour Bonan et al. (26) la VSV avant 3 mois post-AVC hémisphérique (28 patients) est inclinée de $2,8^\circ$ (valeur médiane, IQD à 4,8). Cette valeur est significativement différente d'un groupe de sujets sains ($p < 0,01$), la valeur chez ce groupe contrôle étant de $0,8^\circ$ (valeur médiane, IQD à 1,4). L'erreur dans la détermination de la VSV est également plus importante chez le patient hémiparétique.

Kerkhoff et al. (1998) (**Figure I.4.5**), ont étudié la perception de la VSV (VSV de référence exprimée à 90°), de l'horizontale subjective visuelle (HSV de référence exprimée à 180°) et de l'oblique subjective visuelle (OSV de référence exprimée à 45°) dans 4 groupes de patients : un groupe de cérébro-lésé D avec négligence G ($n=13$, VSV=Moy $94,9^\circ$ DS $3,8^\circ$, HSV= Moy $183,7^\circ$ DS $2,8^\circ$, OSV=Moy $49,7^\circ$ DS $4,5^\circ$), un groupe de cérébro-lésé D sans négligence ($n=14$, VSV= Moy $89,8^\circ$ DS $0,5^\circ$, HSV= $178,8^\circ$ DS $0,5^\circ$, OSV= $45,3^\circ$ DS $2,3^\circ$), un groupe de cérébro-lésé G avec négligence D ($n=3$, l'erreur est de plus de 4° dans toutes les directions), un groupe de cérébro-lésé G sans négligence ($n=11$, VSV= $89,6^\circ$ DS $0,8^\circ$, HSV= $179,5^\circ$ DS $1,12^\circ$, OSV $45,1^\circ$ DS $2,45^\circ$). L'ensemble a été comparé avec un groupe de sujets sains ($n=12$, VSV= $89,6^\circ$ DS $0,8^\circ$, HSV= $179,6^\circ$ DS $0,4^\circ$, OSV $44,9^\circ$ DS $1,4^\circ$). Le groupe de sujets avec négligence G était significativement dévié en contra-lésionnel ($p < 0,0003$) dans l'ensemble des directions (17).

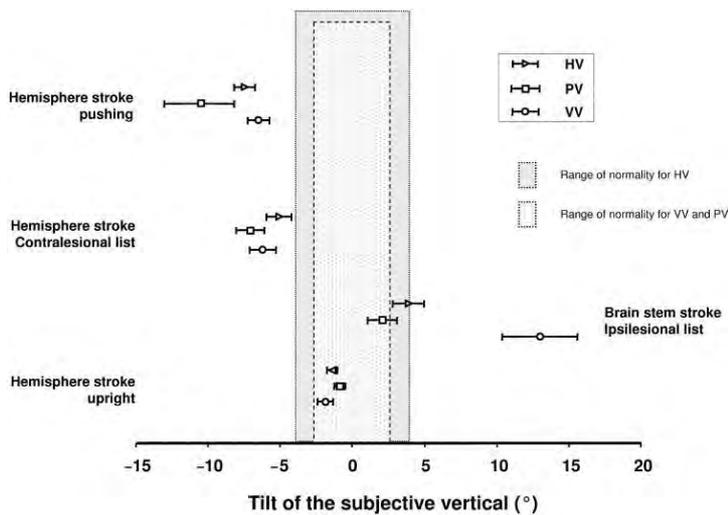


Figure I.4.6 : Perception des verticales selon l'altération posturale du sujet et selon la localisation de l'AVC (hémisphérique ou tronc cérébral) d'après Pérennou et al. (2)

Orientation des 3 modalités de perception de la verticale (VV=verticale subjective visuelle, HV= verticale haptique, PV= verticale posturale) pour 4 groupes de patients : patients avec AVC hémisphérique et présentant un « pushing », patients avec AVC hémisphérique ayant une latéropulsion contralésionnelle sans « pushing », patients avec une latéropulsion ipsilésionnelle sans pushing (AVC du tronc cérébral), et patients avec AVC hémisphérique se tenant droit. Entre les pointillés, valeurs normales de la VV et PV, (de -2.5° à $+2.5^{\circ}$), en gris, valeurs normales de la HV (de -4.5° à $+4.5^{\circ}$). Les données sont exprimées en Moyenne +/- SE.

Saj et al. (2005), ont mis en évidence que l'altération de la perception de la verticale subjective visuelle était autant présente dans le plan frontal ($-8,8^\circ$ chez des sujets cérébrolésés hémiparétiques, $-1,9^\circ$ chez des sujets cérébrolésés non hémiparétiques, contre $0,4^\circ$ chez les sujets sains contrôles), que dans le plan sagittal ($-4,5^\circ$ chez des sujets hémiparétiques pour $-0,1^\circ$ pour des sujets cérébrolésés non parétiques et $1,1^\circ$ chez les sujets sains contrôles) (23).

Yelnik et al. ont trouvé pour valeur de déviation de la VSV chez des patients cérébrolésés à la suite d'un AVC hémisphérique D : $-2,2^\circ$, ou G : $1,5^\circ$, versus $0,2^\circ$ chez un groupe de sujets sains. L'erreur dans la détermination de la VSV était plus importante chez les sujets avec AVC hémisphérique D ($7,6^\circ$) ou hémisphérique G ($4,7^\circ$) que chez les sujets contrôles ($1,9^\circ$) (15).

Pour Pérennou et al., (**Figure I.4.6**) sur 80 patients ayant un AVC hémisphérique, 44 avaient une inclinaison contralésionnelle de la VSV anormale ($-7^\circ \pm 3,2^\circ$). Dans la même étude, la VSP était en moyenne à $-3,5^\circ \pm 5,1^\circ$ ($P < 0,001$), sachant que 34 sujets avaient une VSP anormalement inclinée en contralésionnel ($-8,5^\circ \pm 4,7^\circ$). La VSP était plus inclinée chez les cérébrolésés D que G, surtout chez les sujets ayant une lésion du cortex sensorimoteur primaire et du thalamus. Il concluait que l'hémisphère D jouait un rôle clé dans l'élaboration d'un modèle interne de verticalité (2,29).

1.4.6 Altération de la perception des verticales et déficiences

La plupart des travaux précédemment cités ont étudié les liens (corrélations) entre l'altération de la perception de la verticale et les autres déficiences. Des corrélations notables ont été mises en évidence avec :

-la motricité : il existerait une corrélation entre le déficit moteur évalué à partir de la Collin & Wade Scale, et la déviation en contra lésionnel de la VSV, $r = -0,39$ ($p = 0,002$) (25).

-l'hémiparésie : elle est associée à une déviation contra-lésionnelle de la VSV (15,17,22–24,26) et de la VSP (29). Selon Bonan et al. (26) la VSV est plus déviée chez les patients avant 3 mois et présentant une négligence visuelle: VSV à $5,4^\circ$ (IQD 5,0) chez les sujets avec négligence visuelle contre $1,9^\circ$ (IQD 3,5) chez les sujets sans négligence visuelle. Pour Kerkhoff et al. (1998) l'importance de la déviation de la VSV fortement corrélée à la négligence ($r = 0,74$, $p < 0,004$) (17). Ceci est aussi décrit par Saj et al. (23)

-l'hémianopsie : Saj et al. ont décrit qu'elle avait un effet additif avec l'héminégligence sur l'inclinaison contra-lésionnelle de la VSV. Des sujets à la fois héminégligents et hémianoptiques (n=12) présentaient une déviation de la VSV plus importante (Moy $-6,79^\circ$) qu'un groupe de sujets héminégligents seuls (n=5, Moy $-3,9^\circ$) ou qu'un groupe de sujets hémianoptiques seuls (n=3 Moy $-3,16^\circ$), ou qu'un groupe de sujets cérébrolésés D sans héminégligence et sans hémianopsie (n= 13 Moy $-1,12^\circ$), la moyenne de la déviation chez les sujets sains contrôles étant de $-0,49^\circ$ (n=14) (24). Yelnik et al. (15) n'ont pas mis en évidence de différence significative chez les sujets ayant une hémianopsie.

-l'altération de l'équilibre : Bonan et al. (2006) ont évalué cliniquement l'altération de l'équilibre chez le sujet hémiparétique à travers la PASS $r = -0,47$ (25), puis instrumentalement avec la limite de stabilité mesurée dans le plan sagittal (SSL : $p = 0.004$, $t = -0.43$) et dans le plan latéral (LSL: $p = 0.06$, $t = -0.29$) sur une plateforme de force. Les résultats à 6 mois post AVC sont corrélés à l'altération initiale de la VSV (26).

-l'altération de la marche : évaluée avec la vitesse de marche sur 10 mètres à 6 mois post AVC, une corrélation existerait entre cette vitesse de marche et l'altération de la VSV initiale ($p = 0.01$, $t = -0.36$) (26).

-la posture : en utilisant une échelle d'évaluation de la posture du tronc en position assise dans le plan frontal et sagittal de -3 (inclinaison sévère vers la G ou en arrière) à +3 (inclinaison sévère vers la D ou vers l'avant), 0 étant la position sans inclinaison du tronc selon Saj et al. (23) : aucun lien n'a été mis en évidence avec la présence d'une déviation de la VSV (seulement 8 patients). Dans une autre étude, Saj et al. ont démontré que la position du sujet négligent influait sur sa perception de la VSV, ainsi, la perception de la VSV serait la meilleure lorsqu'elle est étudiée en position couchée sur le dos, ensuite viendrait la position assise jambes étendues, puis la position assise avec pieds au sol puis assis les pieds ballants qui serait la position avec la moins bonne perception de la VSV (22). Pérennou et al. (2) ont étudié la posture chez les 80 sujets hémiparétiques, cette évaluation était faite à partir de la SCP, 45 sujets n'avaient pas d'altération de la posture (SCP $< 0,5$), 29 sujets avaient une inclinaison en contralésionnel sans « pushing » (c'est-à-dire sans chute, SCP = $0,5$), et 6 sujets étaient pushers (ou « pousseurs »), c'est-à-dire présentaient une inclinaison contralésionnelle et opposaient une résistance à la correction de cette inclinaison (SCP=1). L'altération de la VSP était plus marquée chez les patients pushers que chez les sujets avec inclinaison contralésionnelle du tronc sans « pushing ».

Ces derniers avaient une altération de la VSP plus importante que les patients sans trouble postural. La VSP de ces patients sans trouble postural était dans les valeurs normales, mais tout de même plus inclinée que chez les sujets sains (**Figure I.4.6**).

Chez les 80 sujets avec un AVC hémisphérique, la corrélation entre la VSV et le degré de latéropulsion était faible ($r = -0.33$, $P = 0.003$), mais elle était beaucoup plus forte pour la VSP ($r = -0.71$, $P < 10^{-6}$) (2).

-l'indépendance fonctionnelle : évaluée avec la MIF est corrélée à l'altération de la VSV $r = -0,49$ (Bonan et al. (25)).

-la localisation de l'AVC : Pérennou et al. ont mis en évidence que les anomalies de perception des verticales (visuelle, haptique et posturale) étaient plus fréquentes lors des lésions corticales (frontal ($p = 0,004$), Rolando ($p = 0,07$), pariétal ($p = 0,01$), temporal ($p = 0,09$)) que lorsque les lésions touchaient les structures profondes (thalamus, striatum, capsule interne). La verticale posturale était plus inclinée chez les sujets cérébrlésés D que chez les cérébrlésés G ($T = 3.55$, $P < 10^{-3}$), de même la taille de la lésion majorait l'altération de la VSP ($F(2,72) = 5.1$; $P = 0.008$) chez les cérébrlésés D uniquement. Par contre ils n'ont pas trouvé de lien entre localisation de l'AVC et altération de la verticale visuelle (2).

Yelnik et al. n'ont pas mis en évidence de différence entre les valeurs moyennes de VSV chez les cérébrlésés D et G en revanche le degré d'incertitude était plus important chez les cérébrlésés D (médiane 7.6° versus 4.7°) (15).

Brandt et al. (21) ont montré sur 71 patients ayant eu un AVC supra-tentorial dans le territoire de l'artère cérébrale moyenne qu'en cas de déviation de la VSV en contra lésionnel, ($p < 0,0005$), la cartographie des lésions montrait une atteinte préférentielle de l'insula postérieure qui pourrait correspondre au cortex pariéto-insulaire vestibulaire chez le singe, centre d'intégration multisensorielle du cortex vestibulaire.

-le pusher syndrome : chez les patients pusher (ou « pousseurs »), dans l'étude de Pérennou (2) la déviation contra-lésionnelle de la VSV (Moy à $-6,5$) et de la VSP (Moy à $-10,6^\circ$) était plus importante que chez les patients non pusher (2,30). Baier a aussi mis en évidence une déviation plus importante de la VSV chez les patients pushers ($F(1,36) = 7.354$; $p = 0.010$) (30).

1.5 Perception de l'axe du corps

La perception de l'axe du corps (PAC) est aussi perturbée. Dans les études de Barra et al, la PAC qu'il nomme le « longitudinal body axis » ou LBA, étudiée en position allongée est déviée en contra-lésionnel, ceci plus particulièrement chez les patients ayant une lésion cérébrale droite, une hémiparésie, une hypoesthésie, une PASS altérée et/ou un pushing (32). La PAC en position assise est déviée de manière identique à la VSV (27). Etudiée en position allongée, la PAC est corrélée à l'asymétrie d'appui en position debout: dans une étude réalisée chez 22 sujets après un AVC, Barra et al. ont étudié la VSV, le LBA (longitudinal body axis) et la répartition d'appui (13). Ainsi, la VSV et le LBA sont fortement associés ($r = 0.7$; $p < 0.001$), et l'estimation du LBA s'avère être un meilleur prédicteur ($r = -0.52$; $p < 0.02$) de l'asymétrie d'appui que la VSV ($r = -0.41$; $p = 0.074$) lorsqu'il est ajusté sur le déficit moteur et l'hypoesthésie. Plus l'appui en ipsi-lésionnel (côté sain) est important, plus la PAC est déviée en contra-lésionnel(13)(12). Peu d'études ont étudié à la fois l'asymétrie d'appui et l'altération des perceptions de la verticale.

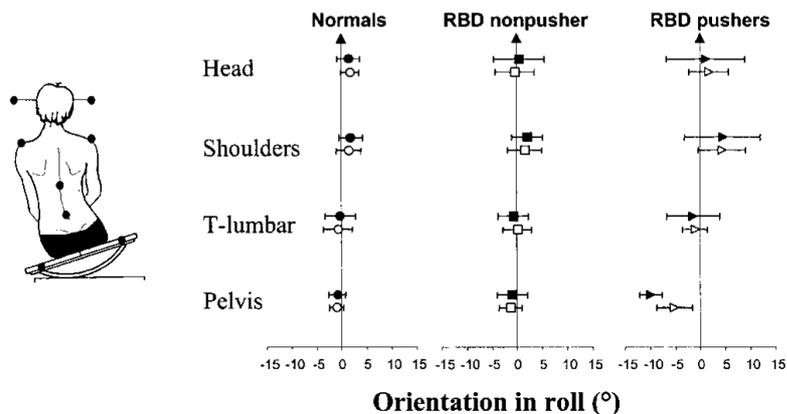


Figure I.6.1 : Orientation des segments corporels selon la verticale gravitaire chez des sujets assis sur une plateforme instable d'après Pérennou et al. (31).

L'orientation des segments corporels a été mesurée à 4 niveaux : tête, épaule, colonne thoraco-lombaire et bassin. 3 groupes ont été comparés : Sujets sains, Sujets hémipariés (post AVC) sans comportement « pushing » (« pousseur ») et Sujets hémipariés « pusher » (« pousseur »). L'angle est négatif pour les inclinaisons vers la gauche. Données exprimées en moyenne et déviation standard.

Légende : symboles noirs : tâche effectuée yeux fermés, et symboles blancs : tâche effectuée yeux ouverts.

Abréviations: RBD, right brain-damaged patients, Cérébrolésés D.

1.6 Posture et AVC

1.6.1 Patients pousseurs (« Pushers »)

5% des patients hémiparétiques présentent un trouble postural majeur caractérisé : il s'agit des patients « pushers » qui présentent une latéropulsion contra-lésionnelle et opposent une résistance à toute correction passive. La mise en évidence du pushing repose sur un simple examen clinique du patient (33).

La quantification des asymétries posturales est habituellement réalisée avec un système d'analyse cinématique tridimensionnelle. Pérennou et al. ont étudié chez 14 sujets hémiparétiques gauches, dont trois avaient un comportement pusher, leur capacité à se maintenir assis droit sur une plateforme à bascule latérale avec et sans l'aide de la vision, en mesurant la position de la tête, des épaules, de la colonne thoracolombaire et du bassin par un système optocinématique (**Figure I.6.1**). Les sujets pusher avaient beaucoup plus de mal à réaliser la tâche et avaient une inclinaison contra-lésionnelle du bassin, par contre la tête restait bien orientée, ceci était particulièrement important lors de la tâche sans aide de la vision. La conclusion apportée à cette étude est que le comportement du pusher ne résulterait pas d'une altération des données provenant du système vestibulaire, mais serait plutôt secondaire à un défaut du traitement des informations somesthésiques de l'hémicorps G (« négligence graviceptive ») (31).

Ce comportement a un impact négatif sur la récupération de la marche et de l'équilibre, avec des durées d'hospitalisations en service de rééducation prolongées (34). La VSP (déviée en contra-lésionnelle chez les patients pushers) est la modalité la plus corrélée aux troubles posturaux (2). Aucune étude n'a exploré les asymétries d'appui chez ces patients, probablement parce que le maintien d'une position debout n'est pas possible.

1.6.2 Patients non pousseurs

Actuellement à notre connaissance, aucune étude n'a évalué la posture en 3D chez le sujet hémiparétique en position debout.

1.7 Problématique et objectif principal

En synthèse, la présence d'une asymétrie d'appui suite à un AVC est un facteur fortement associé à une altération de la marche et de l'équilibre. Les déterminants de cette asymétrie d'appui ont pour certains été étudiés avec des conclusions souvent contradictoires et des corrélations faibles (notamment déficit moteur, hémiparésie, altération de l'équilibre, altération de la perception des verticales et de l'axe du tronc), ou n'ont pas été étudiés (notamment les modifications posturales chez des patients hémiparésés en position debout). Notre défaut de connaissance des déterminants majeurs de l'asymétrie d'appui est probablement une limite à dépasser pour proposer une prise en charge optimale de cette déficience.

Notre objectif est d'étudier les déterminants de l'asymétrie d'appui chez le patient hémiparésé suite à un AVC. Notre hypothèse est la suivante : l'asymétrie d'appui est essentiellement la conséquence d'une asymétrie posturale, qui est elle-même secondaire à l'altération de la perception de la verticale (visuelle, posturale) et de l'axe du tronc, ainsi qu'aux déficiences motrices et cognitives.

2 Matériels et Méthodes

Il s'agit d'une étude pilote observationnelle, prospective et monocentrique réalisée dans le Service des Explorations Fonctionnelles Physiologiques du CHU de Toulouse Rangueil.

Un avis favorable du comité d'éthique hospitalier du CHU Rangueil a été obtenu le 13 mai 2014 (projet n°42-0514) concernant les données recueillies sur les patients dans le cadre de ce protocole. L'évaluation des patients a été faite dans le cadre du protocole de soins habituels.

2.1 Population

Les 20 sujets hémiplésiques ont été recrutés dans divers services de SSR neurologiques de la région toulousaine (CHU Rangueil en secteur d'hospitalisation de jour et traditionnelle, et consultations), Clinique Monié, Clinique des Cèdres, Clinique du Cabirol) à partir du mois de mars 2014, jusqu'en décembre 2014.

20 sujets sains ont été recrutés dans les entourages des participants de cette étude de mai 2014 à février 2015.

2.1.1 Critères d'inclusion

- Patient hémiplésique
- Premier et unique AVC datant de plus de 3 mois et de moins de 3 ans
- Lésion dans le territoire de l'artère cérébrale moyenne (droite ou gauche)
- Age compris entre 18 et 81 ans.

2.1.2 Critères d'exclusion

- Troubles de l'équilibre ne permettant pas le maintien d'une position orthostatique d'au moins une minute.
- Syndrome cérébelleux
- Troubles de la compréhension majeurs (aphasie, démence)
- Troubles psychiatriques
- Neuropathie périphérique associée
- Scoliose déséquilibrée

2.2 Evaluation clinique

Elle a été réalisée par le même évaluateur (Jeanne Montastruc).

2.2.1 Renseignements concernant le patient et le sujet sain

Les données recueillies étaient :

- la date de naissance
- le sexe
- l'âge
- les données anthropométriques (taille, poids, pointure)
- la latéralité manuelle

2.2.2 Renseignements concernant la pathologie du patient

Les données recueillies étaient :

- le type d'accident vasculaire cérébral (ischémique ou hémorragique)
- la date de survenue
- le type d'imagerie réalisée à la phase initiale (IRM ou TDM) et la localisation de la lésion (hémisphère D ou G, superficiel, profond ou total, lésion étendue au territoire antérieur ou postérieur).
- la localisation du déficit moteur.

2.2.3 Evaluation de la sensibilité

Nous avons évalué la sensibilité à l'aide de l'Erasmus MC Modifications to the (revised) Nottingham Sensory Assessment (EmNSA, **Annexe I**) V3 (35) en utilisant uniquement pour notre évaluation la partie concernant le membre inférieur. Ce bilan, déjà validé en anglais chez les patients cérébrolésés, est en cours de validation en français.

Cette échelle évalue la sensibilité superficielle (épicritique et nociceptive) et la sensibilité proprioceptive.

La sensibilité superficielle est évaluée sur plusieurs segments : orteils, pied, jambe et cuisse. Pour chaque segment on obtient un score sur 2 (0=anesthésie, 1=hypoesthésie, 2=sensibilité normale), on ajoute ensuite les scores, pour obtenir un score total sur 8. Cette opération est répétée pour le toucher léger, la sensibilité à la pression, la sensibilité à la pique, et la discrimination au piquer-toucher. Si la sensibilité au toucher léger est normale pour l'ensemble des segments, il n'y a pas besoin de tester les autres sensibilités.

La sensibilité proprioceptive est évaluée sur plusieurs segments : 1^{ère} MTP, cheville, genou, hanche. Pour chaque segment on obtient un score sur 2 (0=anesthésie, 1=altérée, 2=sensibilité normale), avec un score total sur 8.

Les sujets 6 à 20 ont bénéficié de l'évaluation de la sensibilité par cette échelle. Les sujets 1 à 5 n'ont pas été évalués pour la sensibilité par l'EmNSA, mais de façon plus globale, en les classant en 3 groupes pour la sensibilité superficielle : 0=anesthésie, 1=hypoesthésie, 2=sensibilité normale, et en 2 groupes pour la sensibilité proprioceptive (0=altérée, 1=normale).

Pour l'analyse finale nous avons converti les scores de l'EmNSA des patients 6 à 20 en convertissant les résultats de l'évaluation de la sensibilité fine (cotée de 0 à 8) en classant les sujets ayant un score de 0 à 2 dans le groupe anesthésie, les sujets ayant un score de 3 à 7 dans le groupe hypoesthésie et les sujets ayant un score à 8 dans le groupe « sensibilité normale ». Pour la sensibilité proprioceptive, les sujets ayant un score de 0 à 7 étaient classés dans le groupe sensibilité proprioceptive altérée, et les sujets ayant un score à 8 dans le groupe sensibilité proprioceptive normale. Ceci afin d'harmoniser l'évaluation des sensibilités superficielle et proprioceptive.

2.2.4 Evaluation visuelle

Le champ visuel a été testé au doigt, le patient fixant le nez de l'examineur. En cas d'hémianopsie, un champ visuel de Goldmann était demandé et les résultats récupérés (ce qui n'a pas été utile car aucun patient ne présentait d'hémianopsie latérale homonyme).

2.2.5 Evaluation de l'héminégligence

Le patient était considéré héminégligent sur un faisceau d'arguments (36) :

-une évaluation clinique pour rechercher une extinction visuelle, sensitive et auditive

-le test de bissection de lignes : le patient devait marquer d'un trait le milieu de quatre lignes qui lui étaient présentées successivement avec deux lignes de 20 cm et deux lignes de 5 cm. Le résultat correspondait à la moyenne en millimètres, pour chaque longueur de ligne, de la déviation du trait par rapport au milieu objectif. La bissection était considérée comme déviée si la distance avec le milieu objectif était supérieure ou égale à 6mm vers la droite ou la gauche (37).

-le test des cloches : ce test était en faveur d'une négligence si la différence entre les omissions dans les champs gauche et droit était supérieur ou égal à 3 (38) (**Annexe II**).

-échelle de Catherine Bergego (**Annexe III**) : un score concernant 30 items réalisé auprès du patient et auprès de son entourage ou d'un thérapeute s'occupant du patient.(39)

Cette échelle a l'avantage de pouvoir calculer un score d'anosognosie.

Au terme de ces évaluations le patient était considéré ou non comme héminégligent.

Nous avons aussi recueilli chez chaque patient la **notion d'héminégligence à la phase initiale** de l'AVC. En effet 2/3 des patients présentant une héminégligence à la phase initiale récupèrent spontanément dans les 3 premiers mois post-AVC (40). Cette information était recueillie dans les courriers médicaux de sortie d'Unité Spécialisée en Neurologie Vasculaire ou dans les notes d'entrée de SSR. Nous voulions évaluer si le fait d'avoir été héminégligent pouvait avoir un impact à distance, même lorsqu'elle n'était plus détectable à distance avec notre batterie d'évaluation clinique.

2.2.6 Evaluation du comportement de pushing : Scale for Contraversive Pushing

L'échelle *Scale for Contraversive Pushing* a été proposée par Karnath (33) en 2000 (**Annexe IV**). Le score est fondé sur 3 items évalués en position assise et en position debout. Les items évalués sont la posture (latéropulsion), l'utilisation du MS ou MI pour augmenter la surface d'appui, et la résistance opposée aux corrections passives. Le patient est diagnostiqué comme étant pusher au SCP si le score de chaque item (assis et debout) atteint au moins un point.

Dans notre étude cette échelle n'a pas été discriminative car les patients étaient sélectionnés entre autres sur leur capacité à maintenir un équilibre en station debout prolongée. Leur score était pour tous à 0/6.

2.2.7 Evaluation de la motricité

Nous avons utilisé le score de Fugl-Meyer (**Annexe V**) (41) pour quantifier le niveau moteur des patients. Il s'agit d'une échelle créée et validée en 1975, couramment utilisée après un AVC. Largement utilisée dans la littérature, elle est considérée comme un « gold standard ». Elle évalue plusieurs aspects concernant le membre supérieur et inférieur : la motricité analytique et globale, le contrôle et la sélectivité du mouvement, la spasticité, la sensibilité, les capacités posturales, les amplitudes articulaires passives et les douleurs à la mobilisation.

Le score moteur global est coté sur 100 (celui du membre supérieur sur 66 et celui du membre inférieur sur 34). Un changement du score total inférieur à 10 points (c'est le changement minimal détectable) peut être lié à une simple erreur de mesure et ne reflète pas forcément un changement significatif de la motricité.

2.2.8 Evaluation clinique de l'équilibre, Echelle PASS

Le Postural Assessment Scale for Stroke Patients ou PASS (42) (**Annexe VI**) est un score complet d'évaluation de l'équilibre spécifiquement dédié aux patients ayant eu un AVC. Le PASS a été développé pour pouvoir être utile à tous les patients victime d'un AVC, indépendamment de la sévérité de l'atteinte. Il contient 12 items de 4 niveaux (côtés de 0 à 3) qui évaluent les capacités posturales selon une difficulté croissante : position couchée, puis assise et enfin debout. Le score total s'établit entre 0 et 36. Il a été avantageusement comparé aux autres échelles par d'autres personnes que ses concepteurs (43,44). Ces qualités en font un excellent outil pour la pratique clinique et la recherche. Par contre il présente un effet plafond qui limite l'intérêt à la phase chronique (45).

Dans notre étude nous avons tenu compte du score total de la PASS et nous sommes intéressés au score des derniers items, qui étaient les plus discriminants dans notre population d'hémiplégiques qui tenaient bien debout : l'appui monopodal côté sain et côté parétique, chacun côté de 0 à 3.

2.2.9 Evaluation des limitations d'activités

a. FAC modifié

La Functional Ambulation Classification modified (**Annexe VII**) décrite par Brun et al. (46), est une échelle d'évaluation de la marche de l'hémiplégique allant de 0 (ne peut marcher ou besoin de l'aide de plus d'une personne) à 8 (peut marcher seul en surface plane et franchit seul les escaliers de façon normale sans se servir de la rampe ou d'une canne avec passage des marches normalement), largement utilisée en service de médecine physique et réadaptation pour décrire les progrès du malade à tous les stades de la rééducation. Elle est sensible et reproductible (46).

b. *Mesure d'Indépendance Fonctionnelle*

La Mesure d'indépendance Fonctionnelle ou MIF (**Annexe VIII**), est une échelle classique d'évaluation générique des limitations d'activités dans la vie quotidienne, très utilisée et adaptée en français par Boulanger (47–49). Elle mesure l'indépendance fonctionnelle des individus suivis en rééducation. Son but est de prédire la quantité d'aide humaine ou technique nécessaire pour accomplir des activités humaines quotidiennes, et donc la charge de soins requis. Elle comprend 18 items répartis en 6 groupes (soins personnels, contrôle des sphincters, locomotion, communication et comportement social) côtés de 1 (dépendance totale) à 7 (indépendance). Les 4 premiers groupes concernent les activités essentiellement motrices (« MIF-Moteur », /91), et les 2 derniers les activités d'ordre cognitif (« MIF-Cognitif » /35). Le score total est établi entre 18 et 126. Granger et Hamilton (48) rapportent des valeurs moyennes de la MIF de 15151 hémiplésiques traités dans 139 centres américains : la MIF moyenne à l'admission est de 63 et à la sortie de 87 pour une durée moyenne de séjour de 29 jours. Le gain moyen de la MIF par semaine est de 5,9. Oczkowski et Barreca (50) confirment que la MIF est prédictive de l'évolution de l'hémiplégie. Dans leur étude, c'est le score initial et non le gain moyen réalisé au cours du séjour en rééducation qui prédit de l'état fonctionnel du patient à la sortie. Un score initial de 82 à 94 est corrélé avec un retour au domicile alors qu'un score initial inférieur à 63 est corrélé à un placement institutionnel. La charge en soins déterminée par le temps d'aide physique et de surveillance est significativement corrélée avec le niveau d'incapacité fonctionnelle déterminée par la MIF.

Pour notre travail nous avons utilisé le score total de la MIF ainsi que les sous-scores « MIF-Moteur » et « MIF-Cognitif » réalisés le jour de l'évaluation.

2.2.10 Evaluation de la marche

Nous avons utilisé pour cela le locomètre de Bessou (51), et avons retenu 3 paramètres spatio-temporels (obtenus sur une distance de 6 mètres) : vitesse de marche spontanée et maximale (m/sec), et index d'asymétrie temporelle d'appui unipodal (entre -100 et +100, négatif si l'appui unipodal est diminué du côté parétique).

Cette évaluation était réalisée par une infirmière (IDE) du service d'explorations fonctionnelles physiologiques.

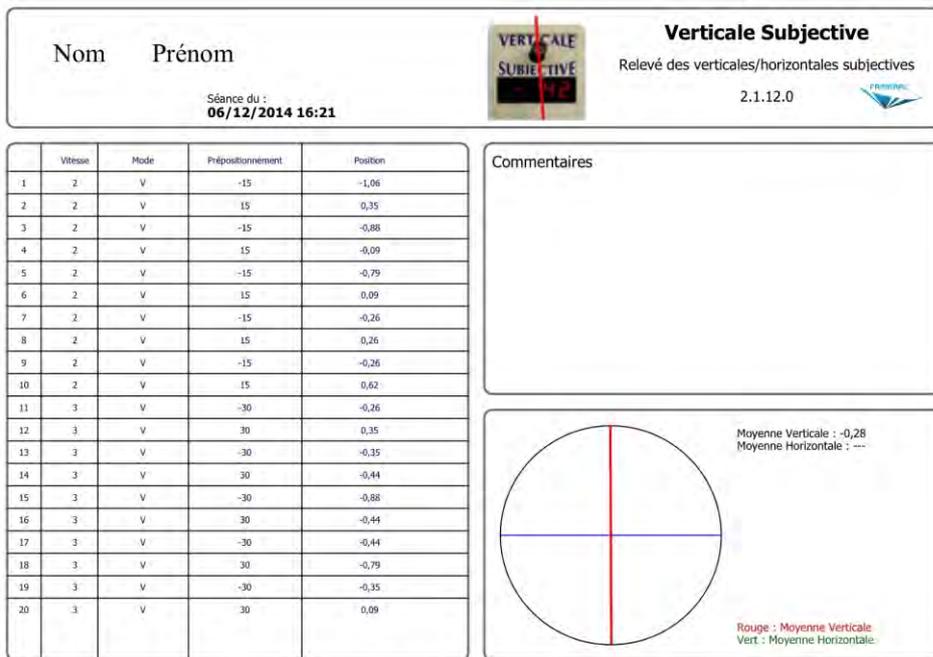


Figure II.3.1 : Evaluation de la VSV, logiciel Framigest.

2.3 Evaluation instrumentale

Elle a été réalisée par 3 évaluateurs, le plus souvent en binôme : Laura Pon-Layus et Sorayya Tricot (élèves en 3^{ème} année de masso-kinésithérapie), et moi-même. Les sujets sains et les sujets hémiparétiques ont eu la même évaluation instrumentale.

2.3.1 *Evaluation de la Verticale Subjective Visuelle*

Nous avons utilisé la Verticale Subjective Visuelle (VSV) de la marque Framiral® (**Figure II.3.1**). Il s'agit d'un faisceau lumineux rouge mesurant 1m30, situé à 1m50 du patient. Pour chaque sujet nous avons orienté avant les acquisitions le faisceau lumineux pour faire en sorte qu'il passe par le « droit devant du sujet », ainsi la VSV était projetée en face de la personne.

Avant toute acquisition nous avons calibré la VSV sur la verticale gravitaire à l'aide d'un niveau laser automatique du commerce (rayon bricolage).

L'inclinaison (en degrés) de la VSV était négative lorsqu'elle était inclinée vers la G et positive lorsqu'elle était inclinée vers la D chez le sujet sain. Chez le sujet hémiparétique, l'inclinaison de la VSV était négative lorsqu'elle était inclinée vers le côté parétique (soit contralésionnel, par rapport à la lésion cérébrale) et positive lorsqu'elle était inclinée côté sain (soit ipsilésionnel).

Pour l'évaluation de la VSV, le sujet était debout (pour les témoins et 17 sujets hémiparétiques) ou assis (pour 3 sujets hémiparétiques S03, S09 et S17) en fonction de sa fatigabilité dans l'obscurité afin d'éliminer les référentiels visuels de la verticale gravitaire.

A 10 reprises en alternant la position de départ du faisceau laser à -30° (incliné de 30° à G) et à 30° (incliné de 30° à D), l'opérateur mobilisait le faisceau laser jusqu'à ce que le sujet le perçoive comme étant la verticale gravitaire.

La moyenne des 10 essais était ensuite calculée.

Une déviation de plus de 1° vers la droite ou vers la gauche par rapport à la verticale gravitaire est considérée comme pathologique (14).

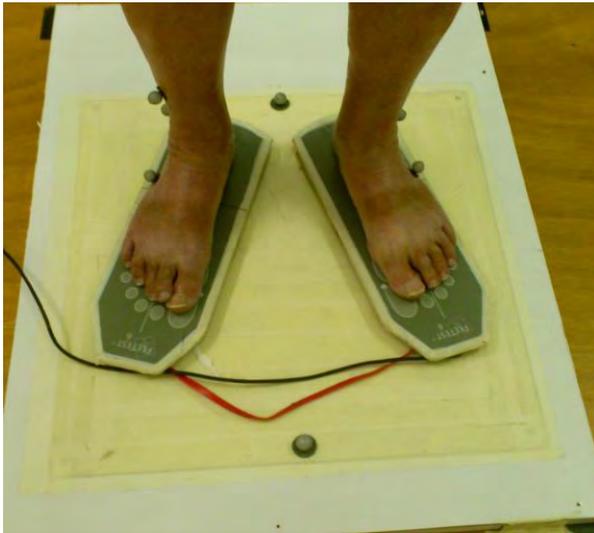


Figure II.3.2.a : Sabots des plateformes stabilométriques Feetest 6 de TechnoConcept

Marqueurs Avant et Arrière fixés sur le support des plateformes. Le plan sagittal du repère orthonormé passe par ces 2 marqueurs. Position des pieds : espace intertalonnier 17cm, angle d'ouverture des pieds : 14°.

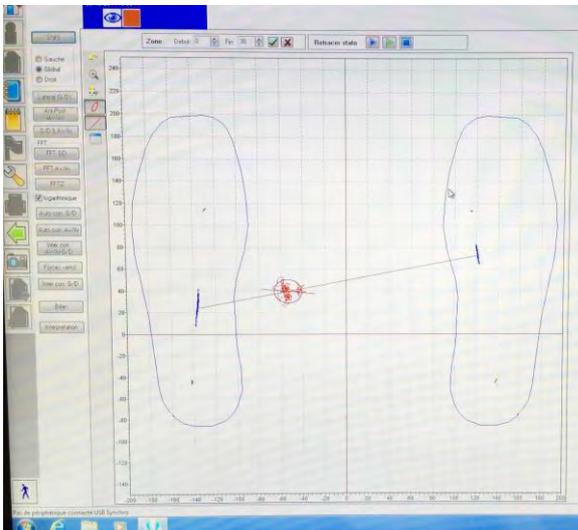


Figure II.3.2.b logiciel Sabot6, la pelote rouge correspond au trajet du CoP, sur cette photo, il est déplacé vers le pied G, témoignant d'un hyperappui à G.

2.3.2 *Evaluation stabilométrique de l'asymétrie d'appui*

Nous avons utilisé 4 plateformes de force (Feetest 6 de TechnoConcept, logiciel Sabot6 version 1.3.9 (**Figures II.3.2.a et II.3.2.b**), deux sous chaque pied (une pour l'avant pied et une pour l'arrière pied). La fréquence d'échantillonnage était de 40 Hz. Les données brutes des jauges de contrainte ont été exportées vers le logiciel Matlab. Des routines de calcul ont permis le calcul des positions successives du centre de pression résultant (CoP) au cours de l'acquisition, selon les axes antéro-postérieur (AP) et médio-latéral (ML).

L'asymétrie d'appui a été calculée et exprimée en pourcentage du poids corporel total par rapport au côté droit pour les sujets témoins et par rapport au côté sain/ipsilésionnel pour les sujets hémiplegiques (d'où le terme « Asymétrie DS » : asymétrie droite/sain). Par exemple un sujet ayant une asymétrie d'appui de -15%, a donc 15% d'appui en moins du côté D ou du côté sain/ipsilésionnel, soit un appui côté G ou plégique/contralésionnel de 65% et un appui à 35% côté D ou sain.

La vitesse du centre de pression résultant (mm/sec), reflétant la stabilité du patient a également été calculée : plus elle augmentait, plus le sujet était instable.

La visiodépendance des paramètres obtenus en condition yeux ouverts (YO) et yeux fermés (YF) a été calculé sous la forme d'un ratio normalisé entre -100 et +100, positif si valeur YF > YO.

2.3.3 *Evaluation cinématique tridimensionnelle de la posture*

Nous avons utilisé le système Optitrack (6 caméras infra-rouge pour les sujets hémiplegiques 1 à 5 et sujets sains 1 à 4, et 8 caméras infra-rouge pour les autres), et le logiciel Motive Tracker (version 1.0). Ce système optoélectronique permet de déterminer la position de marqueurs réfléchissants dans un repère orthonormé tridimensionnel. Ce système est basé sur la réflexion des infra-rouges par des marqueurs (marqueurs dits « passifs ») : pour avoir un signal, il est nécessaire que chaque marqueur soit vu en permanence par au moins 2 caméras. Le cas échéant, il y a une perte de signal de ce marqueur.

Les 8 caméras infra-rouge du système (caméras S250e, 96 LEDs) étaient dotées d'une résolution de 0,7 mégapixels. Les acquisitions ont été réalisées à une fréquence d'échantillonnage de 120 Hz. La précision spatiale était inférieure au millimètre. Il s'agit d'un système équivalent à des systèmes de référence dans le domaine biomédical (système Vicon) en terme de précision de mesure (52,53).

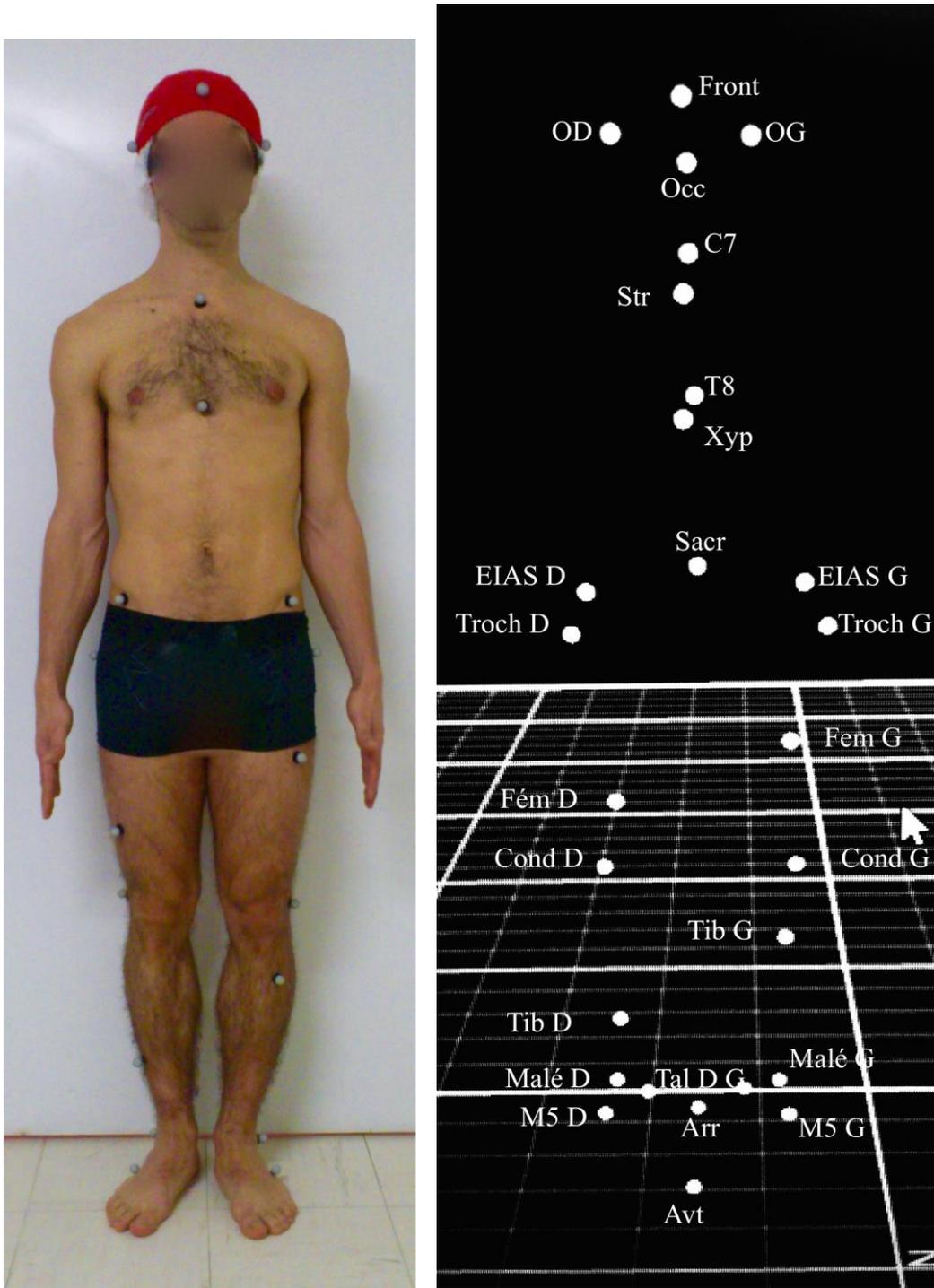


Figure II.3.3 : Localisation des marqueurs sur le sujet de face, et rendu visuel de l'acquisition par le logiciel Motive.

25 marqueurs réfléchissants (14mm Ø) ont été positionnés sur le sujet en sous-vêtements à l'aide d'un scotch double-face selon des repères anatomiques osseux précis (**Figure II.3.3**) :

- Au niveau de la tête :

- Front (équidistant entre les 2 yeux) (front)
- Oreilles D et G (OD et OG)
- Occiput (équidistant des 2 oreilles) (Occ)

Pour nous simplifier la tâche les 4 marqueurs céphaliques étaient placés sur un bonnet, type bonnet de natation, par mesure d'hygiène le sujet le portait par dessus une charlotte.

- Au niveau du tronc :

- Processus épineux de la 7ème vertèbre cervicale (C7)
- Processus épineux de la 8ème vertèbre thoracique (T8)
- Sternum, au niveau de l'incisure jugulaire (Str)
- Processus xyphoïde (Xyp)

- Au niveau du bassin :

- Sacrum: milieu de la ligne passant par les 2 fossettes de Michaelis (Scr)
- Epines iliaques antéro-supérieures D et G (EIAS)

- Au niveau des MI :

- Trochanters D et G (Troch)
- Fémurs : sur la face antérieure de la cuisse, en distal pour le fémur D et en proximal pour le fémur G (Fem)
- Condyle fémoral latéral D et G (Cond)
- Tibias : sur la face antérieure de la jambe, en distal pour le tibia D et en proximal pour le tibia D et G (Tib)
- Malléoles latérales D et G (Mallé)
- Talons D et G : au milieu de la face postérieure du talon (en regard du tendon calcanéen) (Tal)
- Bases du 5^{ème} métatarsien D et G (M5)

5 autres marqueurs réfléchissants étaient positionnés dans l'espace d'acquisition :

-2 marqueurs dans le plan sagittal médian (entre les deux pieds, définissant la position nulle selon l'axe antéro-postérieur Y) (Avt-Arr)

-2 marqueurs suspendus pour avoir une référence à la verticale gravitaire (V1 et V2)

-1 marqueur pour localiser le droit devant (DDvt)

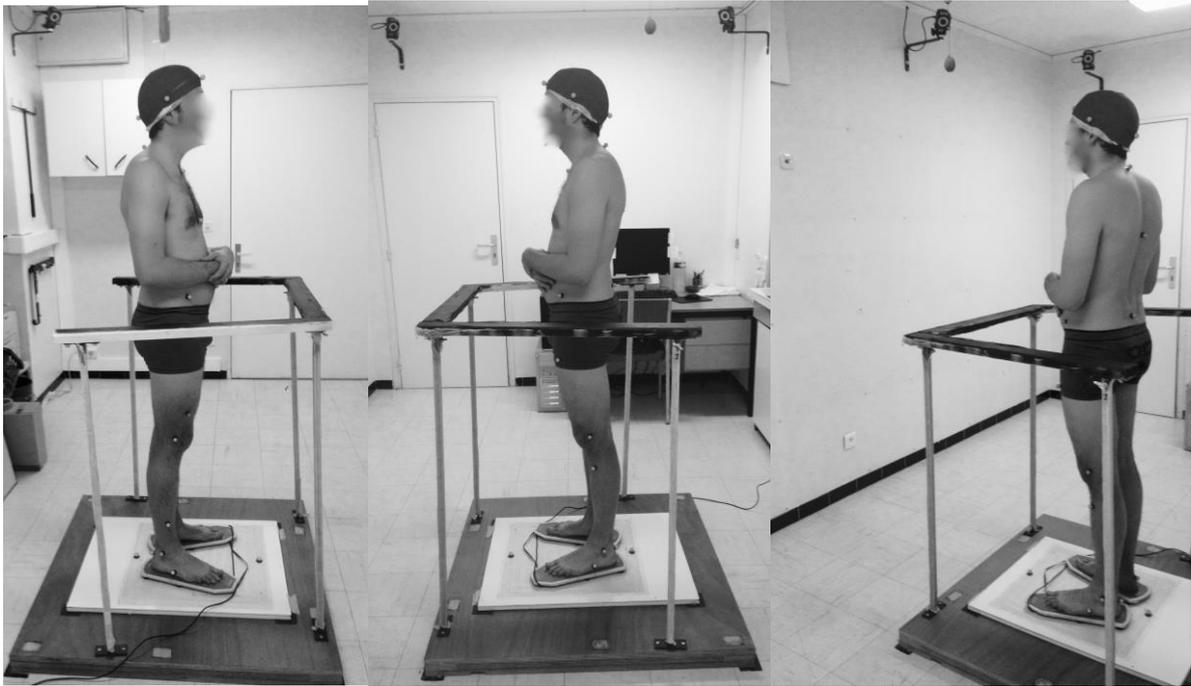


Figure II.3.4 : Position du sujet lors de l'évaluation instrumentale.

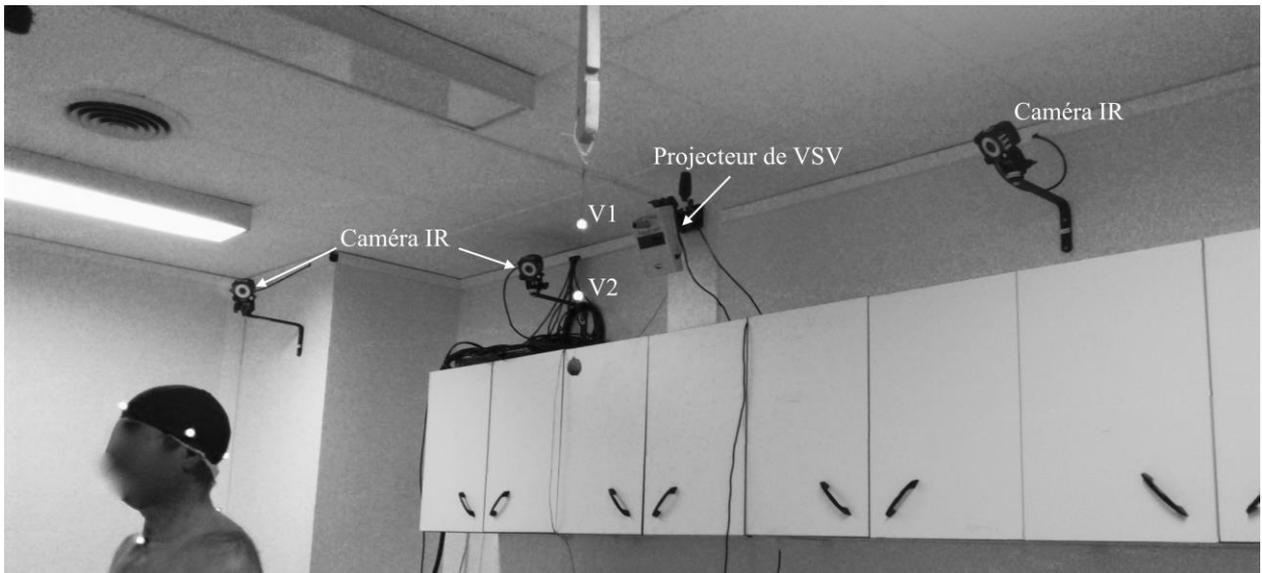


Figure II.3.5 : Agencement dans la pièce du projecteur de VSV, des caméras IR, des marqueurs V1 et V2 (référence de la verticale gravitaire).

2.4 Procédure d'acquisition

La procédure d'acquisition est disponible en Annexe X.

Avant les acquisitions, il y avait un temps de préparation de la pièce.

Tous les objets réfléchissants ou brillants devaient être éliminés de la pièce afin de limiter les interférences avec le système. Cette procédure a permis de limiter mais pas d'éliminer complètement les problèmes d'artéfacts.

Ensuite il fallait à chaque fois calibrer le système optoélectronique ainsi que situer l'origine du référentiel orthonormé.

Dans le logiciel Motive Tracker, pour chaque sujet, un projet était créé intégrant les données de calibration et le « marker set » spécifique à l'étude de la posture (fichier regroupant les labels standardisés des différents marqueurs disposés sur le sujet : Front, Occ, OD, OG, Scr...). Un fichier pour chaque acquisition était préparé à l'avance (au total 10 acquisitions : 6 conditions S, 2 conditions P (YO et YF), 1 condition L et une condition T).

Puis, les 25 marqueurs réfléchissants étaient fixés sur le sujet, les 2 marqueurs permettant de contrôler la verticale, suspendus, 2 marqueurs pour signifier l'Avant-Arrière du plan sagittal, fixés au sol et un marqueur pour signifier le Droit Devant du sujet fixé au mur selon l'appréciation du sujet.

L'acquisition des données cinématiques a été synchronisée à l'acquisition des données stabilométriques grâce à la conception d'un logiciel spécifique.

Pour chaque acquisition, le sujet était debout sur les plateformes en appui bipodal statique, pieds nus espacés de 17cm entre le milieu des deux talons, formant un angle de 14° ouvert en avant (par rapport à l'axe milieu du talon-premier métatarsien) et les bras croisés sur la poitrine afin d'une part de ne pas masquer les marqueurs disposés sur les trochanters, et d'autre part de limiter l'asymétrie liée à la position spontanée du membre supérieur plégique en flexion de coude (**Figure II.3.4**, et **Figure II.3.5**) .

2.4.1 Evaluation de la verticale posturale spontanée

Ou Condition S (comme Spontanée).

Une fois installé sur les plateformes de force, avant de débiter l'acquisition, le sujet devait nous indiquer son Droit Devant subjectif, c'est-à-dire le point qu'il jugeait le plus en face de lui en position debout sur le mur situé à 1m50, un marqueur réfléchissant de 14mm de diamètre était alors disposé à cet endroit.

Nous avons enregistré 6 acquisitions de 30sec en alternant yeux ouverts (YO) et yeux fermés (YF).

Les consignes étaient :

Pour l'acquisition YO : « **Fixez le point** (le droit devant subjectif), **sans bouger les bras, ni parler** ».

Pour l'acquisition YF « **Fixez le point puis quand vous êtes stable fermez les yeux, sans bouger les bras, ni parler** ».

Par ces acquisitions l'objectif était d'étudier :

-la posture spontanée du sujet, d'où le terme « Verticale posturale spontanée » : nous avons considéré l'axe longitudinal du tronc (marqueurs C7 – T8) comme étant la verticale posturale spontanée du sujet.

-l'asymétrie d'appui, et la stabilité posturale, ainsi que leur visiodépendance

-la position du droit devant par rapport au plan sagittal médian

2.4.2 *Evaluation de la verticale posturale subjective*

Ou condition P.

La verticale posturale subjective (VPS) a été étudiée dans deux conditions : YF et YO. Pour chaque condition nous l'avons mesurée à 10 reprises.

YF, l'acquisition se faisait dans la pénombre pour limiter les repères visuels. Le Droit devant subjectif avait été retiré.

La consigne était : « **Fermez les yeux et tenez-vous le plus droit possible, dites moi quand vous êtes prêt.** » Lorsque le patient était prêt, il devait maintenir sa position 5 secondes au bout desquelles l'examineur lui donnait une consigne de diversion : « **Ouvrez les yeux, faites quelques translations droite-gauche, avant-arrière** », sur une durée de 5 à 10sec afin de modifier sa posture.

Puis à nouveau la tâche était répétée, pour un total de 10 acquisitions.

En condition YO, l'acquisition se faisait avec un éclairage normal et une projection au mur en face de lui (à 1m50) de la verticale gravitaire afin de lui apporter un référentiel visuel fiable.

La consigne était : « **Tenez-vous le plus droit possible, dites moi quand vous êtes prêt.** » Lorsque le patient était prêt, il devait maintenir sa position 5 secondes au bout desquelles l'examineur lui donnait une consigne de diversion : « **Faites quelques translations droite-gauche, avant-arrière** », sur une durée de 5 à 10sec afin de modifier sa posture.

Puis à nouveau la tâche était répétée, pour un total de 10 acquisitions.

L'ensemble des acquisitions YF puis YO était enregistré sur une durée d'environ 4 minutes. A chaque fois que le patient avait effectué la consigne, il devait donner un signal à l'examineur (« prêt ») qui au même moment relevait le temps correspondant afin par la suite de repérer sur l'enregistrement postural et stabilométrique l'instant où le patient avait réalisé la consigne.

Par ces acquisitions, l'objectif était d'étudier :

-la perception pour le sujet de sa propre verticale posturale (définie par l'axe longitudinal du tronc, entre les marqueurs C7 et T8)

-le changement comportemental de posture lié à la consigne (comparaison à la posture en condition S)

-la visiodépendance de la verticale posturale subjective

-l'asymétrie d'appui afin de rechercher un changement comportemental d'appui avec cette nouvelle consigne (par rapport aux acquisitions de verticale posturale spontanée).

2.4.3 Limite de stabilité (condition L)

Nous l'avons étudiée sur une durée d'acquisition de 51,2 sec.

La consigne était : « **Explorez au maximum votre surface d'appui au sol à l'aide de translation avant-arrière, droite-gauche, sans décoller les talons, ni tomber.** »

Par ces acquisitions, l'objectif était d'étudier :

-les capacités de transfert d'appui maximal côté sain et côté parétique chez le sujet hémiplégique en comparaison aux sujets sains

-la mobilité du sujet, à travers la distance parcourue par le Centre de pression plantaire

-au niveau de la posture, d'étudier les stratégies adoptées par les sujets.

2.4.4 Evaluation de la perception de l'axe du tronc

Ou condition T.

Pour l'évaluation de la perception de l'axe du tronc en position debout, un laser lumineux était projeté sur le mur en face du patient (à 1m50, le même qu'utilisé ensuite pour la mesure de la VSV), incliné initialement à 15° soit vers la gauche soit vers la droite en alternance.

Le patient avait les yeux ouverts, les bras croisés (même position que précédemment).

La consigne était :

« Alignez cet axe lumineux avec l'axe de votre tronc, dites moi quand vous êtes prêt. ».

L'examineur modifiait progressivement l'inclinaison du laser lumineux jusqu'à ce que le patient le perçoive aligné avec l'axe de son tronc. Alors, le degré d'inclinaison du laser était relevé. Le patient devait maintenir sa posture 5 secondes au bout desquelles l'examineur donnait une consigne de diversion « Faîtes quelques translations droite-gauche, avant-arrière » sur une durée de 5 à 10 secondes afin de modifier sa posture. Puis à nouveau le laser était incliné de 15° et le patient recommençait la consigne pour un total de 10 acquisitions.

De même que pour l'évaluation de la VPS, le temps de début d'application de la consigne (au signal « prêt » dit par le patient) était relevé.

L'objectif de cette acquisition était d'étudier la perception par le patient de la position de son tronc dans le plan frontal (l'inclinaison latérale ou non de son tronc) et de pouvoir comparer ensuite cette perception avec l'axe réel de son tronc calculé par l'inclinaison du segment C7-T8.

2.5 Traitement des données

2.5.1 Données stabilométriques

Les données brutes de l'ensemble des acquisitions étaient exportées au format Excel, permettant ensuite un traitement des données par le logiciel Matlab (calcul des asymétries d'appui, de la vitesse du centre de pression résultant).

2.5.2 Données cinématiques

a. Traitement et exportation des données sur le logiciel Motive

Une fois les acquisitions réalisées dans les différentes conditions (S, P, L et T), les données brutes étaient reconstruites en 3 dimensions dans le référentiel orthonormé défini (il s'agissait de la trajectorisation).

Venait ensuite le dur labeur de la labellisation : le logiciel Motive Tracker n'ayant pas la possibilité de définir un modèle à partir des différents marqueurs, il fallait nommer chaque marqueur par un label standardisé (enregistré auparavant dans le « marker set »). En cas de perte temporaire de signal d'un des marqueurs, le logiciel considérait ce même marqueur comme un nouveau marqueur (identification différente) : il était donc nécessaire de rassembler les différents segments de signal correspondant à un unique marqueur anatomique. Les pertes de signal inférieures à 120 points (1 seconde) ont été corrigées grâce à un processus d'interpolation proposé par le logiciel. Ce procédé nous paraissait justifié étant donné le caractère statique des acquisitions.

Chaque marqueur de chaque acquisition a donc été labellisé a posteriori et de façon identique pour tous les sujets.

Ensuite, chaque acquisition traitée a été convertie et exportée au format c3d en ne conservant que les points labellisés.

b. *Traitement des données avec le logiciel Matlab*

Une routine établie sous Matlab a permis d'importer les fichiers c3d, de recenser les marqueurs absents et de détecter et quantifier les pertes de signal. Pour tous les marqueurs présents, les coordonnées ont été extraites dans le référentiel orthonormé XYZ (défini ci-dessous). Les données ont été lissées puis filtrées (filtre passe-bas de 6 hertz) avec un filtre butterworth d'ordre 4.

Le repère orthonormé XYZ a été défini de la manière suivante :

-X définit l'axe médio-latéral avec une position zéro située sur l'axe sagittal médian, les points situés à droite du sujet ayant une valeur positive et à gauche une valeur négative.

-Y définit l'axe antéro-postérieur avec une position zéro correspondant à la projection verticale théorique de centre de masse des sujets, au niveau de la base du 5^{ème} métatarsien, les points situés en avant ayant une valeur positive et en arrière une valeur négative pour tous les sujets.

-Z définit l'axe haut-bas avec une position zéro située au niveau de la zone d'appui plantaire, les points situés au dessus ayant une valeur positive.

2.6 Paramètres descriptifs

Nous avons défini l'orientation dans l'espace de certains segments corporels, que nous avons assimilée à une droite établie entre deux marqueurs.

La **rotation de la tête a été** déterminée par l'axe passant par les deux marqueurs des oreilles D et G (OD-OG), et l'angle que cet axe fait avec le plan frontal. L'angle est négatif lorsqu'il s'ouvre côté plégique ou côté G chez le sujet sain (vue d'en-haut rotation anti-horaire chez le sujet sain ou hémiplegique G, et rotation horaire chez les hémiplegiques D) et positif dans le cas inverse. L'**inclinaison de la tête** est déterminée par l'angle que fait le même axe avec le plan horizontal. L'angle est négatif si l'oreille G ou côté parétique est plus basse que l'autre oreille, inversement l'angle est positif.

L'**inclinaison latérale du tronc a été** calculée par l'angle que fait l'axe passant par les marqueurs C7-T8 avec la verticale gravitaire. Cet angle est négatif si le marqueur C7 s'oriente vers la G chez le sujet sain ou vers le côté plégique, positif dans le cas inverse. Nous avons choisi les marqueurs C7-T8 pour mesurer l'inclinaison du tronc car il s'agit d'un segment que l'on peut considérer comme relativement rigide, avec une zone de mobilité dans le plan frontal plus importante en dessous (segment thoraco-lombo-sacré).

La **rotation du tronc** est calculée par l'angle que fait l'axe C7-Str avec le plan sagittal. Comme pour la rotation de la tête l'angle est négatif lorsqu'il s'ouvre côté plégique ou côté G chez le sujet sain (vue d'en-haut rotation anti-horaire chez le sujet sain ou hémiplegique G, et rotation horaire chez les hémiplegiques D) et positif dans le cas inverse.

Concernant la rotation du tronc nous n'avons pas pris l'axe Xyphoïde-T8 pour les mêmes raisons que celles concernant le calcul de l'inclinaison latérale du tronc.

Pour caractériser la position du bassin, l'**inclinaison du bassin** dans le plan frontal est calculée par l'angle entre l'horizontale et l'axe passant par les deux EIAS D et G. L'angle est négatif si l'EIAS G est plus basse que la droite chez le sujet sain ou chez le sujet hémiplegique G et inversement.

La **rotation du bassin a été** calculée par l'angle entre le plan frontal et l'axe passant par les deux EIAS D et G, la polarité de l'angle suivant la même règle que pour la rotation de tête et du tronc.

La **translation du bassin** dans le plan frontal a été calculée par la position du marqueur Sacr (sacrum) par rapport au plan sagittal médian. Pour s'affranchir du biais introduit par la taille différente des sujets entre eux (position du sacrum plus ou moins élevée), nous avons calculé l'angle entre la verticale et la droite passant par le sacrum - axe Avt-Arr. La translation du bassin était négative en cas de déplacement vers le côté G chez les sujet sain ou vers le côté plégique chez le sujet hémiplegique et inversement.

2.7 Analyses statistiques

La normalité des données a été vérifiée dans chaque groupe (Témoins et Hémiplegiques) avec un test d'asymétrie et un test de Kolmogorov-Smirnov ($p > 0,05$). Les variables quantitatives répondant à une loi normale ont été décrites par la moyenne et l'écart-type; sinon elles ont été décrites par la médiane et l'écart interquartile. A chaque fois le minimum et le maximum ont été précisés.

La comparaison des variables quantitatives entre groupes et sous-groupes a été réalisée avec un t-test pour séries indépendantes si les variables étaient normales, sinon avec un test U de Mann-Whitney (non paramétrique).

La comparaison des variables quantitatives dans différentes conditions a été réalisée avec un t-test pour séries appariées si les variables étaient normales, sinon avec un test de Wilcoxon (non paramétrique).

Les comparaisons de pourcentages (variables nominales) ont été effectuées avec un test de Chi2 ou un test exact de Fisher (si moins de 5 observations pour un sous-groupe).

Pour tous les tests, une hypothèse bilatérale a été retenue et rejetée avec un seuil alpha inférieur à 5% ($p < 0,05$ retenu comme significatif).

Pour établir des corrélations entre données quantitatives, nous avons utilisé le coefficient r de Pearson si les variables étaient normales, sinon nous avons utilisé le rho de Spearman (test non paramétrique).

Notre objectif était de comprendre les déterminants de l'asymétrie d'appui, avec l'hypothèse que l'asymétrie d'appui était directement liée à une modification de la posture, elle-même secondaire aux déficiences présentées par le patient. En conséquence, l'étude des déterminants de l'asymétrie d'appui a été menée en 3 étapes, en utilisant une régression linéaire multiple à chaque fois :

- Prédiction de l'asymétrie d'appui à partir des caractéristiques posturales, chez l'ensemble des sujets (hémiplégiques et témoins) : la variable dépendante était l'asymétrie d'appui, et les prédicteurs (variables indépendantes) les variables posturales significativement corrélées avec l'asymétrie d'appui en condition spontanée les yeux ouverts.
- Prédiction de la translation du bassin (variable posturale) à partir des déficiences, chez les sujets hémiplégiques uniquement : la variable dépendante était la translation du bassin, et les prédicteurs les déficiences significativement corrélées avec la translation du bassin en condition spontanée les yeux ouverts.
- Prédiction de l'asymétrie d'appui à partir de l'ensemble des données (posturales et déficiences cliniques), chez les sujets hémiplégiques uniquement : la variable dépendante était l'asymétrie d'appui, et les prédicteurs l'ensemble des variables retenues dans les deux modèles prédictifs précédemment réalisés, en y ajoutant les déficiences significativement associées à l'asymétrie d'appui, en condition spontanée les yeux ouverts.

Nous avons vérifié que les conditions d'applications de la régression linéaire multiple soient respectées dans chaque cas. Dans le cadre d'un travail exploratoire, nous avons inclus dans le modèle uniquement des variables indépendantes pertinentes (prédicteurs), qui étaient par ailleurs corrélées à la variable dépendante. Nous avons utilisé un modèle de régression avec entrée progressive des variables indépendantes (méthode descendante pas à pas). Nous n'avons pas réalisé d'analyse de covariance (ANCOVA) car nous n'avons pas identifié de variable catégorielle (pas de différence significative entre les sous-groupes de patient selon leur symétrie d'appui) susceptible de modifier le modèle de prédiction de l'asymétrie d'appui ou de la translation du bassin.

L'analyse statistique a été effectuée avec le logiciel SPSS V22.

Tableau III.1.1.1: Caractéristiques communes des différentes populations

Variables	Sujets sains (T) (N=20)	Sujets hémiplegiques (N=20)	p-Valeur	HémiS (HS) (N=9)	HémiA (S>P) (HA) (N=9)	HémiA (P>S) (N=2)	p-Valeur
Age (Année)	30 (42) * 22 à 74	53,3 (15,3) 19 à 81	0,17	52 (19,5)* 19 à 72	57 (23,5)* 31 à 81	57,0* 42 à 72	HS/HA : 0,863 T/HS : 0,501 T/HA : 0,234
Poids (Kg)	68,9 (10,3) 51 à 89	76 (14,7) 50 à 100	0,08	75 (32)* 50 à 98	74 (21)* 160 à 190	75* 72 à 78	HS/HA : 1,000 T/HS : 0,234 T/HA : 0,183
Taille (cm)	171,7 (8) 161 à 194	172,8 (11,7) 153 à 200	0,73	170 (17)* 153 à 200	175 (21)* 160 à 190	180,5* 178 à 183	HS/HA : 0,436 T/HS : 0,627 T/HA : 0,729
Ratio H/F	10/10	12/8	0,75	4/5	6/3	2/0	0,3
Dominance Manuelle D/G	19/1	17/3	0,6	9/0	7/2	1/1	0,14

Description des données par moyenne (écart-type), min – max.

*Variables non normales décrites par médiane (écart interquartile), min - max.

Valeurs de p : HS/HA : pour les comparaisons entre HémiS et HémiA (S>P), T/HS : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiS, T/HA : pour les comparaisons entre Témoins et HémiA.

3 Résultats

3.1 Caractéristiques de la population

3.1.1 *Caractéristiques communes des différentes populations*

Les caractéristiques communes aux groupes des témoins et des sujets hémiplegiques sont résumées dans le **Tableau III.1.1**.

Le groupe témoin comportait 20 sujets d'âge médian de 30 ans (22 à 74 ans), avec autant d'hommes que de femmes (10/10).

Le groupe de sujets hémiplegiques comportait 20 sujets d'âge moyen de 53,3 ans (19 à 81 ans), avec 12 hommes pour 8 femmes.

Concernant les caractéristiques communes (âge, poids, taille, ratio H/F, dominance manuelle) il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le groupe hémiplegique et le groupe témoin.

Nous avons réalisé 3 sous groupes dans le groupe des sujets hémiplegiques, en fonction de la présence ou non d'une asymétrie d'appui supérieure ou non à 5%, aux dépens soit du côté parétique soit du côté sain :

-Sujets hémiplegiques avec symétrie d'appui (HémiS), soit 9 sujets (45%)

-Sujets hémiplegiques avec asymétrie d'appui en faveur du côté sain (HémiA S>P), soit 9 sujets (45%)

-Sujets hémiplegiques avec asymétrie d'appui en faveur du côté plégique (HémiA P>S), soit 2 sujets (10%).

Ces 3 sous groupes n'étaient pas statistiquement différents entre eux et en comparaison au groupe témoin concernant les caractéristiques communes.

Tableau III.1.2: Caractéristiques Cliniques des patients hémiplegiques

Variables	Sujets hémiplegiques (N=20)	HémiS (N=9)	HémiA (S>P) (N=9)	HémiA (P>S) (N=2)	Valeurs de p
Hémisphère lésé D/G	9/11	4/5	3/6	2/0	0,230
Ischémique/hémorragique	15/5	6/3	7/2	2/0	0,595
Nombre Jours post AVC	397,9 (247,4) 87 à 928	473 (434)* 87 à 928	299 (276)* 105 à 893	332,5 277 à 388	0,222
Sensibilité Altérée/Normale	11/9	5/4	5/4	0/2	0,600
Héminégligence (O/N)	2/18	1/8	0/9	1/1	0,102
Antécédent d'héminégligence (O/N) (N=17)	9/8	4/4 (1 DM)	3/4 (2 DM)	2/0	0,523
FM-MI / 34	25,8 (6,5) 11 à 34	30 (5)* 17 à 32	22 (12)* 11 à 30	32 30 à 34	0,024
FM Total / 100	64,5 (24,2) 15 à 98	79 (29)* 24 à 98	59 (41)* 15 à 91	69,50 63 à 76	0,077
PASS /36	34,2 (1,7) 31 à 36	35 (3)* 32 à 36	33 (3)* 31 à 35	DM	0,136
AMP-S <5sec/>5sec	3/17	1/8	2/7	0/2	0,661
AMP-H <5sec/>5sec	10/10	4/5	6/3	0/2	0,211
MIF Moteur/91	82,3 (7,3) 64 à 90	88 (6)* 70 à 90	81 (10)* 64 à 88	81 78 à 84	0,019
MIF Total/126 (N=19)	111,7 (9,9) 88 à 125	118 (10)* 96 à 125	107 (17)* 88 à 122	DM	0,136
Vitesse de marche spontanée (VS) (m/s) (N=19)	0,77 (0,29) 0,16 à 1,27	0,86 (0,28) 0,36 à 1,27	0,63 (0,29) 0,16 à 1,06	0,96 0,76 à 1,15	0,093
Vitesse de marche maximale (VM)(m/s) (N=19)	0,99 (0,46) 0,18 à 1,7	1,21 (0,42) 0,43 à 1,70	0,65 (0,36) 0,18 à 1,22	1,34 1,24 à 1,43	0,015
Index d'asymétrie temporelle à VS (N=19)		-2,8 (8,6) -13,5 à 13,5	-11 (10,1) -27,9 à 0,6	-0,75 -3,6 à 2,1	0,103
Index d'asymétrie temporelle à VM (N=19)		-1,4 (9,4) -13,3 à 16,5	-13,3 (8) -23,5 à -3,9	-0,9 -2,7 à 0,9	0,019
Empan d'accélération (N=19)		0,34 (0,2) 0,1 à 0,7	0,02 (0,4) -0,7 à 0,4	0,38 0,3 à 0,5	0,062

Description des données par moyenne (écart-type), min – max.

*Variables non normales décrites par médiane (écart interquartile), min - max.

Valeurs de p pour les comparaisons entre HémiS et HémiA (S>P).

Caractéristiques cliniques des patients hémiplegiques

Elles sont présentées dans le **Tableau III.1.2, et Tableau III.1.2.2**. Les comparaisons entre sous-groupes ont été réalisées entre les 2 sous-groupes les plus importants (HémiS et HémiA S>P).

Sur 20 sujets hémiplegiques, 9 avaient une lésion dans le territoire sylvien D et 11 dans le territoire sylvien G. Pour 15 (75%) l'origine était ischémique et pour 5 (25%) hémorragique. En moyenne ils étaient à 398 jours post-AVC (87 à 928 jours post-AVC). Pour ces données il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les 2 groupes HémiS et HémiA S>P.

Cliniquement, le **score de Fugl-Meyer (FM)** total était en moyenne de 64,5/100, et le score concernant le MI (FM-MI) à 25,8/34. Le FM-MI était statistiquement plus bas dans le sous-groupe HémiA S>P ($p=0,024$). En revanche, les scores de FM concernant le MS et le FM Total n'étaient pas statistiquement différents entre ces sous-groupes.

La **sensibilité** était altérée chez 11 sujets (normale chez les 9 autres), on relevait une **hémignégligence** chez 2 sujets, et 9 sur 17 (3 données manquantes) avaient été hémignégligents à la phase initiale de leur AVC (soit 7 patients ne l'étaient plus le jour de l'évaluation, et 2 l'étaient toujours). Les **capacités d'équilibration** selon la PASS étaient en moyenne à 34,2/36, avec un appui monopodal côté sain inférieur à 5 secondes chez 3 sujets, et un appui monopodal côté plégique inférieur à 5 secondes chez 10 sujets. Ces caractéristiques cliniques n'étaient pas différentes entre les 2 sous-groupes.

Au **niveau fonctionnel**, la MIF totale était en moyenne à 111,7/126 et la MIF moteur à 82,3/91. La MIF moteur était inférieure dans le sous groupe HémiA S>P ($p=0,019$). La MIF totale et la MIF cognitif n'étaient pas statistiquement différentes. La FAC Modifiée était en moyenne à 6,25/8 (pas de différence entre les sous groupes).

Concernant les **capacités de marche** à vitesse spontanée, en moyenne la vitesse était à 0,77 m/s, elle n'était pas statistiquement différente entre les 2 sous groupes. En revanche, la vitesse de marche maximale était en moyenne de 0,99 m/s, avec une différence entre les 2 sous-groupes : vitesse de marche maximale diminuée dans le groupe HémiA S>P ($p=0,015$), (très peu de capacité d'accélération dans ce sous groupe). L'index d'asymétrie temporelle était statistiquement différent ($p=0,019$) à vitesse maximale uniquement : les HémiA S>P avaient une asymétrie d'appui à la marche plus importante que les HémiS.

Sujet	Sexe	Age	Hémisph Lésé	Type	Loca	Jours		Sensi	Négl	Atcd négl	FM- MS	FM- MI	FM Total	PASS	MIF Moteur	MIF Cogn	MIF Total	VS (m/s)	VM (m/s)	VSV (°)	Asym Appui DS
						post AVC	AVC														
1	H	45	D	I	S+A	192	2	N	0	59	19	78	33	81	35	116	0,53	0,76	+0,31	+16,1	
2	H	19	D	H	P	623	0	N	0	23	26	49	34	90	35	125	0,9	1,37	-0,22	+0,5	
3	H	49	G	I	P	584	2	N	N	46	31	77	36	88	35	123	0,94	1,7	+0,83	+5,8	
4	H	36	G	I	S+P+A	185	1	N	N	17	25	42	34	82	18	100	1,06	0,5	-0,65	+4,5	
5	H	72	D	I	S+A+Pst	388	2	0	0	46	30	76	36	78	30	108	0,76	1,24	-0,17	-13,9	
6	F	52	G	I	S+P	87	1	N	N	44	28	72	36	89	25	114	1,27	1,57	+0,58	+4,4	
7	H	64	G	I	S+P	530	1	N	N	43	22	65	31	80	26	106	0,43	0,59	-0,08	+14,6	
8	H	42	D	I	S+P+Crb	277	2	N	0	29	34	63	36	77	DM	DM	1,15	1,43	+0,57	-14,2	
9	F	64	G	I	DM	893	0	N	DM	4	11	15	31	64	24	88	0,16	0,23	+0,89	+17,4	
10	H	31	G	H	S+P	343	1	N	N	24	21	45	33	81	28	109	0,89	0,18	-0,26	+8,7	
11	H	60	D	I	P	437	0	0	0	47	32	79	35	70	26	96	0,96	1,47	-0,26	+1,1	
12	H	58	G	I	DM	299	2	N	DM	64	27	91	35	88	34	122	0,77	1,22	+0,45	+17,9	
13	H	81	G	I	P	304	2	N	N	41	29	70	35	80	27	107	0,74	1,02	-0,58	+15,3	
14	F	62	G	I	S+P	473	2	N	DM	66	32	98	36	89	26	115	1,01	1,3	+0,04	-0,8	
15	F	72	D	I	S+P	232	2	N	0	55	30	85	32	87	32	118	0,78	1,11	-0,51	+0,8	
16	F	57	D	I	P	136	2	N	0	29	30	59	35	87	35	122	0,46	0,74	-0,05	+8,8	
17	F	51	D	H	S+P	105	1	N	0	11	13	24	33	70	35	105	0,26	DM	+0,58	+18,9	
18	F	50	D	H	P	232	1	N	N	62	27	89	33	86	34	120	0,49	0,63	+0,72	+1,3	
19	F	37	G	H	P	928	1	N	N	7	17	24	33	82	28	110	0,36	0,43	-0,19	+2,8	
20	H	63	G	I	S+P	709	2	N	0	58	31	89	36	90	28	118	1,06	1,3	-0,36	+4,9	
Moy	H/F	53,3	9/11	15/5	I/H	397,9	N/A	N/O	N/O	38,7	25,8	64,5	34,2	82,3	29,5	111,7	0,77	0,99	-0,12	-5,8	

Tableau III.1.2.2 : Caractéristiques cliniques détaillées des sujets hémiplegiques.

H=homme, F=femme, âge (année), D=droit, G=gauche, I=ischémique, H=hémorragique, Localisation : S=superficiel, A=antérieur, P=profond, Pst=postérieur, Crb=cérébelleux, Sensibilité : N=normal (2), A=altérée (0=anesthésie, 1=hypoesthésie), Négligence :N=non, O=oui, FMMS=Fugl-Meyer membre supérieur, FMMI=FM membre inférieur, VS=vitesse de marche spontanée, VM=vitesse de marche maximale, asymétrie d'appui= + si appui préférentiel du côté D ou sain, VSV=+ si inclinaison préférentielle du côté D ou sain.

Au total les différences cliniques mises en évidence entre les sujets n'ayant pas d'asymétrie d'appui (HémiS) et les sujets ayant une asymétrie d'appui avec un hyperappui côté sain ou ipsilésionnel (HémiA S>P) sont le Fugl-Meyer MI (p=0,024), la MIF Moteur (p=0,019) et la vitesse de marche maximale (p=0,015). Les patients ayant une asymétrie d'appui côté sain ont donc une déficience motrice du MI plus importante avec un retentissement plus important sur l'échelle fonctionnelle motrice, et une capacité de marche maximale (et par extension une capacité d'accélération) moindre que les patients ayant un appui symétrique en condition statique.

3.2 VSV

La VSV (**Tableau III.2**) était en moyenne chez les sujets sains à 0,08° (ET 0,5, Min-Max -0.65 à 1.06), chez les sujets hémipariés à -0,12°(ET 0,7, Min-Max -1,85 à 1,06), il n'y avait pas de différence significative entre ces 2 groupes (p=0,311).

Dans les sous-groupes, il n'y avait pas de différence significative entre les principaux sous-groupes et les sujets sains et entre les 2 principaux sous-groupes entre eux.

Tableau III.2 : Description des données par moyenne (écart-type), min – max.

Variable	Sujets sains (T) (N=20)	Sujets hémipariés (N=20)	p-Valeur	HémiS (HS) (N=9)	HémiA (S>P) (HA) (N=9)	HémiA (P>S) (N=2)	p-Valeur
VSV Moyenne (°)	0,08 (0,5) -0.65 à 1.06	-0,12 (0,7) -1, 85 à 1,06	0,311	-0,16* (0,39) -1,85 à 0,99	0,09*(0,95) -0,68 à 1,06	-1,27* -1,64 à -0,90	HS/HA : 0,546 T/HS : 0,835 T/HA : 0,694

*Variables non normales décrites par médiane (écart interquartile), min - max.

Valeurs de p : HS/HA : pour les comparaisons entre HémiS et HémiA (S>P), T/HS : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiS, T/HA : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiA.

Tableau III.3.1 : Asymétrie d'appui en condition Spontanée (condition S) : + si appui préférentiel du côté droit ou sain.

Variables	Sujets sains (T) (N=20)	Sujets hémiplegiques (N=20)	p-Valeur	HémiS (HS) (N=9)	HémiA (S>P) (HA) (N=9)	HémiA (P>S) (N=2)	p-Valeur
Asymétrie appui YO (%)	-0.6 (3,4)* -13.5 à +6	+5,8 (9,4) -14,2 à +18,9	p<0,001	+1,3 (3,8) -0,8 à +5	+15,3 (9) +5,8 à +18,9	-14,1 -14,2 à -14	HS/HA : p<0,001 T/HS : 0,003 T/HA : p<0,001
Asymétrie appui YF (%)	-0.9 (3,4)* -11.9 à +5.6	+5,8 (10,2) -15,9 à +23,2	0,002	+1,4 (5,3) -2,1 à +6	+13,9 (10,5) +5,4 à +23,2	-14,4 -15,9 à -12,9	HS/HA : 0,006 T/HS : 0,039 T/HA : p<0,001

Pour les sujets sains et hémiplegiques : Description des données par Moyenne (écart-type), min - max. Sauf pour les données * : Variables non normales décrites par Médiane (écart interquartile), min - max.

Pour les sous-groupes : Variables non normales décrites par Médiane (écart interquartile), min - max.

Valeurs de p : HS/HA : pour les comparaisons entre HémiS et HémiA (S>P), T/HS : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiS, T/HA : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiA.

3.3 Condition Spontanée

3.3.1 Asymétrie d'appui

Un sujet présente une asymétrie d'appui s'il y a une différence de plus de 5% de répartition du poids du corps entre la droite et la gauche.

Dans notre étude, en condition Spontanée (condition S) (**Tableau III.3.1**) les sujets sains avaient une différence d'appui par rapport à la gauche les YO d'une valeur médiane de -0,6% (IQR 3,4, Min-Max : -13,5 à +6), soit un appui G de 50,6% et un appui D de 49,4%. Les YF elle était de -0,9% (IQR 3,4, Min-Max -11,9 à +5,6). Les sujets sains étaient dans l'ensemble symétriques.

Chez les sujets hémiplegiques la différence d'appui par rapport au côté plégique était en moyenne de +5,8% (ET 9,4 Min-Max -14,2 à +18,9), soit un appui côté sain de 55,8% et côté plégique de 44,2%. Les YF, elle était de +5,8% (ET 10,2, Min-Max -15,9 à +23,2). Les sujets hémiplegiques présentaient donc dans l'ensemble une asymétrie d'appui en faveur du côté sain. Cette différence avec les sujets sains étaient statistiquement significative ($p < 0,001$ en condition YO, et $p = 0,002$ en condition YF).

Dans les sous-groupes, en condition YO, la différence d'appui par rapport au côté plégique était (valeur exprimée par la médiane):

-HémiS +1,3% (IQR 3,8 Min-Max -0,8 à +5), malgré la symétrie d'appui, ce sous-groupe est tout de même statistiquement différent du groupe sujet sain ($p = 0,003$).

-HémiA S>P +15,3% (IQR 9, Min-Max +5,8 à +18,9), l'appui dans ce sous-groupe est statistiquement différent du groupe HémiS ($p < 0,001$), et du groupe sujet sain ($p < 0,001$).

-HémiA P>S -14,1% (Min-Max -14,2 à -14).

En condition YF, la différence d'appui par rapport au côté plégique était (valeur exprimée par la médiane):

-HémiS +1,4% (IQR 5,3, Min-Max +2,1 à +6), statistiquement différente du groupe sujet sain ($p = 0,039$)

-HémiA S>P +13,9% (IQR 10,5, Min-Max +5,4 à +23,2), statistiquement différente du groupe sujet sain ($p = 0$), statistiquement différent du sous-groupe HémiS ($p = 0,006$)

- HémiA P>S -14,4% (Min-Max -15,9 à -12,9).

Tableau III.3.2: Corrélations entre paramètres de marche et asymétrie d'appui en condition spontanée YO.

Variable	Vitesse de marche spontanée (VS)	Vitesse de marche maximale (VM)	Index d'asymétrie temporelle à VS	Index d'asymétrie temporelle à VM	Empan d'accélération
Asymétrie d'appui condition S, YO	r= -0,463 p=0,046	r= -0,459 p=0,048	r= -0,382 p=0,118	r=-0,501 p=0,034	r=-0,221 p=0,362

3.3.2 Liens entre asymétrie d'appui et altérations de la marche

Les corrélations entre la marche et l'asymétrie d'appui en condition spontanée les YO sont faiblement significatives pour la vitesse de marche spontanée ($r = -0,463$, $p = 0,046$), la vitesse de marche maximale ($r = -0,459$, $p = 0,048$) et l'index d'asymétrie temporelle lors de la marche à vitesse maximale ($r = -0,501$, $p = 0,034$).

Pour rappel (Tableau III.2.1), la vitesse spontanée était en moyenne à 0,77 m/s, non statistiquement différente entre les 2 sous-groupes. En revanche, la vitesse de marche maximale était en moyenne de 0,99 m/s, avec une différence entre les 2 sous-groupes : vitesse de marche maximale diminuée dans le groupe HéliA S>P ($p = 0,015$), (très peu de capacité d'accélération dans ce sous-groupe). L'index d'asymétrie temporelle était statistiquement différent ($p = 0,019$) à vitesse maximale uniquement : les HéliA S>P avait une asymétrie d'appui à la marche plus importante que les HéliS.

Tableau III.3.2 : Stabilité d'appui (vitesse du centre de pression) en condition Spontanée (condition S), les yeux ouverts et fermés

Variables	Sujets sains (T) (N=20)	Sujets hémiplegiques (N=20)	p-Valeur	HémiS (HS) (N=9)	HémiA (S>P) (HA) (N=9)	HémiA (P>S) (N=2)	p-Valeur
Vitesse du centre de pression YO (mm/s)	7,3 (1,8) 3,9 à 11,8	10,6 (3,6) 4 à 17,1	0,001	9,2 (2,7) 5,5 à 16,9	13,0 (4,3) 6,9 à 17,1	7,85 4 à 11,7	HS/HA : 0,063 T/HS : 0,039 T/HA : p<0,001
Vitesse du centre de pression YF (mm/s)	8,8 (3,3)* 5,2 à 17,3	18,2 (8,1) 5,2 à 39,9	p<0,001	12,4 (10,8) 7,2 à 29,4	24 (14,7) 10,8 à 39,9	12,7 5,2 à 20,2	HS/HA : 0,094 T/HS : 0,023 T/HA : p<0,001

Pour les sujets sains et hémiplegiques : Description des données par Moyenne (écart-type), min – max.

Sauf pour les données *, et pour les sous-groupes (HémiS, HémiA (S>P) et HémiA (P>S) : Variables non normales décrites par Médiane (écart interquartile), min - max.

Valeurs de p : HS/HA : pour les comparaisons entre HémiS et HémiA (S>P), T/HS : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiS, T/HA : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiA.

3.3.3 Stabilité posturale

La vitesse du centre de pression (Vit XY), exprimée en mm/s, permet d'évaluer la stabilité du sujet. Chez le sujet sain, elle était les YO en moyenne de 7,3mm/s (ET 1,8, Min-Max 3.9 à 11.8) et les YF (valeur médiane) de 8,8mm/s (ET 3,3, Min-Max 5.2 à 17.3) (**Tableau III.3.2**).

Dans le groupe hémiparétique, elle était les YO de 10,6 mm/s (ET 3,6, Min-Max 4 à 17,1) statistiquement différente du groupe sujet sain ($p=0,001$), et YF, elle était de 18,2mm/s (ET 8,1 Min-Max 5,2 à 39,9) statistiquement différente du groupe sujet sain ($p<0,001$).

Dans les différents sous-groupes (exprimée en valeur médiane), en condition YO puis en condition YF :

- HémiS : YO 9,2mm/s (IQR 2,7, Min-Max 5,5 à 16,9), statistiquement différente du groupe sujet sain ($p=0,013$), et YF 12,4mm/s (IQR 10,8, Min-Max 7,2 à 29,4), statistiquement différente du groupe sujet sain ($p=0,023$)

- HémiA S>P : YO 13mm/s (IQR 4,3, Min-Max 6,9 à 17,1), statistiquement différente du groupe sujet sain ($p<0,001$), mais non différente du sous-groupe HémiS ($p=0,063$), et YF 24mm/s (IQR 14,7, Min-Max 10,8 à 39,9), statistiquement différente du groupe sujet sain ($p<0,001$) mais non différente du sous-groupe HémiS ($p=0,094$)

- HémiA P>S : YO 7,85mm/s (Min-Max 4 à 7,11) et YF 12,7 (Min-Max 5,2 à 20,2).

Il est intéressant de noter que la stabilité était en moyenne moins bonne chez les patients hémiparétiques, mais qu'il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les sous-groupes en terme de stabilité : les sujets ayant une asymétrie d'appui n'étaient pas significativement moins stables que les sujets ayant une symétrie d'appui.

Tableau III.3.3 : Paramètres posturaux en condition Spontanée (condition S)

Variables (°)	Sujets sains (T) (N=20)	Sujets hémiplegiques (N=20)	p-Valeur	HémiS (HS) (N=9)	HémiA (S>P) (HA) (N=9)	HémiA (P>S) (N=2)	p-Valeur
Rotation Tête YO	-2,5 (3,2) -6,9 à 6,1	-1,7 (5,4) -15,7 à 5,3	0,574	0,40 (7,6) -10 à 3,6	-3,8 (7,6) -15,7 à 2,4	4,25 3,2 à 5,3	HS/HA : 0,190 T/HS : 0,167 T/HA : 0,799
Inclinaison Tête YO	-0,3 (2,5) -5 à 4,3	-1,1 (3,2) -9,6 à 5,7	0,381	-2,6 (5,1) -9,6 à 5,7	-1,2 (3,9) -3,7 à 1,5	0,9 -0,8 à 2,6	HS/HA : 0,546 T/HS : 0,253 T/HA : 0,594
Rotation du Tronc YO	0,04 (3) -4,3 à 6,7	-2,5 (7,8) -24,9 à 10	0,179	0,4 (10,1) -12 à 5,6	-3,5 (8,6) -24,9 à 10	2,4 2,2 à 2,6	HS/HA : 0,340 T/HS : 0,908 T/HA : 0,03
Inclinaison du Tronc YO	-0,6 (2,4) -5,2 à 4,5	-0,1 (1,7) -3,7 à 3	0,433	0,1 (3,3) -3,7 à 3	-0,2 (1,9) -1,7 à 1,7	-2,20 -2,6 à -1,8	HS/HA : 0,730 T/HS : 0,317 T/HA : 0,39
Translation Bassin YO	-0,1 (0,6) -2 à 1	1 (1,6) -1,2 à 4,7	0,01	0,1 (2,1) -0,7 à 2	2,3 (2,7) 0 à 4,7	DM	HS/HA : 0,014 T/HS : 0,562 T/HA : p<0,001
Rotation du Bassin YO	0,04 (1,9) -3,7 à 3	-1,9 (7,5) -16,4 à 10,2	0,516	3,0 (8,3) -16,4 à 6,7	-5,1 (11,9) -14,4 à 10,2	DM	HS/HA : 0,161 T/HS : 0,077 T/HA : 0,095
Inclinaison du Bassin YO	-0,5 (1,6) -3,1 à 2,1	-0,2 (2,7) -5,3 à 5,6	0,652	-0,4 (3,3) -5,3 à 1,4	0,1 (5,2) -4,1 à 5,6	DM	HS/HA : 0,297 T/HS : 0,799 T/HA : 0,532
Rotation de Tête YF	-2,7 (4,1) -12,3 à 6,4	-1,3 (6,2) -16 à 8,5	0,421	2,6 (7,5) -16 à 8,5	-2,7 (7,7) -13,7 à 1,8	4,35 3,8 à 4,9	HS/HA : 0,094 T/HS : 0,077 T/HA : 0,729
Inclinaison Tête YF	-0,4 (2,6) -4,8 à 4,1	-1,1 (3,2) -9,4 à 5,1	0,480	-1,3 (6) -9,4 à 5,1	-0,9 (3,3) -4,1 à 3,2	0,45 -0,6 à 1,5	HS/HA : 0,387 T/HS : 0,417 T/HA : 0,945
Rotation du Tronc YF	-0,2 (2,7) -4,8 à 5,1	-2,3 (8,2) -22,8 à 12,2	0,3	1,3 (9,1) -16,3 à 6,5	-3 (11,2) -22,8 à 12,2	2,5 2,3 à 2,7	HS/HA : 0,258 T/HS : 0,835 T/HA : 0,062
Inclinaison du Tronc YF	-0,4 (2,5) -4,6 à 4,6	0,1 (2,1) -3,8 à 5,1	0,45	0,2 (4) -3,8 à 5,1	0,3 (2,1) -2,1 à 2,1	-2,25 -2,3 à -2,2	HS/HA : 0,863 T/HS : 0,390 T/HA : 0,234
Translation du Bassin YF	-0,1 (0,5) -1,6 à 0,5	1 (1,7) -1,3 à 4,8	0,004	0,1 (2) -0,7 à 1,9	2,3 (2,6) -0,1 à 4,8	DM	HS/HA : 0,014 T/HS : 0,69 T/HA : p<0,001
Rotation du Bassin YF	-0,7 (2,1) -4,8 à 3,9	0,4 (10,3)* -19,4 à 13,2	0,715	2,4 (8,6) -19,4 à 7,6	-3,2 (11,5) -13,2 à 13,2	DM	HS/HA : 0,161 T/HS : 0,062 T/HA : 0,085
Inclinaison du Bassin YF	-0,4 (1,8) -3,8 à 2,1	-0,3 (2,9) -6,3 à 5,7	0,919	0,2 (3,8) -6,3 à 1,2	0,4 (5,5) -3,5 à 5,7	DM	HS/HA : 0,340 T/HS : 0,501 T/HA : 0,562

Pour les sujets sains et hémiplegiques : Description des données par Moyenne (écart-type), min – max.

Pour les sous-groupes : Variables non normales décrites par Médiane (écart interquartile), min - max.

Valeurs de p : HS/HA : pour les comparaisons entre HémiS et HémiA (S>P), T/HS : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiS, T/HA : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiA.

3.3.4 Posture

Le paramètre statistiquement différent entre les groupes était la translation de bassin (TB) aussi bien en condition YO qu'en condition YF (**Tableau III.3.3**).

Dans le groupe sujets sains en condition YO la TB était en moyenne à $-0,1^{\circ}$ (ET 0,6, Min-Max -2 à 1), YF la TB était à $-0,1^{\circ}$ (ET 0,5, Min-Max -1,6 à 0,5).

Dans le groupe sujets hémiplegiques en condition YO la TB était en moyenne à 1° (ET 1,6, Min-Max -1,2 à 4,7), cela était statistiquement différent du groupe sujets sains ($p=0,01$), le bassin était plus translaté côté sain chez les sujets hémiplegiques. YF, la TB était à 1° (ET 1,7 Min-Max -1,3 à 4,8, $p=0,004$).

Lorsque l'on regarde dans les différents sous-groupes en condition YO (médiane) :

-HémiS $0,1^{\circ}$ (IQR 2,1, Min-Max -0,7 à 2), statistiquement non différent du groupe sujets sains ($p=0,562$)

-HémiA S>P $2,3^{\circ}$ (IQR 2,7, Min-Max 0 à 4,7), statistiquement différent du groupe sujets sains ($p<0,001$), et statistiquement différent du groupe HémiS ($p=0,014$).

En condition YF, tout comme pour les groupe Sujets sains et hémiplegiques, dans les sous-groupes, la TB était relativement similaire entre les 2 conditions YO et YF, les différences observées YO étaient aussi mises en évidence YF. Il n'y a eu pas d'analyse dans le groupe HémiA P>S du fait de l'absence de marqueur au niveau du bassin (EIAS G pour les 2 sujets du groupe) permettant de calculer la translation du bassin.

Pour le reste des paramètres de posture, (rotation et inclinaison de tête, rotation et inclinaison du tronc, rotation et inclinaison du bassin) il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les différents groupes et sous-groupes.

Tableau III.3.4 : Droit devant.

Variable (°)	Sujets sains (T) (N=20)	Sujets hémiplegiques (N=20)	p-Valeur	HémiS (HS) (N=9)	HémiA (S>P) (HA) (N=9)	HémiA (P>S) (N=2)	p-Valeur
Droit Devant	0,3 (2.1)* -3.7 à 1.4	-0,3 (1,7) -4,3 à 2,4	0,48	-0,5 (2,2) -4,3 à 0,60	0,9 (3,3) -1,3 à 2,4	-1,85 -3,1 à -0,6	HS/HA : 0,114 T/HS : 0,165 T/HA : 0,501

Pour les sujets hémiplegiques : Description des données par Moyenne (écart-type), min – max. Pour les données *, et pour les sous-groupes (HémiS, HémiA (S>P) et HémiA (P>S) : Variables non normales décrites par Médiane (écart interquartile), min - max.

Valeurs de p : HS/HA : pour les comparaisons entre HémiS et HémiA (S>P), T/HS : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiS, T/HA : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiA.

Tableau III.3.5 : Index de visiodépendance calculée à partir de la vitesse du centre de pression (IVD Vit XY) et à partir de l'asymétrie d'appui (IVD Poids Corps).

Variabes	Sujets sains (T) (N=20)	Sujets hémiplegiques (N=20)	p-Valeur	HémiS (HS) (N=9)	HémiA (S>P) (HA) (N=9)	HémiA (P>S) (N=2)	p-Valeur
IVD Vit XY	11,1 (4,7) 3.8 à 19.5	23,1 (11,3) 3,9 à 45,4	<0,001	18,9 (13,3) 3,9 à 45,4	29,5 (20,8) 9,0 à 41,2	20,15 13,4 à 26,9	HS/HA : 0,222 T/HS : 0,013 T/HA : 0,001
IVD Poids Corps	0,1 (0,8) -1.4 à 2.1	-0,04 (1,4) -2,5 à 3	0,633	-1,10 (2,2) -1,4 à 1,3	0,5 (2,2) -2,3 à 3	-0,55 -2,5 à 1,4	HS/HA : 0,222 T/HS : 0,183 T/HA : 0,627

Pour les sujets sains et hémiplegiques : Description des données par Moyenne (écart-type), min – max.

Pour les sous-groupes (HémiS, HémiA (S>P) et HémiA (P>S) : Variables non normales décrites par Médiane (écart interquartile), min - max.

Valeurs de p : HS/HA : pour les comparaisons entre HémiS et HémiA (S>P), T/HS : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiS, T/HA : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiA.

3.3.5 *Droit Devant*

La position du Droit Devant n'était pas statistiquement différente d'un groupe à l'autre ni d'un sous-groupe à l'autre (**Tableau III.3.4**).

3.3.6 *Visiodépendance*

Nous avons étudié les variations de l'asymétrie d'appui et de la stabilité entre les conditions YO et YF, ceci nous permettant de calculer l'index de visiodépendance (**Tableau III.3.5**).

L'index de visiodépendance calculé à partir de la vitesse du centre de pression (IVD Vit XY) était :

-groupe sujets sains (moyenne) : 11,1 (ET 4,7, Min-Max 3,8 à 19,5)

-groupe sujets hémiplegiques : 23,1 (ET 11,3, Min-Max 3,9 à 45,4), statistiquement plus élevé que le groupe sujets sains ($p < 0,001$).

Dans les sous-groupes, l'IVD était statistiquement différent entre les sujets sains et le sous-groupe Hémis (p=0,013), et entre les sujets sains et le sous-groupe HémisA S>P (p=0,001). Par contre il n'était pas différent entre les sous-groupes Hémis et HémisA S>P (p=0,222).

L'index de visiodépendance calculé à partir de l'asymétrie d'appui retrouvait des valeurs très faibles (chez les sujets sains en moyenne IVD poids : 0,1 (ET 0,8, Min-Max -1,4 à 2,1), et dans le groupe hémiplegique en moyenne -0,04 (ET 1,4, Min-Max -2,5 à 3), signifiant qu'il n'y avait pas de variation de répartition des appuis entre les conditions YO et YF.

Ceci s'est vérifié dans les sous-groupes Hémis, HémisA S>P et HémisA P>S. Il n'y avait pas non plus de différence entre ces sous-groupes et le groupe sujets sains, ni entre le groupe Hémis et HémisA S>P.

La stabilisation posturale est très influencée par la disponibilité ou non de la vision (visiodépendance importante), contrairement à la répartition des appuis entre côtés droit et gauche (visiodépendance quasi-nulle).

Tableau III.4 : Condition limite de stabilité.

Variables	Sujets sains (T) (N=20)	Sujets hémiplegiques (N=20)	p- Valeur	HémiS (HS) (N=9)	HémiA (S>P) (HA) (N=9)	HémiA (P>S) (N=2)	p- Valeur
Length XY (mm)	8203 (2456)* 3545 à 13637	5138 (3135)* 2055 à 11690	0,001	5135 (3045) 3419 à 11690	5138 (318,1) 2055 à 7161	4268,3 3191,2 à 5345,4	HS/HA : 0,336 T/HS : 0,075 T/HA : 0,001
Poids Max DS (%)	+94.3 (14.5)* +75.9 à +105.9	+88,6 (15)* +70,1 à +101,9	0,03	+88,65 (8,9) +78,3 à +101,9	+77,4 (14,1) +70,1 à +93,4	+85,6 +78,4 à +92,8	HS/HA : 0,189 T/HS : 0,389 T/HA : 0,013
Poids Max GP (%)	-95.5 (8.9)* -81.3 à --104.7	-84,9 (17,1)* -48,7 à -94,1	<0,001	-87,0 (12,5) -65,8 à -94,1	-78,8 (23,8) -48,7 à -92,9	-85,55 -79,4 à -91,7	HS/HA : 0,121 T/HS : 0,019 T/HA : 0,001
Translation Bassin Max DS (°)	8,4 (3,9) 1.8 à 16.4	5,3 (1,8) 0,6 à 8	0,004	5,75 (3,2) 3,3 à 8	4,9 (2,3) 0,6 à 6,4	5,7 4 à 7,4	HS/HA : 0,281 T/HS : 0,099 T/HA : 0,031
Translation Bassin Max GP (°)	8,3 (3,6) 2.5 à 14.5	4,3 (2) -0,7 à 7,4	<0,001	4,7 (2,7) 2,5 à 7,4	3,9 (3,3) -0,7 à 6,5	4,7 2,8 à 6,6	HS/HA : 0,281 T/HS : 0,033 T/HA : 0,005

Pour les sujets sains et hémiplegiques : description des données par Moyenne (écart-type), min – max.

Sauf pour les données *, et pour les sous-groupes (HémiS, HémiA (S>P) et HémiA (P>S) : Variables non normales décrites par Médiane (écart interquartile), min - max.

Valeurs de p : HS/HA : pour les comparaisons entre HémiS et HémiA (S>P), T/HS : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiS, T/HA : pour les comparaisons entre Témoins (sujets sains) et HémiA.

Length XY= longueur parcourue par le centre de pression lors de la condition L, Poids Max DS= Poids maximal côté droit ou sain, Poids Max GP= idem côté Gauche ou plégique, Translation bassin maximale DS/GP= translation maximale du bassin côté droit ou sain/gauche ou plégique.

3.4 Limite de stabilité

Pour la limite de stabilité (condition L), plusieurs paramètres ont été étudiés :

-la longueur du trajet du centre de pression (Length XY) qui traduit la mobilité du sujet.

-l'appui maximal du côté D (pour les sujets sains) ou du côté sain (Poids Max DS) et l'appui maximal du côté G ou au côté plégique (Poids Max GP).

-la translation du bassin maximale du côté D ou sain (Translation Bassin Max DS) et du côté G ou plégique (Translation Bassin Max GP)

L'appui maximal reflétait la capacité du sujet à mettre en charge chaque MI durant l'exercice. La translation de bassin maximale reflétait les capacités de mobilité du bassin du sujet durant l'exercice.

La longueur du trajet du centre de pression (Length XY) était significativement plus faible chez les sujets hémiplésiques ($p=0,001$) par rapport aux sujets sains. L'analyse dans les sous-groupes montrait qu'il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre la longueur du trajet du centre de pression entre le sous-groupe HémiS et le groupe Sujets Sains ($p=0,075$), ni entre les 2 sous-groupes HémiS et HémiA S>P ($p=0,336$). En revanche il y avait une différence entre le sous-groupe HémiA S>P et le groupe Sujets Sains ($p=0,001$).

Concernant le transfert maximal de poids chez les sujets sains, il était comparable entre la D et la G.

L'appui maximal côté sain dans le groupe d'hémiplésiques était moins important que l'appui maximal côté D dans le groupe de Sujets Sains ($p=0,03$). L'analyse dans les sous-groupes ne montrait pas de différence entre le sous-groupe HémiS et le groupe Sujets Sains ($p=0,389$), de même il n'y avait pas de différence statistiquement significative à mettre en charge le MI sain entre les sous-groupes HémiS et HémiA S>P ($p=0,189$). En revanche, il existait une différence entre le sous-groupe HémiA S>P et le groupe de sujets sains ($p=0,013$) : la mise en charge du MI sain dans ce sous-groupe était moins importante que chez les sujets sains.

L'appui maximal côté plégique dans le groupe d'hémiplégiques était moins important que l'appui maximal côté G dans le groupe de Sujets Sains ($p < 0,001$). L'analyse dans les sous-groupes montrait une différence entre le sous-groupe HémiS et le groupe Sujets Sains ($p = 0,019$), et entre le sous-groupe HémiA S>P et le groupe Sujets Sains ($p = 0,001$). Il n'y avait pas de différence statistiquement significative à mettre en charge le MI plégique entre les sous-groupes HémiS et HémiA S>P ($p = 0,121$).

Autrement dit l'ensemble des sujets hémiplégiques, qu'ils aient eu un appui en statique symétrique ou asymétrique, avaient des difficultés à transférer leur appui du côté plégique, en dynamique.

Concernant la translation du bassin on retrouvait les mêmes résultats, à savoir chez le sujet sain, la translation du bassin était relativement symétrique entre la D et la G. Il y avait une différence statistiquement significative entre la translation du bassin côté sain chez les patients hémiplégiques et les sujets sains ($p = 0,004$), la translation du bassin étant moins importante chez les sujets hémiplégiques. Cette différence ne s'observait pas lorsque l'on comparait le sous-groupe HémiS et le groupe sujets sains ($p = 0,099$), par contre elle s'observait entre le sous-groupe HémiA S>P et les sujets sains ($p = 0,031$). Elle ne s'observait pas entre les 2 sous-groupes HémiS et HémiA S>P.

La translation de bassin côté plégique était statistiquement différente entre les groupes sujets sains et hémiplégiques ($p < 0,001$), HémiS et sujets sains ($p = 0,033$) et HémiA S>P et sujets sains ($p = 0,005$). Pas de différence significative entre les 2 sous-groupes HémiS et HémiA S>P.

Tableau III.5 : Comparaison de l'asymétrie d'appui et paramètres posturaux en condition Posturale avec les mêmes paramètres de la condition Spontanée.

Variables		Hémi N=20	p	HémiS N=9	p	HémiA S>P N=9	p
Asymétrie d'appui (%)	YO	+1,9 (8,4) -14 à +20,5	0,011	-0,15 (4,8) -10,7 à +6,2	0,036	+8,1 (8,6) +0,2 à +20	0,036
	YF	+3,1 (8,5) -10,8 à +21,5	0,064	+0,7 (8,7) -7,1 à +6,2	0,038	+8,1 (10,1) +4 à +21,5	NS
Rte (°)	YO	-0,02 (5,6) -13,5 à 9,5	0,027	0,5 (5,7) -11,3 à 9,5	NS	-0,9 (5,6) -13,5 à 7,3	0,028
Ite (°)	YO	-0,1 (3,8) -10,6 à 8,4	0,025	0,1 (6,4) -10,6 à 8,4	NS	-0,3 (3,3) -2,7 à 3,6	NS
	YF	-0,2 (3,3) -10 à 8	0,031	-0,3 (5,1) -10 à 8	NS	0,1 (1,6) -2 à 3,3	NS
TB (°)	YO	-0,3 (1,5) -2 à 3,3	0,015	-0,3 (1,8) -1,4 à 1,2	NS	1,3 (2,3) -0,9 à 3,3	NS
	YF	0,5 (1,6) -2,1 à 3,2	0,036	0 (1,6) -2,1 à 1,4	NS	2,3 (2,7) -0,6 à 3,2	NS

Pour le groupe sujets hémiplégiques (Hémi) : Description des données par Moyenne (écart-type), min – max.

Pour les sous-groupes (HémiS, HémiA S>P) : Variables non normales décrites par Médiane (écart interquartile), min - max.

3.5 Condition Posturale, comparaison avec la condition Spontanée

Dans le groupe Sujets Sains, il n'y avait pas de différence d'appui ou de posture entre les conditions Spontanée et Posturale (respectivement condition S et condition P), YO et YF. Autrement dit, il n'y avait pas d'effet de la consigne sur ces mesures (l'ensemble des résultats en condition posturale est présenté dans l'**Annexe IX**).

Dans le groupe de sujets hémiplegiques, il y avait quelques différences entre les conditions S et P (**Tableau III.5**).

-l'asymétrie d'appui YO, était significativement différente entre la condition S et la condition P ($p=0,011$) elle ne l'était pas YF ($p=0,064$) : l'asymétrie d'appui aux dépens du côté plégique était moins importante en condition P. Il y avait possiblement une correction de l'asymétrie d'appui en condition P.

- la Rotation de tête YO (RTe), était significativement différente entre la condition S et la condition P ($p=0,027$) : la rotation de la tête était moins importante en condition P. Cette rotation de tête était possiblement liée à la fixation du laser indiquant la verticale gravitaire, projetée pendant l'acquisition P_YO.

- l'inclinaison de la tête (ITe) les YO était significativement différente entre la condition S et P ($p=0,025$) et les YF ($p=0,031$) : l'inclinaison de la tête était un peu moins importante en condition P. Cette ITe était possiblement liée à la fixation du laser indiquant la verticale gravitaire, projetée pendant l'acquisition P_YO.

- la translation de bassin (TB) les YO et les YF était significativement différent entre la condition S et P ($p=0,015$) et les YF ($p=0,036$) : la TB était moins importante en condition P. Ceci traduit une possible correction de la translation de bassin en condition P (comme l'asymétrie d'appui qui se corrige en condition P).

Dans les sous-groupes, les différences statistiquement significatives entre les conditions S et P étaient :

- dans le sous-groupe HemiS, l'appui YO et YF, était significativement différente entre la condition S et la condition P YO ($p=0,036$), et YF ($p=0,038$) : l'appui était plus centré en condition P que S. Ceci traduit une possible correction de l'appui en condition P.

-cette différence était mise en évidence dans le sous-groupe HémiA S>P YO ($p=0,036$) elle ne l'était pas YF.

Par ailleurs, dans le groupe de sujets hémiplésiques, l'IVD calculé à partir du poids, comparé entre les conditions P et S était significativement différent ($p=0,012$), ceci traduit que les patients avaient une asymétrie d'appui plus marquée les YF que les YO en condition P (ceci n'était pas mis en évidence en condition S), soit que le patient en condition P YO recentrait son appui (IVD évalué à partir du poids en condition P : Moy 1,7 (ET 2,7), Min Max -2,4 à 6,8 et IVD évalué à partir du poids en condition S : Moy -0,04 (ET 1,4), Min Max -2,5 à 3).

Les résultats mis en évidence dans le groupe de sujets hémiplésiques permettent de penser que les sujets auraient la possibilité de modifier leur posture à la demande. Lors de la consigne « tenez-vous le plus droit possible », ils symétrisent leur répartition d'appui et la TB.

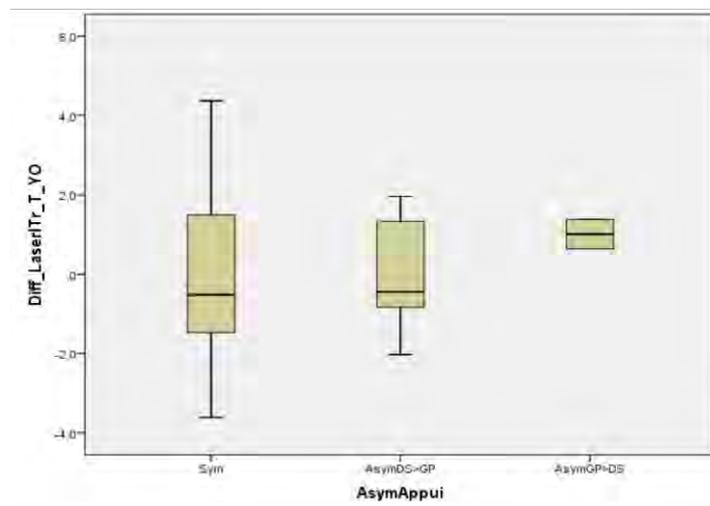
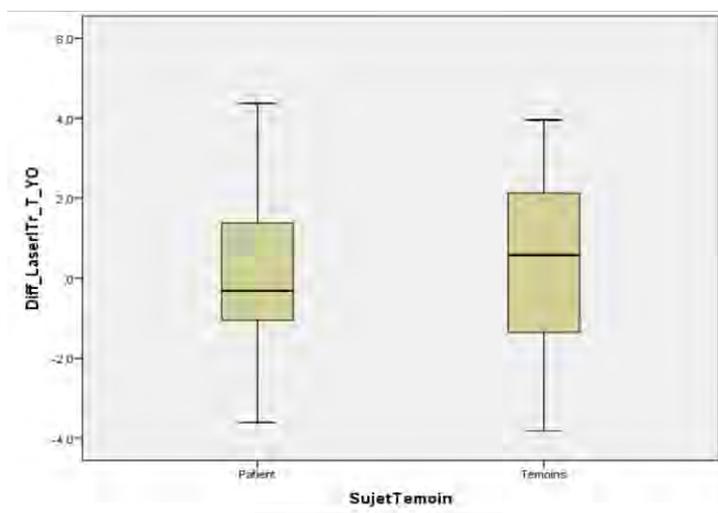
Tableau III.6 : Résultats de la perception de l'axe du tronc (vT), de l'inclinaison du tronc, et de la différence entre les deux.

Condition T	Témoin N=19	Hémi N=18	HémiS N=8	HémiA S>P N=8	HémiA P>S N=2
vT (laser) (°)	0,04° (0,4) -0,6 à 0,9	-0,21° (0,8) -2,3 à 1,6	-0,28 (0,5) -1,1 à 0,5	-0,03 (1,1) -2,3 à 1,6	-0,7*
ITr (°)	-0,24 (2,2) -3,4 à 4,3	-0,34 (1,9) -4,2 à 2,7	2,6 (8,7) -8,2 à 9,6	-1,2 (7,7) -19,5 à 2,4	1,05 0,9 à 1,2
Comparaison ITr condition S et T	p=0,549	p=0,494	p=0,327	0,674	
Différence Laser - ITr (°)	0,30 (2,2) -3,8 à 4 <i>p=0,554</i>	0,10 (1,9) -3,6 à 4,4 <i>p=0,824</i>	-0,03 (2,6) -3,6 à 4,4 <i>p=0,976</i>	0,005 (1,4) -2 à 2 <i>p=0,992</i>	1,01 0,6 à 1,4

Pour le groupe sujets hémiplésiques (Hémi) : Description des données par Moyenne (écart-type), min – max.

Pour les sous-groupes (HémiS, HémiA S>P) : Variables non normales décrites par Médiane (écart interquartile), min - max.

Figures III.6 : différence entre l'inclinaison du tronc et du laser en degré (°) (perception de l'alignement avec l'axe du tronc), figure de G: chez les patients hémiplésiques à G et chez les sujets sains à D, figure de D : G à D : HémiS, HémiA S>P, HémiA P>S.



3.6 Perception de l'axe de tronc, condition T

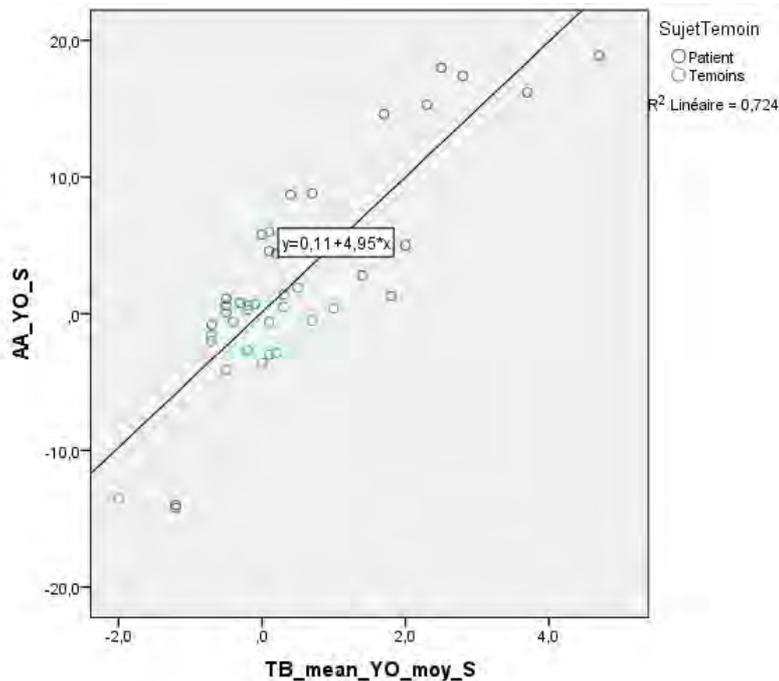
Il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre la perception de l'axe du tronc (inclinaison du laser) et la posture réelle de l'axe du tronc (inclinaison du segment C7-T8) dans tous les groupes (sujets sains, sujets hémiplésiques) et sous-groupes (HémiS et HémiA S>P) (**Tableau III.6** et **Figures III.6**).

La consigne effectuée n'a pas eu de conséquence statistiquement significative sur l'inclinaison du tronc, si l'on compare l'inclinaison du tronc en condition S et en condition T.

Tableau III.7.1 : Corrélations entre asymétrie d'appui et paramètres posturaux, et entre paramètres posturaux.

	TB	RTr	RTe	RB	ITr
Asymétrie d'appui	r=0,851 p<0,001	r=-0,438 p=0,005	r=-0,367 p=0,02	r=-0,394 p=0,013	r=0,148 p=0,343
Inclinaison tronc (ITr)	r=-0,025 p=0,878	r=-0,161 p=0,321	r=-0,104 p=0,524	r=0,175 p=0,288	
Rotation Bassin (RB)	r=-0,623 p<0,001	r=0,745 p<0,001	r=0,553 p<0,001		
Rotation Tête (Rte)	r=-0,469 p=0,002	r=0,584 p<0,001			
Rotation Tronc (RTr)	r=-0,677 p<0,001				

Figure III.7.1 : Lien entre la translation du bassin et l'asymétrie d'appui chez les sujets hémiplésiques et les témoins



3.7 Déterminants de l'asymétrie d'appui

3.7.1 Déterminants posturaux de l'asymétrie d'appui, en condition spontanée les YO et YF

Les corrélations entre l'asymétrie d'appui et les caractéristiques posturales chez l'ensemble des sujets (yeux ouverts) sont présentées ci-contre (Tableau III.7.1). Une association statistiquement significative a été mise en évidence entre l'asymétrie d'appui et la translation du bassin (TB ; $r = 0,851$, $p < 0,001$), la rotation du tronc (RTr ; $r = -0,438$, $p = 0,005$), la rotation de tête (Rte ; $r = -0,367$, $p = 0,020$), et la rotation du bassin (RB ; $r = -0,394$, $p = 0,013$). Ces 4 variables ont été retenues comme variables indépendantes (prédicteurs) dans le modèle de régression linéaire multiple prédictif de l'asymétrie d'appui.

Le modèle a retenu deux prédicteurs : TB et RTr avec $r = 0,76$ (r ajusté = 0,75). L'équation obtenue a été la suivante : $AA = 0,088 + 5,96 * TB + 0,34 * RTr$ (données détaillées dans le **tableau XI.1**, en **Annexe XI**).

La figure **Figure III.7.1** illustre la relation entre la translation du bassin et l'asymétrie d'appui.

En condition spontanée les yeux fermés, les résultats sont sensiblement identiques : le modèle a retenu deux prédicteurs : TB et RTr avec $r^2 = 0,80$ (r^2 ajusté = 0,79). L'équation obtenue a été la suivante : $AA = -0,051 + 6,55 * TB + 0,44 * RTr$ (données détaillées dans le **tableau XI.2**, en **Annexe XI**).

Tableau III.7.3: Déterminants cliniques de la translation de bassin et de l'asymétrie d'appui, en conditions les yeux ouvert et fermés

Variables	Fugl-Meyer MI	PASS	Vitesse centre de pression YO	VSV
Translation du bassin (TB) YO	-0,711 p<0,001	-0,482 p=0,031	0,620 p<0,001	0,267 p=0,096
Asymétrie d'appui YO	-0,641 p=0,002	-0,519 p=0,019	r=0,562 p<0,001	0,346 p=0,029
Translation du bassin (TB) YF	-0,682 p=0,001	-0,427 p=0,06	0,753 p<0,001	0,259 p=0,106
Asymétrie d'appui YF	-0,658 p=0,002	-0,485 p=0,03	r=0,576 p<0,001	0,365 p=0,02

3.7.2 Déterminants cliniques (déficiences) de la translation du bassin en condition spontanée les YO et les YF

Nous avons choisi un modèle prédictif centré sur la translation du bassin car il s'agit de la variable prédictive posturale la plus importante. Chez les sujets hémiparétiques, les corrélations significatives entre translation de bassin et déficiences les yeux ouverts concernaient essentiellement la déficience motrice évaluée à partir du score de Fugl-Meyer du membre inférieur ($r = -0,711$, $p < 0,001$), l'équilibre évalué à travers la PASS ($r = -0,482$, $p = 0,031$), ainsi que la performance posturale stabilométrique (vitesse du CoP ; $r = 0,62$, $p < 0,001$). Il n'y a pas de corrélation statistiquement significative entre la TB et la VSV (**Tableau III.7.3**).

Le modèle a retenu deux prédicteurs : Fugl-Meyer Membre Inférieur et Vitesse XY du CoP avec $r^2 = 0,59$ (r^2 ajusté = 0,54). L'équation obtenue a été la suivante :

$$\mathbf{TB = 2,007 - 0,11 * FMMI + 0,14 * VitesseXY CoP}$$

(données détaillées dans le **tableau XI.1**, en **Annexe XI**).

En condition spontanée les yeux fermés, les résultats sont sensiblement identiques : le modèle a retenu deux prédicteurs : Fugl-Meyer Membre Inférieur et Vitesse XY du CoP avec $r^2 = 0,66$ (r^2 ajusté = 0,62). L'équation obtenue a été la suivante :

$$\mathbf{TB = 1,2 - 0,08 * FMMI + 0,09 * VitesseXY CoP}$$

(données détaillées dans le **tableau XI.2**, en **Annexe XI**).

3.7.3 Modèle global de prédiction de l'asymétrie d'appui en condition spontanée les YO et les YF

Les corrélations significatives entre l'asymétrie d'appui et les déficiences mises en évidence étaient la déficience motrice évaluée à partir du score de Fugl-Meyer du membre inférieur ($r = -0,641$, $p = 0,002$), l'équilibre évalué à travers la PASS ($r = -0,519$, $p = 0,019$), la vitesse du CoP ($r = 0,562$, $p < 0,001$) et la VSV ($r = 0,346$, $p = 0,029$) (**Tableau III.7.3**).

Les yeux fermés, les mêmes corrélations ont été mises en évidence (cf **Tableau III.7.3** pour détails).

Les yeux ouverts chez les sujets hémiplésiques, le modèle prédictif de l'asymétrie d'appui incluant toutes les déficiences significativement associées à l'asymétrie d'appui et les prédicteurs posturaux de l'asymétrie d'appui a retenu 4 prédicteurs : FMMI, TB, Vitesse XY du CoP et VSV avec $r = 0,88$ (r ajusté = 0,85). L'équation obtenue a été la suivante :

$$\mathbf{AA = 22 - 0,41 * FMMI - 0,53 * Vitesse XY CoP + 6 * VSV + 4,7 * TB}$$

(données détaillées dans le **tableau XI.3**, en **Annexe XI**).

4 Discussion

4.1 Principaux faits

4.1.1 Réponse à l'objectif principal

Notre objectif était d'étudier les déterminants de l'asymétrie d'appui chez le patient hémiparétique suite à un AVC. Notre hypothèse était la suivante : l'asymétrie d'appui est essentiellement la conséquence d'une asymétrie posturale, qui est elle-même secondaire à l'altération de la perception de la verticale (visuelle, posturale) et de l'axe du tronc, ainsi qu'aux déficiences motrices et cognitives.

Cette hypothèse se vérifie en partie concernant le lien entre asymétrie posturale et asymétrie d'appui. En effet, nos résultats montrent que la translation du bassin (associée à une rotation contralatérale du tronc) explique 76% de la variance de l'asymétrie d'appui en condition spontanée les YO : la translation du bassin semble correspondre au déterminant postural de l'asymétrie d'appui, avec une répartition du poids qui augmente du côté de la translation du bassin.

59% de la variance de la translation du bassin est dans notre étude expliquée par la déficience motrice du membre inférieur évaluée par le Fugl-Meyer du membre inférieur et l'instabilité posturale (vitesse XY du CoP).

Enfin, le modèle global de prédiction expliquant 88% de la variance de l'asymétrie d'appui intègre également la perception de la verticale subjective visuelle.

Ainsi la réponse à notre hypothèse est la suivante : l'asymétrie d'appui est essentiellement la conséquence d'une translation du bassin, elle-même secondaire à une déficience motrice du MI contralatéral et à une instabilité posturale, avec la participation possible d'un trouble perceptif de la verticale visuelle.

4.1.2 Validité de nos mesures expérimentales

Les mesures émanant de notre évaluation posturale semblent valides, car dans notre population de sujets sains les données posturales sont bien centrées autour de 0°, et leur variabilité est relativement faible.

Pour évaluer l'inclinaison du tronc, nous aurions pu choisir l'axe passant entre le sternum et la xyphoïde au lieu de l'axe passant par C7-T8: nous ne l'avons pas fait car bien que le test statistique (test de Wilcoxon) ne montre pas de différence significative entre la mesure de l'inclinaison du tronc avec des repères postérieurs (ITr, axe C7-T8) ou antérieurs (ITra, axe Sternum-Xyphoïde), l'erreur (en degrés, ITra – ITr) entre les deux méthodes de mesure de l'inclinaison du tronc les YO allait de -6.5 à 13.8°, l'erreur de mesure (changement minimal métriquement détectable = MMDC) étant de 9.2°. Par ailleurs il n'y a pas de corrélation entre les deux mesures. Les YF l'erreur entre les deux méthodes de mesure de l'inclinaison du tronc allait de -8.7 à 18.8, et l'erreur de mesure était de 11.3°. Il n'y avait pas non plus de corrélation entre les deux mesures. L'inclinaison du tronc montrait une moindre variabilité lorsqu'elle était calculée avec les marqueurs C7 et T8 (ITr).

Cette variabilité pouvait s'expliquer par un positionnement du marqueur Xyphoïde parfois difficile (à cause des sous-vêtements féminins) avec des mouvements du marqueur au cours des acquisitions.

Dans leur étude sur la posture des sujets « pousseurs », Pérennou et al. avaient choisi de mesurer l'inclinaison du tronc par les repères correspondant à T8 et au sacrum alors que le sujet était assis sur une plateforme à bascule latérale (31). Les altérations posturales de l'hémiplégique sont jusqu'à présent essentiellement décrites par le biais des sujets « pousseurs », et ces derniers présentent, lorsqu'ils sont mis debout, une inclinaison de l'ensemble du corps (telle que la station debout est soit impossible seul, soit à gros risque de chute). Pour évaluer cette inclinaison, il nous paraissait plus intéressant de la mesurer à partir du segment vertébral thoracique qui est le segment vertébral le plus mobile. Nous avons tout de même réalisé des statistiques complémentaires sur le segment T8-Sacrum : nous n'avons pas objectivé de différence entre l'inclinaison de ce segment et l'inclinaison calculée entre T8 et C7, ce qui signifie que nos conclusions différentes des autres études ne sont pas liées à un problème de mesure de l'inclinaison du tronc.

Concernant l'évaluation de la VSV, nous retrouvons les mêmes chiffres dans notre population de sujets sains ($0,08^\circ$ (ET 0,5)) que dans d'autres études (Bonan et al. Med= $0,8^\circ$ IQR=1,4 (25) ; Kerkhoff et al. Moy= $0,4^\circ$ ET 0,8 (17)). On peut donc penser que notre évaluation était correcte.

Pour l'évaluation stabilométrique chez les sujets sains (Med=-0.6% IQR=3.4), les valeurs sont bien centrée autour de 0%, et sont semblables à celles décrites par Gagey et al (54) dans une population de sujets sains (normes 85).

4.1.3 Caractéristiques de notre population

a. Déficiences

En sélectionnant nos sujets hémiplésiques par leur capacité à tenir debout au moins une minute, nous avons créé un biais de sélection, favorisant un niveau moteur et donc fonctionnel plus élevé que dans les études où les évaluations instrumentales étaient réalisées en position assise ou couchée (la MIF chez nos patients étaient de : Moy=111,7 (ET=9,9) et la PASS à 34,2/36 , et chez Bonan et al. respectivement la MIF à : Med=76 (IQR=38,5), et la PASS à 19/36 (26), chez Barra et al. la PASS était à 28/36 (13)).

La comparaison du niveau moteur de nos patients est plus difficile car nous n'avons pas utilisé les mêmes échelles que les autres études : chez Barra et al. score de 0 à 40 non validé dans la littérature, chez Bonan et al. score allant de 0 à 200 (Collin and wade scale), et chez Mansfield, 2 scores de 1 à 7 (CMSA-foot et CMSA-leg).

Une des conséquences de notre recrutement est le faible recrutement de sujets négligents qui ont une moins bonne récupération de l'équilibre (10% dans notre étude, 20% chez Mansfield et al. (évaluation debout) (12), et 28% chez Bonan et al. (évaluation assise) (26)).

Pour les troubles sensitifs, 55% des sujets en présentaient dans notre étude, 28% chez Mansfield et al., 67% chez Bonan et al., avec des méthodes d'évaluation qui varient également.

b. Asymétrie d'appui

Notre population correspond relativement bien à ce qui est décrit dans la littérature en ce qui concerne l'asymétrie d'appui. Mansfield et al) dans son étude sur l'asymétrie d'appui en post-AVC avait comme répartition 40% de symétrique, 47,6% d'asymétrique côté sain, et 12,2% d'asymétrique côté plégique (12), et nous avons respectivement 45%, 45% et 10%.

c. *Perception de la VSV*

Dans notre population de sujets hémiplésiques, il n'y avait pas d'altération de la perception de la verticale subjective visuelle. Dans la littérature, le lien le plus fort entre altération de la VSV et déficience semble être la négligence ($r=0,74$, $p<0,004$, selon Kerkhoff (17)), or, nos sujets étaient assez peu négligents (2/20). Ceci est certainement un biais de sélection d'une population moins déficitaire. Un autre biais est celui lié au délai post-AVC, nos sujets se rapprochant plus de la phase chronique que de la phase initiale. Dans l'étude de Bonan et al. (26) la VSV est mesurée à la phase initiale de l'AVC (moins de 3 mois), alors que dans notre étude nous nous situons plutôt dans la phase chronique de l'AVC.

Comparée à l'étude de Barra et al. (13), où les 22 sujets présentaient en moyenne une déviation de la VSV (20 sujets sur 22), il semble qu'il y avait un nombre important de sujets négligents, mais le nombre exact de sujet négligent n'est pas précisé dans leur étude, ni même la façon dont ils ont départagé si un sujet était ou non négligent en fonction des différents tests réalisés (test des cloches, test de bissection de ligne de 20cm, échelle de Catherine Bergego). Dans notre étude, nous n'avions que 2 sujets/20 négligents. L'échelle d'évaluation du déficit moteur n'était pas la même, et concernant la PASS, elle était en moyenne à 28/36 (sujets en moyenne plus instables que notre population).

d. *Perception de la verticale posturale subjective*

Par rapport à l'étude réalisée par Pérennou et al. (2), sur 80 sujets hémiplésiques, 29 présentaient une inclinaison du tronc ($SCP=0,5$) sans « pushing » et 6 étaient pusher ($SCP\geq 1$). Les perceptions des verticales (VSV, haptique, et posturale subjective) sont étudiées en position assise. Dans notre population, aucun patient n'avait de tendance à la latéropulsion, et aucun n'avait d'inclinaison du tronc. Ils n'avaient pas non plus d'altération de la perception de la verticale posturale subjective étudiée en position debout (condition P). Dans l'étude de Pérennou et al. il n'y a pas de donnée clinique concernant les déficiences des sujets qui nous auraient permis de les comparer à nos sujets. Le seul point possible de comparaison est le délai post-AVC. En moyenne les sujets de l'étude de Pérennou étaient à $11,9\pm 8,2$ semaines de leurs AVC, alors que nos sujets étaient (exprimés en semaines) à 57 ± 35 semaines de leur AVC. Les différences sont possiblement liées à la différence de délai post-AVC. Les sujets de cette étude présentant une altération posturale avaient plus de troubles de la perception de la verticale subjective posturale.

e. *Troubles posturaux spontanés et verticale posturale spontanée*

Dans l'étude de Pérennou et al. (31), les troubles posturaux des sujets sont évalués en position assise sur une plateforme instable. Le bassin des 3 sujets « pushers » était incliné en contralésionnel. L'inclinaison du tronc était mesurée au niveau lombaire. L'inclinaison n'était pas statistiquement plus importante que les sujets contrôles. La différence que nous observons entre les résultats de cette étude et ceux de notre étude, n'est probablement pas liée au modèle et en particulier au choix des segments étudiés car nous avons par la suite réalisé des statistiques complémentaires pour mesurer l'inclinaison du tronc à partir du segment T8-Sacrum, nos sujets ne présentaient pas plus d'inclinaison du tronc à ce niveau. La différence entre les résultats des 2 études est certainement liée au fait que l'étude de Pérennou est réalisée assise, et que les sujets sont réellement « pushers ».

On peut penser qu'une latéropulsion anormale ne concerne que les sujets pushers (5% des sujets hémiparétiques post AVC, et 10% des sujets en centre de MPR (34)), qui du reste ne peuvent se verticaliser et marcher. Ce comportement « pousseur » ne semble pas applicable aux sujets hémiparétiques, à partir du moment où ils sont capables de tenir debout un certain temps.

Notre étude est la première étudiant les liens entre asymétrie d'appui et posture en position debout chez le sujet hémiparétique. Ceci a l'énorme avantage d'être proche des conditions écologiques habituelles du sujet, et par ailleurs, proche aussi du souhait du patient hémiparétique pris en charge en centre de rééducation après un AVC : tenir debout de façon stable pour pouvoir ensuite marcher le mieux possible.



Figure.IV.4.d : Wheel paradigm

Systeme permettant de calculer la verticale posturale subjective selon Pérennou et al. (2)

f. *Modification de la posture lors d'une consigne avec ou sans feedback visuel*

Concernant la verticale posturale subjective (condition P) telle que nous l'avons appréhendée (capacité du sujet à corriger sa posture en se tenant le plus droit possible), il n'y avait pas non plus de modification majeure par rapport à la verticale posturale spontanée (condition S), que la tâche soit réalisée YF ou YO.

Auparavant, les évaluations de la verticale posturale subjective ont été réalisées en position assise, entre autre, dans une roue (Wheel paradigm (**Figure.IV.4.d**) proposée par Pérennou et al. (2)). Dans notre étude nous avons voulu évaluer cette verticale posturale subjective en position debout par la consigne « tenez-vous le plus droit possible », en prenant pour repère les marqueurs directement disposés sur le sujet et non sur un environnement contenant extérieur. Notre population de sujets hémiplegiques avait une bonne perception de leur posture, il n'y avait pas de modification majeure au niveau du tronc par rapport à l'évaluation de leur posture en condition spontanée. Les seules modifications étaient au niveau du bassin (TB moins marquée notamment, et asymétrie d'appui moindre). Ceci permettant de suggérer la possibilité pour ces sujets de corriger en partie cette altération posturale.

Dans notre étude, nous ne pouvons pas mettre l'altération posturale sur le compte d'un trouble perceptif, aussi bien proprioceptif du tronc, que visuel, puisque les index de visiodépendance de l'asymétrie d'appui et des paramètres posturaux sont proches de zéro. Les études de Pérennou et al. suggéraient que l'altération posturale des patients « pusher », était liée à un trouble perceptif de la VSP puisque la VSP est, chez ces sujets, la variable la plus corrélée aux troubles posturaux. Notre étude semblerait indiquer à nouveau que les pushers sont une entité à part, leur comportement n'étant pas extrapolable aux autres sujets hémiplegiques non « pusher ».

g. Perception du tronc (condition T)

Nous avons voulu évaluer chez nos sujets la perception de l'axe de leur tronc, selon le principe du LBA proposé par Barra et al.(27). Nous avons réalisé l'évaluation debout et non pas allongé, car d'une part nous n'avions pas de dispositif instrumental adapté et d'autre part il nous paraissait plus pertinent de réaliser cette évaluation debout dans l'objectif d'étudier les déterminants de l'asymétrie d'appui.

Il n'y a pas eu de différence avec les sujets sains. Les hémiplegiques qui tiennent debout percevraient de façon « normale » l'axe de leur tronc.

Ces différences de résultats sont possiblement liées au fait que les populations ne soient pas comparables (pas de caractéristiques cliniques de la population dans cette étude de Barra). De plus il est possible que la perception de l'axe du tronc dépende de la position du sujet lors de son évaluation.

4.1.4 Déterminants de l'asymétrie d'appui

Selon nos résultats, les déterminants de l'asymétrie d'appui au niveau postural sont principalement la translation de bassin : associée à une rotation controlatérale du tronc, la translation du bassin explique 76% de la variance de l'asymétrie d'appui en condition spontanée les YO. La translation du bassin serait donc le médiateur postural de l'asymétrie d'appui homolatérale. Dans notre étude l'inclinaison du tronc n'est statistiquement pas liée à l'asymétrie d'appui ($r=0,148$, $p>0,05$).

La translation de bassin est, elle, liée à la déficience motrice, et au trouble de la stabilité : 59% de la variance de la translation du bassin est dans notre étude expliquée par la déficience motrice du membre inférieur évaluée par le Fugl-Meyer du membre inférieur et l'instabilité posturale (vitesse XY du CoP).

Cette adaptation posturale à la déficience motrice, est possiblement une adaptation énergétique, où la mise en décharge du MI parétique serait plus économique sur le plan énergétique. Les sujets n'ont pas une « incapacité » à mettre en charge le MI plégique car comme nous avons pu le voir lors de l'épreuve de limite de stabilité, les sujets asymétriques arrivent aussi bien à mettre en charge leur membre inférieur parétique que les sujets hémiplégiques symétriques. Cette adaptation posturale serait plutôt une « stratégie ». Le contre-exemple de cette hypothèse est le cas des 2 sujets de notre étude qui ont un hyperappui côté parétique. Mansfield et al. concluent à propos de ces sujets (12% dans leur étude) qu'il ne s'agit pas d'un mauvais contrôle du transfert de poids, mais cela serait plutôt une stratégie acquise en rééducation (12). Ces sujets, malgré un hyperappui côté plégique, ont pour pied moteur le pied sain. On pourrait penser que leur stratégie serait d'ancrer leur posture au sol par le membre inférieur plégique, et d'ajuster l'équilibre de cette posture par le MI sain.

Nos sujets hémiplégiques avaient une perception normale de la VSV, mais la perception de la VSV contribue à notre modèle prédictif exploratoire même si celle-ci n'est pas altérée. Il s'agit tout de même d'une participation faible par rapport aux aspects moteurs et posturaux. Nous n'avons pas retrouvé le lien entre altération de la perception de l'axe du tronc (LBA) et l'asymétrie d'appui (aucune corrélation positive) comme décrit par Barra et al.(13) (dans leur étude $r=-0,52$, $p<0,02$).

Par ailleurs un autre point intéressant de notre étude est d'avoir évalué la visiodépendance à travers les tâches réalisées YO et YF. Ceci met en évidence une absence de visiodépendance de l'asymétrie d'appui (proche de zéro dans tous les sous-groupes). Par extrapolation on pourrait conclure que le travail en feed back visuel de l'asymétrie d'appui n'aurait pas un intérêt majeur. Une étude de Au-Yeung et al.(55) va dans ce sens : il étudie en position assise la capacité des sujets à symétriser l'appui de leur assise en utilisant pour cela une assise à capteurs de pression avec feed back visuel de la répartition des appuis. Les résultats montrent que les sujets hémiplegiques appuient plus côté sain et que malgré une séance d'exercices de transfert du poids côté lésé, il n'y avait pas d'amélioration immédiate des répartitions d'appui fessier.

Si la déficience motrice telle qu'elle est évaluée dans le Fugl-Meyer provoque la translation de bassin et ensuite l'asymétrie d'appui, on peut se demander si un renforcement musculaire du MI parétique n'améliorerait pas ces paramètres. Une étude de Son et al. (56) réalisée chez 28 sujets hémiplegiques a comparé un programme de renforcement musculaire contre résistance à un renforcement musculaire sans résistance, et leur effet sur les performances d'équilibre. Les résultats montrent une amélioration plus importante des performances d'équilibre dans le groupe renforcement musculaire contre résistance. Une autre étude de Lee et al. (57) sur un programme de renforcement des muscles du tronc après un AVC ne montre pas de différence statistiquement significative sur la récupération de l'équilibre chez les sujets à la phase chronique d'un AVC. Dans d'autres lésions neurologiques cela se vérifie aussi, par exemple Damiano et al. chez l'enfant paralysé cérébral (diploégique et hémiploégique) a montré que le renforcement musculaire sur un programme de 6 semaines permettait d'améliorer les vitesses de marche maximales (58).

En revanche, l'asymétrie d'appui n'a pas été étudiée dans ces études. Nous n'avons pas trouvé d'étude ayant évalué l'effet d'un programme de renforcement musculaire sur l'asymétrie d'appui.

4.2 Limites méthodologiques

La limite méthodologique majeure de notre étude est le manque de puissance. Nous avons un faible nombre de sujets hémiplésiques (20).

Ceci est en partie lié aux critères d'inclusion et d'exclusion relativement restrictifs. Ces critères ont été choisis selon les précédentes études, afin de mieux pouvoir comparer nos résultats. Beaucoup de sujets ayant fait un AVC récupèrent spontanément et ne passent pas par le centre de rééducation. Ensuite, les récurrences sont fréquentes, et il n'a pas été rare que des sujets ne puissent être inclus car des séquelles anciennes étaient mise en évidence sur leur imagerie. De plus, nous demandions un niveau moteur minimal, écartant ainsi les plus déficitaires, pour pouvoir réaliser l'ensemble des évaluations. Une seule patiente n'a pu réaliser l'ensemble de la procédure (fatigabilité) il s'agissait de la patiente la plus déficiente (FM total à 15/100).

Notre population était hétérogène par rapport à la distance post AVC (en moyenne 397,9 jours (ET 247,4)).

Concernant l'évaluation de la sensibilité, nous avons modifié notre méthode d'évaluation en cours de protocole. Nous n'avons pas utilisé la même évaluation pour les 5 premiers sujets (pour ces 5 sujets nous avons utilisé le test de Weber que nous avons transposé au membre inférieur, sans aucune validation dans la littérature), et pour les 15 sujets suivants nous avons utilisé l'EmNSA qui est en cours de validation en français et qui permet d'obtenir une cotation de la sensibilité plus fine que la cotation simple 0=anesthésie, 1=hypoesthésie, et 2=sensibilité normale. Pour harmoniser nos résultats nous avons basculé les scores de l'EmNSA en cotation simple. Dans la littérature, les autres études ont utilisées toutes des méthodes différentes pour évaluer la sensibilité (aesthésiométrie pour Barra et Pérennou, « cotation simple » en fonction de l'évaluation de la proprioception de 4 articulations du MI pour Bonan) qui ne sont pas, à notre connaissance, validées chez le sujet cérébro-lésé.

Pour l'évaluation de la déficience motrice, nous avons utilisé le score du Fugl-Meyer qui n'est pas proprement une échelle de la déficience de la force musculaire. Certains auteurs ont montré qu'elle était un bon reflet du déficit de force musculaire dans le cadre de l'AVC (59).

L'enchaînement de la passation du protocole a été légèrement variable d'un sujet à l'autre. Initialement nous commençons par la VSV, puis lorsque nous arrivions à la tâche de la perception de l'axe du corps, les sujets ayant déjà effectué à 10 reprises en début de protocole la VSV auraient pu confondre les 2 consignes et au lieu d'aligner le laser avec l'axe de leur tronc pour mesurer la PAC, auraient simplifié la tâche en réalisant une VSV (au final les résultats concernant la VSV et la PAC étaient très similaires). C'est donc pour cela qu'en cours d'étude nous avons mesuré la VSV en fin de protocole et non au début. Par ailleurs, la tâche de VSV était plus simple à réaliser (car plus intuitive) que la tâche de la PAC. Le protocole étant relativement long, les sujets pouvaient se lasser de réaliser des tâches répétitives et complexes telle que la PAC, particulièrement lorsqu'elle était réalisée en dernière tâche.

Initialement nous réalisons VSV, puis condition S, condition P, condition L puis condition T. En milieu de protocole nous avons changé en réalisant : condition S, puis condition T, condition L, condition P et en fin VSV. Les résultats entre VSV et PAC restant très similaires, nous ne pensons pas que cela ait modifié les résultats.

La durée de l'épreuve était une des limites : 1h pour l'évaluation clinique, et 1h pour l'évaluation instrumentale. Cette dernière était constituée de 15min de préparation du sujet (se mettre en sous-vêtement : tâche parfois fastidieuse pour les sujets hémiplegiques, puis de placement des marqueurs sur le sujet), et 30 à 45 min d'évaluation en station debout (condition S, P, L, T, et VSV). Les tâches étaient par ailleurs répétitives et donc possiblement lassantes. Cette durée était une limite pour évaluer les sujets trop déficitaires.

Concernant la tâche condition T (perception de l'axe du corps /PAC), nous avons voulu évaluer ce que Barra nomme le LBA (longitudinal body axis), et qu'il évalue en position allongée (13). N'ayant pas de dispositif adapté, nous avons évalué la PAC en position debout. Ce point là pourrait être considéré comme une limite, mais peut être aussi comme une qualité car l'évaluation en position debout est plus écologique.

4.3 Implications de l'étude et perspectives

Notre étude a l'avantage d'étudier en situation écologique la posture et l'appui du sujet hémiparétique après un AVC. Elle est originale en 2 points :

-par le fait d'étudier la posture debout, ceci n'avait pas été fait auparavant (à part l'étude préliminaire du Dr V Lambert). La posture assise a été largement étudiée, notamment et surtout autour du sujet « pousseur », mais ce comportement est finalement rare et ne semble pas transposable au reste de la population de sujets hémiparétiques. Pour autant, ces derniers qui tiennent debout et marchent, posent autant de problème en rééducation, ce sont ces sujets que l'on traite le plus souvent en centre, et qui malgré leur niveau moteur (en terme de marche et équilibre) supérieur aux sujets pushers, sont aussi confrontés au risque de chute, à une vitesse de marche limitée... Limitations qui sont pour les équipes de MPR, pour le patient et sa famille, les premières à devoir être dépassées. Le sujet pusher ne corrige que très rarement son comportement, et ne réacquiert pas la marche autonome. La prise en charge est donc surtout réadaptative plus que rééducative, la marche n'est souvent plus le premier objectif pour l'équipe de MPR.

-par le fait d'étudier conjointement la posture et l'appui. Il s'agit de la première étude à notre connaissance à l'avoir réalisé. Cela se rapproche le plus possible des conditions naturelles.

Nos résultats permettent de suggérer qu'en effectuant un renforcement musculaire du MI plégique chez les sujets ayant une asymétrie d'appui, peut-être cela pourrait symétriser la translation du bassin et améliorer la mise en charge du MI plégique et les capacités de marche. Ceci n'a pas encore été étudié à notre connaissance, et pourrait être l'objet d'un prochain protocole de recherche. La procédure pourrait être simplifiée, en ne plaçant que les marqueurs correspondant au sacrum, au bassin (EIAS D et G), et éventuellement de façon accessoire au tronc et à la tête pour mesurer la rotation du tronc et de la tête (C7, Sternum, et occiput, front, oreille D et G). Il n'y aurait que la condition Spontanée à réaliser (comme elle se fait déjà en pratique courante pour la stabilométrie). L'évaluation serait réalisée avant et après 4 à 6 semaines de renforcement musculaire.

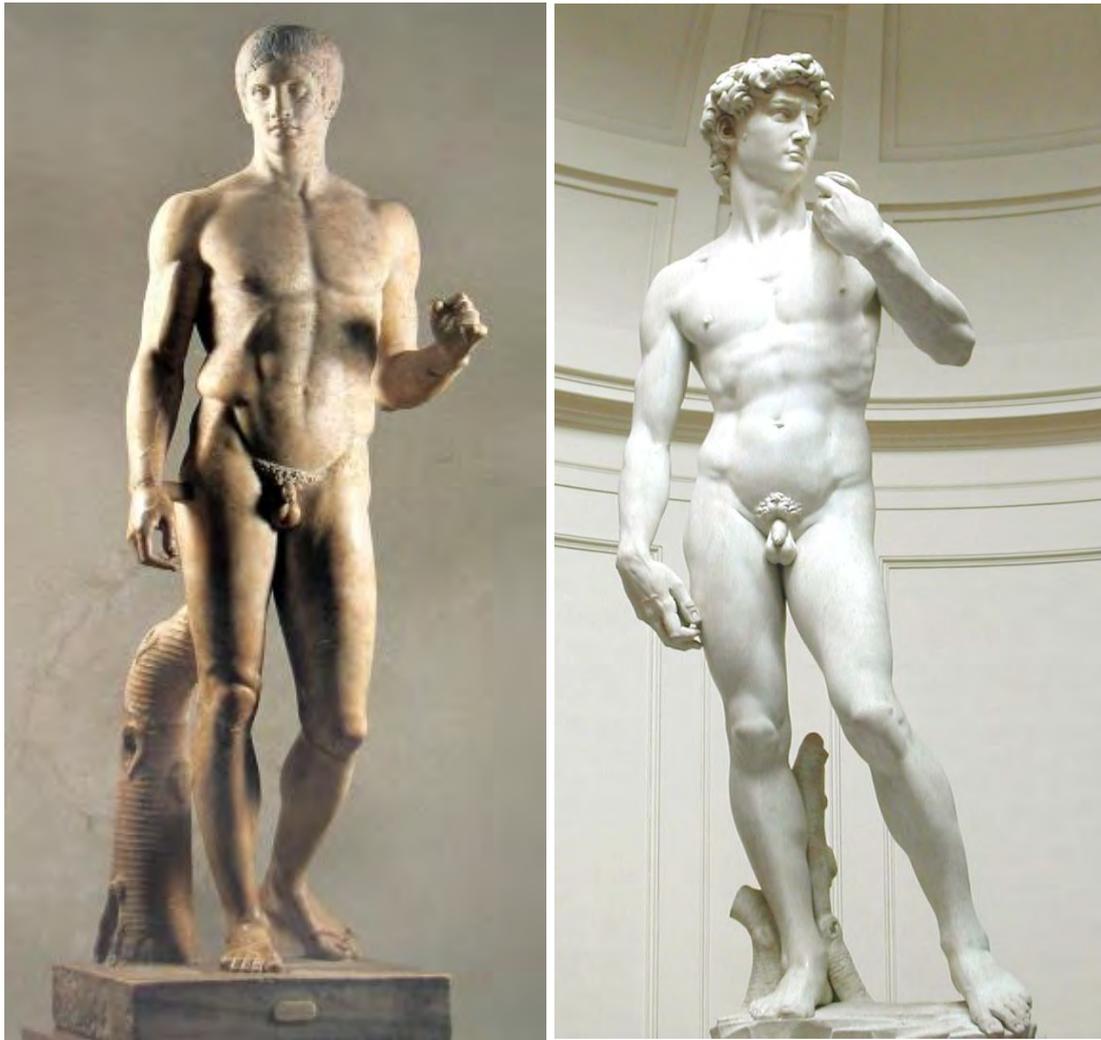


Figure IV.3 : A gauche Le Doryphore de Polyclète vers 440 av. J.-C, à droite, David de Michel-Ange vers 1501-1504.

Exemple de contrapposto (« déhanché », le contrapposto apparaît dans la sculpture grecque à la fin du VI^e siècle av. J.-C. Il marque la transition entre l'art archaïque et le premier classicisme). Esthétique artistique ou économie d'énergie réalisée par le modèle ?

Il serait intéressant d'étudier la consommation énergétique du sujet en position spontanée avec asymétrie d'appui (condition de repos), et en condition de correction d'asymétrie d'appui, puisque l'on a vu que ces sujets pouvaient corriger d'une certaine façon cette asymétrie d'appui, et surtout, lors de l'exercice de limite de stabilité réalisé en condition L, qu'ils sont capables de mettre en charge leur MI plégique. Cela permettrait de mesurer s'il s'agit ou non d'une posture plus économique en terme de consommation énergétique. Ceci pourrait aussi être réalisé chez des sujets sains, étant donné que la posture « déhanchée » entraîne une translation du bassin, et qu'elle est souvent utilisée lors de station debout prolongée (**Figure IV.3**).

Si l'on tire des conclusions à partir du modèle global de prédiction de l'asymétrie d'appui, la prise en charge rééducative devrait surtout être axée sur le renforcement musculaire, associée à un travail de l'équilibre, avec un travail perceptif en feed-back visuel plus réduit.

5 Conclusion

Bien que 60% des sujets hémiparétiques après un AVC présentent une asymétrie d'appui aux dépens du côté parétique en station debout, la connaissance et la compréhension des déterminants de l'asymétrie d'appui sont très parcellaires. Il s'agit pourtant d'un élément péjoratif car fortement associé à des perturbations des capacités de marche. Ce travail de recherche est parti du constat qu'il y avait beaucoup d'études concernant les troubles posturaux du sujet hémiparétique « pousseur/pusher », mais très peu chez le sujet hémiparétique non pousseur.

Notre objectif était d'étudier les déterminants de l'asymétrie d'appui chez le patient hémiparétique suite à un AVC.

Nous avons inclus 20 sujets hémiparétiques et 20 sujets témoins, qui ont bénéficié d'une évaluation de l'asymétrie d'appui sur plateformes de force, d'une évaluation multimodale de la perception de la verticale gravitaire et d'une analyse cinématique tridimensionnelle de la posture.

Nous avons mis en évidence que l'asymétrie d'appui est essentiellement la conséquence d'une translation de bassin, elle-même secondaire à une déficience motrice du membre inférieur controlatéral et à une instabilité posturale, avec la participation minimale d'un trouble perceptif de la verticale visuelle.

Dans la continuité de ce travail, une des perspectives serait d'évaluer la dépense énergétique des sujets ayant une asymétrie d'appui, afin de comprendre s'il s'agit d'une stratégie d'économie d'énergie ou bien s'il s'agit uniquement d'une conséquence du déficit moteur. D'autre part, cela nous permettrait également de mieux comprendre la stratégie adoptée par les 12% des sujets hémiparétiques qui ont un appui plus important du côté parétique. Enfin, il serait pertinent d'évaluer l'effet du renforcement musculaire sur une correction éventuelle de la translation de bassin et de l'asymétrie d'appui. Nous proposons de poursuivre l'utilisation d'une analyse posturale tridimensionnelle associée à l'évaluation stabilométrique pour mieux mesurer les effets des prises en charge thérapeutiques.

6 Bibliographie

1. Nardone A, Godi M, Grasso M, Guglielmetti S, Schieppati M. Stabilometry is a predictor of gait performance in chronic hemiparetic stroke patients. *Gait Posture*. juill 2009;30(1):5-10.
2. Pérennou DA, Mazibrada G, Chauvineau V, Greenwood R, Rothwell J, Gresty MA, et al. Lateropulsion, pushing and verticality perception in hemisphere stroke: a causal relationship? *Brain J Neurol*. sept 2008;131(Pt 9):2401-13.
3. Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS. Recovery of walking function in stroke patients: the Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*. janv 1995;76(1):27-32.
4. Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Vive-Larsen J, Støier M, Olsen TS. Outcome and time course of recovery in stroke. Part I: Outcome. The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*. mai 1995;76(5):399-405.
5. Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Vive-Larsen J, Støier M, Olsen TS. Outcome and time course of recovery in stroke. Part II: Time course of recovery. The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil*. mai 1995;76(5):406-12.
6. Kavanagh S, Knapp M, Patel A. Costs and disability among stroke patients. *J Public Health Med*. déc 1999;21(4):385-94.
7. Paulus WM, Straube A, Brandt T. Visual stabilization of posture. Physiological stimulus characteristics and clinical aspects. *Brain J Neurol*. déc 1984;107 (Pt 4):1143-63.
8. Fitzpatrick R, McCloskey DI. Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. *J Physiol*. 1 juill 1994;478 (Pt 1):173-86.

9. Wang T-Y, Lin S-I. Sensitivity of plantar cutaneous sensation and postural stability. Clin Biomech Bristol Avon. mai 2008;23(4):493-9.
10. Lacour M. Nouveautés 2001, conceptuelles, instrumentales et cliniques. Groupe de Boeck; 2001. 196 p.
11. Pérennou D. [Towards a better understanding and quantitative assessment of pushing, a postural behaviour caused by some strokes]. Ann Réadapt Médecine Phys Rev Sci Société Fr Rééduc Fonct Réadapt Médecine Phys. mai 2005;48(4):198-206.
12. Mansfield A, Danells CJ, Zettel JL, Black SE, McIlroy WE. Determinants and consequences for standing balance of spontaneous weight-bearing on the paretic side among individuals with chronic stroke. Gait Posture. juill 2013;38(3):428-32.
13. Barra J, Oujamaa L, Chauvineau V, Rougier P, Pérennou D. Asymmetric standing posture after stroke is related to a biased egocentric coordinate system. Neurology. 5 mai 2009;72(18):1582-7.
14. Mann CW, Berthelot-Berry NH, Dauterive HJ. The perception of the vertical; visual and non-labyrinthine cues. J Exp Psychol. août 1949;39(4):538-47.
15. Yelnik AP, Lebreton FO, Bonan IV, Colle FMC, Meurin FA, Guichard JP, et al. Perception of verticality after recent cerebral hemispheric stroke. Stroke J Cereb Circ. sept 2002;33(9):2247-53.
16. Marquer A, Barra J, Reymond C, Joassin R, Chauvineau V. Bases neurales de l'effet Aubert et perspectives en rééducation. Ann Phys Rehabil Med. oct 2011;54:e229.
17. Kerkhoff G, Zoelch C. Disorders of visuospatial orientation in the frontal plane in patients with visual neglect following right or left parietal lesions. Exp Brain Res Exp

Hirnforsch Expérimentation Cérébrale. sept 1998;122(1):108-20.

18. Clark B, Graybiel A. Perception of the postural vertical in normals and subjects with labyrinthine defects. J Exp Psychol. mai 1963;65:490-4.

19. Solley CM. Reduction of error with practice in perception of the postural vertical. J Exp Psychol. nov 1956;52(5):329-33.

20. Bauermeister M, Werner H, Wapner S. THE EFFECT OF BODY TILT ON TACTUAL-KINESTHETIC PERCEPTION OF VERTICALITY. Am J Psychol. sept 1964;77:451-6.

21. Brandt T, Dieterich M, Danek A. Vestibular cortex lesions affect the perception of verticality. Ann Neurol. avr 1994;35(4):403-12.

22. Saj A, Honoré J, Davroux J, Coello Y, Rousseaux M. Effect of posture on the perception of verticality in neglect patients. Stroke J Cereb Circ. oct 2005;36(10):2203-5.

23. Saj A, Honoré J, Bernati T, Coello Y, Rousseaux M. Subjective visual vertical in pitch and roll in right hemispheric stroke. Stroke J Cereb Circ. mars 2005;36(3):588-91.

24. Saj A, Honoré J, Bernati T, Rousseaux M. Influence of spatial neglect, hemianopia and hemispace on the subjective vertical. Eur Neurol. 2012;68(4):240-6.

25. Bonan IV, Leman MC, Legargasson JF, Guichard JP, Yelnik AP. Evolution of subjective visual vertical perturbation after stroke. Neurorehabil Neural Repair. déc 2006;20(4):484-91.

26. Bonan IV, Hubeaux K, Gellez-Leman MC, Guichard JP, Vicaut E, Yelnik AP. Influence of subjective visual vertical misperception on balance recovery after stroke. J Neurol Neurosurg Psychiatry. janv 2007;78(1):49-55.

27. Barra J, Benaim C, Chauvineau V, Ohlmann T, Gresty M, Pérennou D. Are

rotations in perceived visual vertical and body axis after stroke caused by the same mechanism? *Stroke J Cereb Circ.* nov 2008;39(11):3099-101.

28. Barra J, Marquer A, Joassin R, Reymond C, Metge L, Chauvineau V, et al. Humans use internal models to construct and update a sense of verticality. *Brain J Neurol.* déc 2010;133(Pt 12):3552-63.

29. Pérennou DA, Amblard B, Leblond C, Pélissier J. Biased postural vertical in humans with hemispheric cerebral lesions. *Neurosci Lett.* 14 août 1998;252(2):75-8.

30. Baier B, Janzen J, Müller-Forell W, Fehrer M, Müller N, Dieterich M. Pusher syndrome: its cortical correlate. *J Neurol.* févr 2012;259(2):277-83.

31. Pérennou DA, Amblard B, Laassel EM, Benaim C, Hérisson C, Pélissier J. Understanding the pusher behavior of some stroke patients with spatial deficits: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil.* avr 2002;83(4):570-5.

32. Barra J, Chauvineau V, Ohlmann T, Gresty M, Pérennou D. Perception of longitudinal body axis in patients with stroke: a pilot study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* janv 2007;78(1):43-8.

33. Karnath H-O, Ferber S, Dichgans J. The origin of contraversive pushing Evidence for a second graviceptive system in humans. *Neurology.* 14 nov 2000;55(9):1298-304.

34. Pedersen PM, Wandel A, Jørgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS. Ipsilateral pushing in stroke: incidence, relation to neuropsychological symptoms, and impact on rehabilitation. The Copenhagen Stroke Study. *Arch Phys Med Rehabil.* janv 1996;77(1):25-8.

35. Stolk-Hornsveld F, Crow JL, Hendriks EP, van der Baan R, Harmeling-van der Wel BC. The Erasmus MC modifications to the (revised) Nottingham Sensory Assessment: a reliable somatosensory assessment measure for patients with intracranial disorders. *Clin Rehabil.* févr 2006;20(2):160-72.
36. Azouvi P, Samuel C, Louis-Dreyfus A, Bernati T, Bartolomeo P, Beis J-M, et al. Sensitivity of clinical and behavioural tests of spatial neglect after right hemisphere stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* août 2002;73(2):160-6.
37. Friedman PJ. Spatial neglect in acute stroke: the line bisection test. *Scand J Rehabil Med.* 1990;22(2):101-6.
38. Gauthier L, Dehaut F, Joanette Y. The Bells Test: A quantitative and qualitative test for visual neglect. *Int J Clin Neuropsychol.* 1989;11(2):49-54.
39. Bergego C, Azouvi P, Samuel C, Marchal F, Louis-Dreyfus A, Jokic C, et al. Validation d'une échelle d'évaluation fonctionnelle de l'héminégligence dans la vie quotidienne: l'échelle CB. *Ann Réadapt Médecine Phys.* 1995;38(4):183-9.
40. Kerkhoff G, Schenk T. Rehabilitation of neglect: an update. *Neuropsychologia.* mai 2012;50(6):1072-9.
41. Fugl-Meyer AR, Jääskö L, Leyman I, Olsson S, Steglind S. The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scand J Rehabil Med.* 1975;7(1):13-31.
42. Benaim C, Pérennou DA, Villy J, Rousseaux M, Pelissier JY. Validation of a standardized assessment of postural control in stroke patients: the Postural Assessment Scale for Stroke Patients (PASS). *Stroke J Cereb Circ.* sept 1999;30(9):1862-8.

43. Mao H-F, Hsueh I-P, Tang P-F, Sheu C-F, Hsieh C-L. Analysis and comparison of the psychometric properties of three balance measures for stroke patients. *Stroke J Cereb Circ.* avr 2002;33(4):1022-7.
44. Hsieh C-L, Sheu C-F, Hsueh I-P, Wang C-H. Trunk control as an early predictor of comprehensive activities of daily living function in stroke patients. *Stroke J Cereb Circ.* nov 2002;33(11):2626-30.
45. Pyöriä O, Talvitie U, Villberg J. The reliability, distribution, and responsiveness of the Postural Control and Balance for Stroke Test. *Arch Phys Med Rehabil.* févr 2005;86(2):296-302.
46. Brun V, Mousbeh Z, Jouet-Pastre B, Benaim C, Kunnert JE, Dhoms G, et al. Évaluation clinique de la marche de l'hémiplégique vasculaire : proposition d'une modification de la functional ambulation classification. *Ann Réadapt Médecine Phys.* janv 2000;43(1):14-20.
47. Keith RA, Granger CV, Hamilton BB, Sherwin FS. The functional independence measure: a new tool for rehabilitation. *Adv Clin Rehabil.* 1987;1:6-18.
48. Granger CV, Hamilton BB. The Uniform Data System for Medical Rehabilitation report of first admissions for 1991. *Am J Phys Med Rehabil Assoc Acad Physiatr.* févr 1993;72(1):33-8.
49. Brosseau L, Potvin L, Philippe P, Boulanger Y-L, Dutil E. The construct validity of the Functional Independence Measure as applied to stroke patients. *Physiother Theory Pract.* 1 janv 1996;12(3):161-71.
50. Oczkowski WJ, Barreca S. The functional independence measure: its use to

identify rehabilitation needs in stroke survivors. Arch Phys Med Rehabil. déc 1993;74(12):1291-4.

51. Bessou P, Dupui P, Montoya R, Pagès B. Simultaneous recording of longitudinal displacements of both feet during human walking. J Physiol (Paris). 1989 1988;83(2):102-10.

52. Carse B, Meadows B, Bowers R, Rowe P. Affordable clinical gait analysis: An assessment of the marker tracking accuracy of a new low-cost optical 3D motion analysis system. Physiotherapy. déc 2013;99(4):347-51.

53. Thewlis D, Bishop C, Daniell N, Paul G. Next generation low-cost motion capture systems can provide comparable spatial accuracy to high-end systems. J Appl Biomech. 2013;29(1):112-7.

54. Gagey PM, Gentaz R, Guillamon JL, Bizzo G, Bodot-Bréaeard C, Debruille C, et al. Normes 85, Etude statistiques des mesures faites sur l'homme normal à l'aide de la plateforme de stabilométrie clinique normalisée. Association Française de Posturologie, Paris; 1985.

55. Au-Yeung SSY. Does weight-shifting exercise improve postural symmetry in sitting in people with hemiplegia? Brain Inj. sept 2003;17(9):789-97.

56. Son SM, Park MK, Lee NK. Influence of Resistance Exercise Training to Strengthen Muscles across Multiple Joints of the Lower Limbs on Dynamic Balance Functions of Stroke Patients. J Phys Ther Sci. août 2014;26(8):1267-9.

57. Lee JS, Lee HG. Effects of sling exercise therapy on trunk muscle activation and balance in chronic hemiplegic patients. J Phys Ther Sci. mai 2014;26(5):655-9.

58. Damiano DL, Abel MF. Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* févr 1998;79(2):119-25.

59. Nadeau S, Gravel D, Arsenault AB, Bourbonnais D, Goyette M. Dynamometric assessment of the plantarflexors in hemiparetic subjects: relations between muscular, gait and clinical parameters. *Scand J Rehabil Med.* sept 1997;29(3):137-46.

7 Annexe

7.1 Annexe I : EmNSA

Erasmus MC Modifications to the (revised) Nottingham Sensory Assessment (EmNSA, Annexe I) V3.

Position :

Le patient est en sous-vêtements en décubitus dorsal.

Passation :

On demande au patient de fermer les yeux ou de mettre un bandeau sur les yeux pendant l'évaluation.

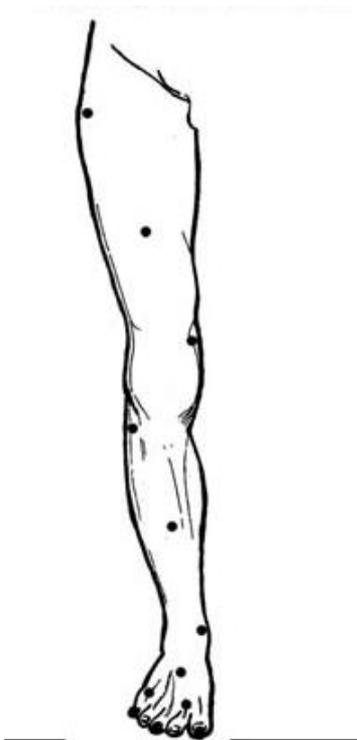
Chaque item doit être expliqué au patient, et si nécessaire montré sur le membre considéré comme sain.

L'évaluation doit débiter en distalité (i.e. orteils).

Dans le cadre d'une évaluation de dépistage, seul le côté atteint est testé. Pour notre évaluation nous avons testé les deux côtés.

Chaque segment est testé en une seule fois au niveau des trois points de contact indiqués sur la cartographie (annexe 1). L'ordre de test des points de contact est aléatoire. Pour chaque item, pas plus de 2 à 5 seconds entre chaque application des 3 stimuli sur le segment.

Un aide-mémoire des points de contact prédéfinis est disponible sur une feuille de cotation.



Sensibilité Superficielle :

- **Toucher léger, pression, piquer**

Pour chaque segment, la peau est stimulée 3 fois sur chaque point de contact, dans un ordre aléatoire. Le patient indique de façon verbale ou non-verbale son ressenti du stimulus.

En cas de négligence, l'attention du patient peut être attirée sur la partie du corps concernée avant le test.

Examinateur : « Dites moi quand je vous touche la peau ? »

Critères de cotation pour le toucher léger, la pression et le piquer.

Cotation	Précisions	
0	Absente	Le patient ne réussit pas à identifier la sensation lors des 3 applications du stimulus.
1	Altérée	Le patient identifie la sensation sur une ou deux applications du stimulus.
2	Normale	Le patient identifie la sensation lors de chacune des 3 applications du stimulus.

Concernant le toucher léger, si un score de 2 est obtenu pour l'ensemble d'un membre, un score de 2 est automatiquement attribué pour les items concernant la pression et le piquer.

Items :

- *Toucher léger* : Toucher légèrement la peau, aux points de contacts prédéfinis, avec du coton.
- *Pression* : Appliquer une pression avec l'index, aux points de contacts prédéfinis, juste suffisante pour déformer la peau.
- *Piquer* : Piquer la peau en utilisant une cure dent, aux points de contacts prédéfinis, avec une intensité juste suffisante pour déformer la peau.

- **Discrimination du piquer / toucher :**

Ne pas tester si un score de 0 ou 1 est obtenu pour la sensibilité légère.

Stimuler la peau 6 fois à chaque endroit, dans un ordre aléatoire ; 3 fois avec un cure-dent et 3 fois avec l'index, aux points de contacts prédéfinis.

Le patient doit décrire verbalement, ou indiquer de façon non-verbale, s'il perçoit un contact avec un objet pointu ou émoussé.

Examinateur : « Dites-moi si vous ressentez une sensation d'un pique ou un touché ? »

Critères de cotation pour le piquer/toucher.

Cotation	Précisions
----------	------------

0	Absente	Le patient est incapable de discriminer les 2 stimuli lors des 6 essais.
1	Altérée	Le patient fait entre 1 et 5 erreurs de discrimination de stimuli.
2	Normale	Le patient discrimine correctement les 2 stimuli lors des 6 essais.

Proprioception :

Les mobilisations passives spécifiques sont évaluées au niveau d'une articulation à la fois.

Les positions de départ, le positionnement spécifique des mains de l'examineur, et les directions des mouvements à tester sont décrites plus bas.

Les articulations proximales (hanche et genou) sont mobilisées dans une amplitude d'environ un quart du volant articulaire libre.

Les articulations distales (cheville et hallux) sont mobilisées dans la totalité de l'amplitude articulaire libre. (Spasticité).

La durée de la mobilisation doit se faire entre 2 et 3 secondes.

Pour montrer la procédure, 3 mouvements d'essais sont permis (le patient ayant les yeux ouverts). Chaque articulation est ensuite mobilisée 3 fois. On demande au patient, avec des questions spécifiques, d'indiquer de façon verbale ou non-verbale la direction du mouvement testé. Si le patient est incapable de déterminer le sens du mouvement, on lui demande alors simplement d'identifier (de façon verbale ou non-verbale) la présence ou non d'un mouvement.

Cotation	Précisions	
0	Absente	Le patient ne perçoit pas de mouvement
1	Altérée	Le patient perçoit le mouvement, mais la perception de sa direction n'est pas correcte lors des 3 essais.
2	Normale	Le patient perçoit correctement la direction du mouvement lors des 3 essais.

Positions de départ, positionnement spécifique des mains de l'examineur, et directions des mouvements :

- 1^{ère} Métatarso phalangienne : flexion-extension de la 1^{ère} MTP

Question au patient :

« Est-ce que votre gros orteil bouge vers le haut ou bouge vers le bas ? »

Position des mains de l'examineur :

-Main distale (qui effectue le mouvement) : pouce en latéral et index en médial sur la phalange distale du gros orteil.

-Main proximale (fixe) : fixe le 1^{er} os métatarsien juste en amont de l'articulation MTP, le pouce en latéral et l'index en médial.

- Cheville : Mouvement de flexion-extension de la cheville

Question au patient :

« Est ce que votre pied bouge vers le haut ou vers le bas ? »

Position des mains de l'examineur :

-Main distale : attrape le pied avec le pouce sur le bord latéral et les doigts sur le bord médial du pied.

-Main proximale : en amont de la cheville, fixe le tibia et la fibula

- Genou : Mouvement de flexion-extension de genou, hanche fléchie à 90°.

Question au patient :

« Est ce que votre genou est en train d'être tendu ou fléchi ? »

Position des mains de l'examineur :

-Main distale : attrape le calcanéum avec le pouce en médial et les doigts en « cupule », l'avant bras maintien le pied.

-Main proximale : maintien le fémur, avec le pouce en latéral et les doigts en médial.

- Hanche : Mouvement de flexion-extension, hanche fléchie à 90°.

Question au patient :

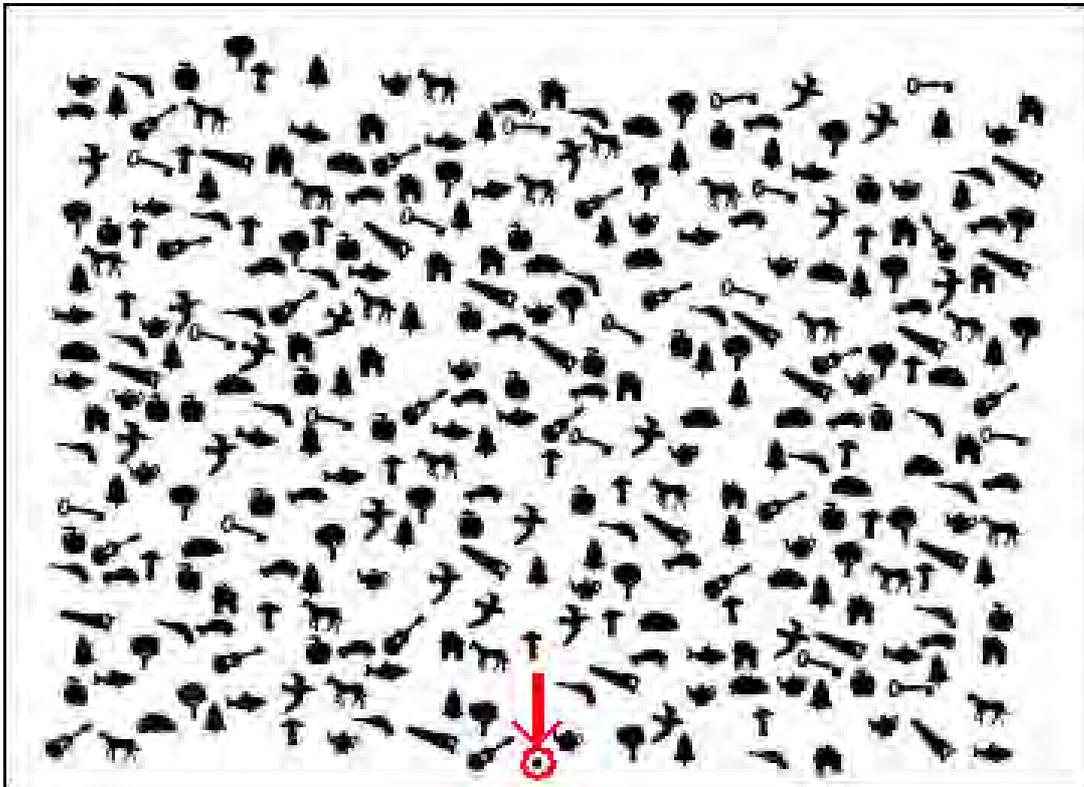
-« Est ce que votre jambe bouge vers vous ou s'éloigne de vous ? »

Position des mains de l'examineur :

-Main distale : attrape le calcanéum avec le pouce en médial et les doigts en « cupule », l'avant bras maintien le pied.

-Main proximale : maintien le fémur, avec le pouce en latéral et les doigts en médial. Maintenir la position du genou, pendant que l'on bouge la hanche.

7.2 Annexe II : Test des cloches



Scores des omissions de l'espace Gauche	/15
Scores des omissions de l'espace Droit	/15
Scores des omissions de l'espace Central	/5
Scores des omissions totales	/35
Score Gauche-Droite	
Colonne de la 1 ^{ère} cloche entourée	
Temps en seconde	

Négligence si différence entre les omissions dans les champs G et D $>$ ou $=$ 3.

7.3 Annexe III : Echelle de Catherine Bergego:

	Thérapeute	Patient	Entourage
Toilette			
Vêtements			
Aliments			
Bouche			
Deviation du regard			
Oubli hémicorps			
Bruits			
Déplacements			
Trajets			
Objets usuels			
TOTAL (/30)			

Score d'anosognosie: difference entre le score du thérapeute et du patient (___/30)-(___/30)=__

7.4 Annexe IV : Scale of contraversive pushing

	Assis	Debout
Posture -Inclinaison sévère et chute en contralésionnel : 1pts -Inclinaison sévère contralésionnelle, sans chute : 0.75pts -Inclinaison légère en contralésionnel : 0.25pts -Sujet droit : 0pts		
Extension de la surface d'appui (usage du MS/MI) -Nécessaire dès le repos : 1pts -Nécessaire si changement de position : 0.5pts -Pas nécessaire : 0pts		
Résistance à la correction passive ramenant vers la verticale -Résistance : 1pts -Pas de résistance : 0pts		
Total	___ / 3	___ / 3

Score SCP, Karnath & Al, 2000 : (traduite)

7.5 Annexe V : Fugl-Meyer

Membre supérieur

A- EPAULE/COUDE/AVANT BRAS

1- Présence des réflexes ostéo-tendineux. 0 = absence ; 2 = présence (pas de 1)

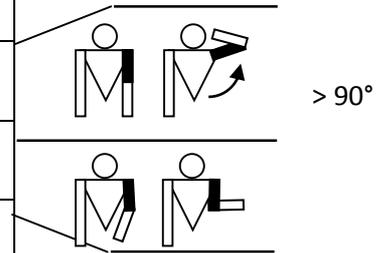
Flexion : bicipital (fléchisseur de l'avant bras) + stylo-radial (fléchisseurs des doigts)	.../2
Extension : tricipital (extenseurs du coude)	.../2

.../4

2- Mouvement volontaire complexe

a- Patient assis, main sur le genou, paume vers le bas. Amener la main au dessus de l'oreille, paume vers le bas (nécessite une supination de l'avant-bras).

Epaule	Rétropulsion	0 = rétropulsion importante 1 = rétropulsion modérée 2 = pas de rétropulsion	.../2
Mouvements compensateurs	Élévation (hausser l'épaule)	0 = élévation importante 1 = élévation modérée 2 = pas d'élévation	.../2
Epaule	Abduction > 90°	0 = non effectuée 1 = amplitude limitée 2 = amplitude maximale	.../2
Mouvements adaptés	Rotation externe	0 = non effectuée 1 = amplitude limitée 2 = amplitude maximale	.../2
Coude	Flexion	0 = non effectuée 1 = amplitude limitée 2 = amplitude maximale	.../2
Avant-bras	Supination : paume vers le bas en fin de mouvement	0 = non effectuée 1 = amplitude limitée 2 = amplitude maximale	.../2



b- A partir de la position d'arrivée précédente, main au dessus de l'oreille, ramener volontairement la main sur le genou du côté sain, main en pronation (paume vers le bas) sans se tourner ou laisser tomber le bras. Si la position de départ ne peut être atteinte, la main peut être amenée passivement au dessus de l'oreille.

Epaule	Adduction/rotation interne	0 = non effectuée 1 = partiellement effectué 2 = complètement effectué	.../2
Coude	Extension		.../2
Avant-bras	Pronation: paume vers le bas en fin de mouvement 		.../2

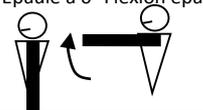
.../18

3- Mouvements volontaires mixtes (fléchisseurs/extenseurs). Patient assis.

a-Main sur le genou. Amener la	0 = non effectué	
--------------------------------	------------------	--

main vers la région lombaire.	1 = la main dépasse l'épine iliaque antéro-sup 2 = complètement effectué	.../2
b-Flexion épaule : de 0° à 90° Avant-bras <i>entre</i> prono- et supination (pouce vers le haut) Coude toujours étendu	0 = non effectué ou, dès le début du mouvement, abduction du bras ou flexion du coude 1 = abduction du bras ou flexion du coude en cours de mouvement 2 = complètement effectué	.../2
c- Prono-supination de l'avant-bras (paume vers le haut puis vers le bas) Coude à 90°, épaule à 0°.	0 = mouvement impossible ou position de départ incorrecte 1 = position de départ correcte et mouvement limité 2 = complètement effectué	.../2

Epaule à 0° Flexion épaule à 90°



.../6

4- Mouvement volontaire focal. Patient assis.

a-Abduction épaule de 0° à 90° coude étendu, avant-bras en pronation (paume vers le bas)	0 = non effectué ou flexion du coude ou perte de la pronation dès le début du mouvement 1 = partiellement effectué ou flexion du coude ou perte de la pronation en cours de mouvement 2 = complètement et correctement effectué	.../2
b-Flexion épaule : 90° à 180° .	Cotation voir 3-b	.../2
c-Prono-supination avant-bras: coude étendu, 30° < flexion épaule < 90° .	Cotation voir 3-c	.../2



.../6

5- Intensité des réflexes : bicipital, stylo-radial, tricipital (*uniquement si 6/6 à item 4.*)

0 = au moins deux réflexes diffusés ou polycinétiques

1 = un réflexe diffusé ou polycinétique OU au moins deux réflexes vifs

2 = pas de réflexe diffusé ou polycinétique ET maximum 1 réflexe vif

.../2

TOTAL PARTIE A_{MSup} = 1+2+3+4+5

A_{MSup} = .../36

B- POIGNET. Patient assis. Avant-bras en pronation. L'avant-bras peut être soutenu.

Coude à 90°	a-Dorsiflexion poignet à 15° : stabilité contre résistance modérée 0 : position impossible ; 1 : tient la position, pas contre résistance	.../ 2
	b-Flexion/Extension poignet : amplitude maximale les doigts sont légèrement fléchis	.../ 2
coude à 0° épaule en flexion et/ou abduction	c-Dorsiflexion poignet à 15° : stabilité contre résistance modérée 0 : position impossible (coude fléchi) ; 1 : tient position, pas contre résistance	.../ 2
	d-Flexion/Extension : amplitude maximale 1 : mouvement d'amplitude insuffisante ou fléchit le coude	.../ 2
Poignet	e-Rotation poing fermé. 1 : amplitude insuffisante, ou avec des ressauts	.../ 2
TOTAL PARTIE B_{MSup}		B_{MSup} = .../10



C- MAIN. Patient assis.

a-Extension de tous les doigts 1 = le patient peut relâcher une flexion volontaire		.../2
b-Flexion de tous les doigts		.../2
c-Griffe : Extension MTCP, flexion IPP-IPD contre forte résistance		.../2
d-Signe de Froment : Adduction du pouce contre forte résistance: feuille papier		.../2

Griffe :

1!

0= ne tient pas ou flexion pouce ou main; 1 = résistance modérée ou flexion pour maintenir contre R; 2= normal	
e-Opposition pouce-index contre forte résistance: stylo maintenu par pulpe des doigts 0 = ne tient pas le stylo ; 1 = contre R modérée ; 2 = force identique au côté sain	.../2
f-Préhension d'un objet cylindrique contre forte résistance avec la paume de la main, pouce touche l'index (cotation cf C-e)	.../2
g-Préhension d'une balle : contre résistance avec la pulpe de tous les doigts (Cotation cf C.e)	.../2
TOTAL PARTIE C_{Msup}	C_{Msup} = .../14

D- COORDINATION-VITESSE :

Epreuve doigt-nez répétée 5 fois, les yeux fermés, le plus rapidement possible. Chronométrer côtés sain et atteint. Comparer.

a-Fluidité	0 = mouvement saccadé, oscillations majeures	.../2
b-Précision	0 = imprécision majeure	.../2
c-Vitesse	0 = différence > 6s; 1 = 2s < différence < 5s ; 2 = diff < 2s	.../2
TOTAL PARTIE D_{Msup}		D_{Msup} = .../6

- **TOTAL EXTREMITÉ SUPERIEURE = A+B+C+D**

M.Sup=.../66

Membre inférieur

A-HANCHE/GENOU/CHEVILLE

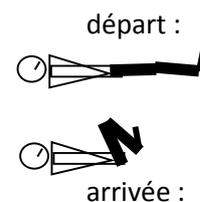
1-Présence des réflexes achilléen et rotulien. Patient en décubitus dorsal.

Flexion : achilléen	0 = absence	.../2	.../4
Extension : rotulien	2 = présence (pas de 1)	.../2	

2- Patient allongé, mouvement volontaire

a-Triple flexion du membre inférieur. Normalement une abduction se produit.

Hanche	Flexion/abduction	0 = non effectuée	.../2
Genou	Flexion	1 = partiellement effectué	.../2
Cheville	Dorsi-flexion	2 = complètement effectué	.../2



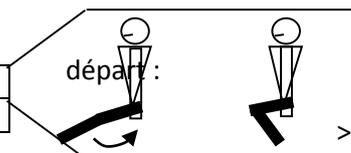
b- Ramener la jambe au repos contre légère résistance, et non grâce à la gravité.

Hanche	Adduction : serrer les jambes en fin de mouvement		.../2
	Extension	0 = non effectuée	.../2
Genou	Extension	1 = partiellement effectué, résistance modérée	.../2
		2 = complètement effectué en amplitude, résistance normale ou subnormale	.../2
Cheville	Flexion Plantaire		.../2

.../14

3- Position assise, mouvement volontaire

a-Départ : genou étendu au mieux	Flexion > 90°	.../2	.../4
b-Position assise de repos : cheville	Dorsi-flexion	.../2	



4- Position debout (aide possible), se tenant droit (hanche à 0°). Mouvement volontaire

a-Genou	Flexion > 90°	.../2
	0 = impossible ou flexion de la hanche nécessaire au début du mouvement 1 = mouvement partiel ou flexion de la hanche en cours de mouvement	
b-Cheville	Dorsi-flexion. 0 : non effectué ; 1 : partiellement ; 2 : normal	.../2

.../4

5- Intensité des réflexes (uniquement si 4/4 à item 4.)**0** = au moins deux réflexes diffusés ou polycinétiques**1** = un réflexe diffusé ou polycinétique OU au moins deux réflexes vifs**2** = pas de réflexe diffusé ou polycinétique ET maximum 1 réflexe vif.

.../2

TOTAL PARTIE A_{MInf} = 1+2+3+4+5**A_{MInf} = .../28****B- COORDINATION-VITESSE**

Patient couché. Epreuve talon-genou répétée 5 fois, le plus rapidement possible, les yeux fermés.
Chronométrer. Comparer au côté sain.

a-Fluidité	0 = mouvement saccadé, oscillations majeures	.../2
b-Précision	0 = imprécision majeure ; 1 = imprécision modérée	.../2
c-Vitesse	0 = différence > 6s; 1 = 2s < différence < 5s ; 2 = différence < 2s	.../2

TOTAL PARTIE B_{MInf}**B_{MInf} = /6****TOTAL EXTREME INFERIEURE = A+B****M.Inf = /34**

7.6 Annexe VI : Echelle PASS

Mobilité

- Couché sur le dos :
 - Se tourne sur le coté hémi /3
 - Se tourne sur le côté sain /3
 - S'assoit sur le plan de Bobath /3
- Assis sur le plan de Bobath :
 - Se couche sur le dos /3
 - Se lève /3
- Debout :
 - S'assoit /3
 - Peut ramasser un objet à terre /3

Total sur 21

Équilibre

- Assis sans support /3
- Debout avec support /3
- Debout sans support /3
- Appui monopodal coté hémi /3
- Appui monopodal côté sain /3

Total sur 15

Total PASS sur 36

Guide de cotation

- Mobilité : 0: ne peut pas ; 1: peut avec aide importante ; 2: aide modérée ; 3: sans aide.
- Équilibre :
 - Assis : 0: impossible ; 1 : nécessite un support modéré ; 2 : tient assis plus de 10 secondes sans support, 3: tient assis plus de 5 minutes sans support.
 - Debout avec support : 0: impossible ; 1: nécessite deux personnes ; 2: aide modérée d'une personne ; 3: ne nécessite que l'aide d'une main.
 - Debout sans support : 0: impossible ; 1: peut rester debout au moins dix secondes sans support (éventuellement de façon très asymétrique) ; 2: peut rester debout au moins 1 minute sans support ; 3: idem 2, peut en plus faire des mouvements amples du(des) membre(s) supérieur(s).
 - Appui monopodal : 0: impossible ; 1: quelques secondes seulement ; 2: plus de cinq secondes ; 3: plus de 10 secondes.

7.7 Annexe VII : FAC modifiée

Classe 0
Ne peut marcher ou a besoin de l'aide de plus d'une personne
Classe 1
Peut marcher avec l'aide permanente d'une personne
Classe 2
Peut marcher avec l'aide intermittente d'une personne
Classe 3
Peut marcher avec l'aide d'un soutien verbal sans contact physique
Classe 4
Peut marcher seul sur surface plane, mais le passage des escaliers est impossible
Classe 5
Peut marcher seul sur surface plane. Le passage des escaliers est possible avec l'aide d'une tierce personne (contact physique ou simple surveillance)
Classe 6
Peut marcher seul sur surface plane. Le passage des escaliers est possible en utilisant une rampe ou canne, sans aide et/ou surveillance de la part d'une tierce personne
Classe 7
Peut marcher seul sur surface plane. Le passage des escaliers est possible seul mais anormalement (plus lent, avec boiterie), sans aide et/ou surveillance de quelqu'un, ni appui externe
Classe 8 (indépendant)
Peut marcher seul en surface plane et franchit seul, les escaliers de façon normale sans se servir de la rampe ou d'une canne avec passage des marches normalement

7.8 Annexe VIII : Mesure d'indépendance fonctionnelle

Cotation de chaque item de 1 à 7 selon un ordre croissant d'autonomie du patient.

- Dépendance complète: 1= aide totale
2= aide maximale (autonomie de 25%)
- Dépendance modifiée: 3= aide moyenne
4= aide minimale
5= surveillance
- Indépendance: 6= indépendance modifiée (appareil, adaptation)
7= indépendance complète (adaptée aux circonstances et sans danger)

Si un élément n'est pas vérifiable, cocher 1.

Soins personnels	
Alimentation	_ / 7
Soins d'apparence	_ / 7
Toilette	_ / 7
Habillage- partie supérieure	_ / 7
Habillage-partie inférieure	_ / 7
Utilisation des toilettes	_ / 7
Vessie	_ / 7
Intestins	_ / 7
Mobilité-transferts	
Lit, chaise, fauteuil roulant	_ / 7
WC	_ / 7
Baignoire, douche	_ / 7
Locomotion	
Marche ou déplacement en fauteuil roulant (préciser « FR » dans ce dernier cas)	_ / 7
Escaliers	_ / 7
Communication	
Compréhension : - auditive - visuelle	_ / 7
Expression : - verbal - non verbal	_ / 7
Conscience du monde extérieur	
Interactions sociales	_ / 7
Résolution des problèmes	_ / 7
Mémoire	_ / 7

7.9 Annexe IX : Résultats Appui et posture condition Posturale

Condition P		Sujets sains N=20	Hémi N=20	HémiS N=9	HémiA S>P N=9	HémiA P>S N=2
AsymPdsDS	YO	Med -0,7 (IQR 5,3) -17,5 à +4,9	+1,9 (8,4)* -14 à +20,5	-0,15 (4,8) \$ -10,7 à +6,2	+8,1 (8,6) \$\$ +0,2 à +20	-12,05 -14 à -10
	YF	Med -1,7(IQR 4,5) -12,2 à -2,2	+3,1 (8,5)* -10,8 à +21,5	+0,7 (8,7)\$ -7,1 à +6,2	+8,1 (10,1) +4 à +21,5	-10,05 -10,8 à -9,3
RTe	YO	-1,4 (3,2) -7,1 à 5,8	-0,02 (5,6) ** -13,5 à 9,5	0,5 (5,7) -11,3 à 9,5	-0,9 (5,6) *** -13,5 à 7,3	5,75 5,4 à 6,1
	YF	-2,1 (3) -5,7 à 4,8	0,2 (6,3) -19,3 à 9,6	-0,4 (7,7) -6,4 à 9,6	-0,3 (7,2) -19,3 à 8,5	4,1 2,1 à 6,1
ITe	YO	-1,3 (2,8) -5 à 5	-0,1 (3,8) § -10,6 à 8,4	0,1 (6,4) -10,6 à 8,4	-0,3 (3,3) -2,7 à 3,6	1,4 0,5 à 2,4
	YF	-0,2 (1,6) -4,3 à 4,3	-0,2 (3,3) § -10 à 8	-0,3 (5,1) -10 à 8	0,1 (1,6) -2 à 3,3	0,25 -0,6 à 1,1
RTr	YO	-0,5 (3,3) -3,9 à 7,2	-1,4 (5,4) -18 à 7	1,3(6) -6,1 à 7	-3,4 (5,6) -18 à 4,4	1,15 1 à 1,3
	YF	-0,5 (3,4) -5,5 à 9,1	-1,8 (6,3) -2,2 à 5,5	1,1(5,6) -6,7 à 5,5	-4,3 (10,1) -22 à 4,2	0,5 -0,5 à 1,5
ITr	YO	0,3 (2,2) -3,9 à 4,3	0,07 (2,1) -3,7 à 3,1	-0,6 (4,7) -3,4 à 3,1	0,6 (2,5) -3,7 à 3	-0,75 -1,2 à -0,3
	YF	-0,4 (2,1) -3,5 à 4	0,2 (2,2) -3,7 à 4,3	0,5 (3,6) -3 à 4,3	1,6 (4,8) -3,7 à 2,8	-1,1 -1,5 à -0,7
TB	YO	-0,2 (0,8) -2,6 à 1,3	-0,3 (1,5) §§ -2 à 3,3	-0,3 (1,8) -1,4 à 1,2	1,3 (2,3) -0,9 à 3,3	-1,75 -2 à -1,5
	YF	Med-0,5 (IQR 0,8) -29,2 à 1	0,5 (1,6) §§ -2,1 à 3,2	0 (1,6) -2,1 à 1,4	2,3 (2,7) -0,6 à 3,2	
RB	YO	-0,5 (2,3) -0,4 à 5,7	0,2 (5,4) -11,9 à 8,6	2,5 (5,8) -11,9 à 7,6	-1,15 (10,6) -9,9 à 8,6	0,95 -1,7 à 3,6
	YF	-0,06 (2,7) -4,3 à 5,7	-0,3 (6,4) -14,2 à 8,7	2,8 (6,4) -10,6 à 7,7	-2 (16,7) -14,2 à 8,7	0,1 1,8 à 2
IB	YO	-0,6 (1,7) -4,5 à 1,9	-0,05 (2,3) -4,1 à 3,3	-0,8 (4,4) -4,1 à 2,7	1,2 (3,2) -2,8 à 3,3	-0,85 -2,4 à 0,7
	YF	-0,6 (1,6) -4 à 1,9	-0,2 (2,2) -4,1 à 2,8	-0,7 (4,4) -4,1 à 2,1	1 (5,1) -2,5 à 2,8	-0,5 -1,9 à 0,9

Annexe IX : Asymétrie d'appui et paramètres posturaux en condition Posturale.

7.10 Annexe X : procédure d'acquisition

EVALUATION DE LA POSTURE ET DES VERTICALES

- **Verticale Subjective Visuelle**

Patient assis, dans une pièce sombre (éteindre les écrans d'ordinateur), réalisation de 10 essais, en alternant départ à +30° (incliné à D) et départ à -30° (incliné à G). L'opérateur bouge la verticale jusqu'à ce que le patient la perçoive comme étant la verticale gravitaire.

INSCRIRE LES RESULTATS COMME AFFICHES PAR LA VSV FRAMIRAL.

VSV	Inclinaison laser (°)	Remarques
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

- Moyenne : ___
- Ecart type : ___

Remarques sur examen :

- **Verticale Posturale Spontanée (VPS)**

=mesure de la position spontanée du tronc par rapport à la verticale gravitaire et mesure de l'asymétrie d'appui au cours d'une acquisition de 30 sec.

Patient debout, sur la plateforme stabilométrique, bras coisés pour ne pas masquer les marqueurs. **Pas** de projection de la verticale !

Demander au patient où se situe son « Droit Devant », placer un marqueur à ce niveau-là.

Consigne : « **Fixer le point, sans bouger les bras ni parler.** »

Mesure à trois reprises les yeux ouverts et à trois reprises les yeux fermés, en alternant YO et YF.

Pour le Sujet SXX

Différents temps d'évaluation	Label Stabilo Cliquer sur :	Remarque Stabilo	Label Optitrack	Remarque Optitrack
Verticale Posturale Spontanée				
YO 1	YO & S		SXX_S_YO1	
YF 1	YF & S		SXX_S_YF1	
YO 2	YO & S		SXX_S_YO2	
YF 2	YF & S		SXX_S_YF2	
YO 3	YO & S		SXX_S_YO3	
YF 3	YF & S		SXX_S_YF3	

Résultats :

Résultat positif pour la posture comme pour l'appui en cas d'inclinaison ou d'appui côté sain (ipsilatéral) et négatif en cas d'inclinaison ou appui côté lésé (controlatéral).

- Inclinaison du tronc :
 - Moyenne :
 - Ecart type :
- Répartition d'appui :
 - Moyenne :
 - Ecart type :

Remarques sur examen :

Remarques sur la labellisation des marqueurs :

• Verticale Subjective Posturale (VSP)

A partir de maintenant, supprimer le droit devant.

- Mesure de la Verticale Subjective Posturale et de l'appui **yeux fermés** :

Patient debout, dans une pièce sombre (lumière éteinte, pas de verticale projetée au mur) mesure de la position du tronc par rapport à la verticale gravitaire et mesure de l'asymétrie d'appui **après consigne**

Donner la consigne au patient :

« Fermez les yeux et tenez vous le plus droit possible, dites moi quand vous êtes prêt. »

Lorsque le patient est prêt, lancer une acquisition de 3 ou 4 minutes, au bout de 5 secondes dites au patient de se relâcher (faire une ou deux translations d'appui, ouvrir les yeux...) 10 secondes maximum, et réitérer la consigne, lorsque le patient est prêt noter le temps dans le tableau.

Réaliser cela pour un total de 10 consignes/mesures.

- Mesure de la Verticale Subjective Posturale et de l'appui **yeux ouverts** :

Patient debout, dans une pièce sombre (lumière éteinte), **projeter la verticale gravitaire au mur.**, prévenir le patient que l'on projette la verticale gravitaire, mesure de la position du tronc par rapport à la verticale gravitaire et mesure de l'asymétrie d'appui **après consigne**

Donner la consigne au patient :

« **Les yeux ouverts, tenez vous le plus droit possible, dites moi quand vous êtes prêt.**»

Lorsque le patient est prêt, lancer une acquisition de 3 ou 4 minutes, au bout de 5 secondes dites au patient de se relâcher (faire une ou deux translations d'appui) pendant une durée de 5 à 10 secondes maximum, et réitérer la consigne, lorsque le patient est prêt noter le temps dans le tableau.

Réaliser cela pour un total de 10 consignes/mesures.

Pour un sujet SXX

Yeux fermés	Label Stabilo	Label Optitrack	Mesures	Temps correspondant (sec)	Remarque Stabilo	Remarque Optitrack
Durée acquisition : 3 ou 4 min.	YF & P	SXX_P_YF	1	0		
			2			
			3			
			4			
			5			
			6			
			7			
			8			
			9			
			10			
			Fin			

Yeux ouverts	Label Stabilo	Label Optitrack	Mesures	Temps correspondant (sec)	Remarque Stabilo	Remarque Optitrack
Durée acquisition : 3 ou 4 min.	YO & P	SXX_P_YO	1	0		
			2			
			3			
			4			
			5			
			6			
			7			
			8			
			9			
			10			
			Fin			

Résultats :

Résultat positif pour la posture comme pour l'appui en cas d'inclinaison ou d'appui côté sain (ipsilatéral) et négatif en cas d'inclinaison ou appui côté lésé (controlatéral).

Chez le sujet contrôle, résultat positif si inclinaison ou appui du côté droit et négatif si inclinaison ou appui du côté lésé.

- Inclinaison du tronc :

- Moyenne :
- Ecart type :
- Répartition d'appui :
 - Moyenne :
 - Ecart type :

Remarques sur l'examen :

Remarques sur la labellisation des marqueurs :

- **Limite de stabilité**

Sur une acquisition de 51.2 secondes, patient debout, yeux ouverts, bras croisés, lui demander de faire des translations d'appui (D/G ; Avt/Arr), sans décoller les pieds.

Pour un sujet SXX :

-Stabilo : YO & L

-Optitrack : SXX_L

Remarques sur l'examen :

Remarques sur la labellisation des marqueurs :

- **Axe du tronc (Longitudinal Body Axis LBA)**

Patient debout, les yeux ouverts, bras coisés, mesure de l'inclinaison du tronc par rapport à la verticale gravitaire, de l'asymétrie d'appui et de l'inclinaison du laser **après consigne** :

Donnez au patient la consigne :

« **Alignez cet axe lumineux avec l'axe de votre tronc, dites moi quand vous êtes prêt.** »

Lorsque le patient est prêt, lancer une acquisition de 3 (ou plus) minutes, au bout de 5 secondes dites au patient de se relâcher (fermer les yeux, translation droite-gauche...), pendant une durée de 5 à 10 secondes maximum, pendant ce temps changer l'orientation de l'axe lumineux et réitérer la consigne, lorsque le patient est prêt noter le temps, et l'inclinaison du laser dans le tableau.

Réaliser cela pour un total de 10 consignes/mesures.

INSCRIRE LES RESULTATS COMME AFFICHES PAR LA VSV FRAMIRAL

Pour un sujet SXX

Yeux ouverts	Label Stabilo	Label Optitrack	Mesures	Temps correspondant (sec)	Inclinaison laser (°)	Remarque Stabilo	Remarque Optitrack	Remarque laser
Durée acquisition : 3 min ou plus.	YO & T	SXX_T	1	0				
			2					
			3					
			4					
			5					
			6					
			7					
			8					
			9					

			10					
			Fin					

Résultats :

Résultat positif pour la posture comme pour l'appui en cas d'inclinaison ou d'appui côté sain (ipsilatéral) et négatif en cas d'inclinaison ou appui côté lésé (controlatéral).

Soit, si lésion D : G-/D+, si lésion G : G+/D-.

- Inclinaison du tronc :
 - Moyenne :
 - Ecart type :
- Inclinaison de l'axe :
 - Moyenne :
 - Ecart type :
- Répartition d'appui :
 - Moyenne :
 - Ecart type :

Remarques sur examen :

Remarques sur la labellisation :

7.11 Annexe XI Modèles de régressions linéaires multiples

Modèle	Coefficients non standardisés			Coefficients standardisés		t	Sig.	Intervalle de confiance à 95,0% pour B		Corrélations			Statistiques de colinéarité		
	B	Ecart standard	Bêta	Borne inférieure	Borne supérieure			Corrélation simple	Partielle	Partielle	Corrélation simple	Partielle	Tolérance	VIF	
1	(Constante)	-,069	,726	-,095	,925	-		-1,543	1,406						
	TB_mean_YO_moy_S	6,082	,672	1,046	,000	9,053	,000	4,717	7,448	,851	,841	,744	,507	1,972	
	RTr_mean_YO_moy_S	,275	,185	,207	,147	1,483	,147	-,102	,652	-,438	,246	,122	,346	2,887	
	RB_mean_YO_moy_S	,215	,190	,147	,266	1,132	,266	-,171	,602	-,394	,191	,093	,403	2,481	
	RTe_mean_YO_moy_S	-,141	,186	-,079	,453	-7,759	,453	-,520	-,237	-,387	-,129	-,062	,625	1,600	
2	(Constante)	,131	,672	,195	,847	-		-1,234	1,496						
	TB_mean_YO_moy_S	6,120	,666	1,052	,000	9,190	,000	4,768	7,472	,851	,841	,751	,510	1,962	
	RTr_mean_YO_moy_S	,239	,178	,180	,189	1,340	,189	-,123	,600	-,438	,221	,110	,371	2,694	
	RB_mean_YO_moy_S	,187	,186	,127	,320	1,009	,320	-,189	,564	-,394	,168	,082	,419	2,387	
3	(Constante)	,088	,671	,131	,896	-		-1,273	1,449						
	TB_mean_YO_moy_S	5,957	,646	1,024	,000	9,219	,000	4,647	7,268	,851	,838	,754	,542	1,846	
	RTr_mean_YO_moy_S	,339	,147	,256	,027	2,303	,027	,040	,638	-,438	,358	,188	,542	1,846	

Tableau XI.1 : ci-dessus Modèle de prédiction de la translation de bassin les YO en condition spontanée.

Tableau XI.2 : ci-dessous Modèle de prédiction de la translation de bassin les YF en condition spontanée

Modèle	Coefficients non standardisés			Coefficients standardisés		t	Sig.	Intervalle de confiance à 95,0% pour B		Corrélations			Statistiques de colinéarité		
	B	Ecart standard	Bêta	Borne inférieure	Borne supérieure			Corrélation simple	Partielle	Partielle	Corrélation simple	Partielle	Tolérance	VIF	
1	(Constante)	-,337	,664	-,507	,615	-		-1,886	1,013						
	TB_mean_YF_moy_S	6,634	,593	1,088	,000	11,187	,000	5,429	7,839	,860	,887	,821	,569	1,758	
	RTr_mean_YF_moy_S	,443	,191	,330	,027	2,315	,027	,054	,832	-,368	,369	,170	,265	3,776	
	RTe_mean_YF_moy_S	-,209	,150	-,133	,174	-1,388	,174	-,515	,097	-,301	-,232	-,102	,585	1,711	
	RB_mean_YF_moy_S	,169	,175	,118	,340	,968	,340	-,186	,525	-,316	,164	,071	,360	2,779	
2	(Constante)	-,316	,663	-,477	,637	-		-1,662	1,030						
	TB_mean_YF_moy_S	6,562	,588	1,076	,000	11,163	,000	5,369	7,756	,860	,884	,818	,578	1,731	
	RTr_mean_YF_moy_S	,553	,154	,412	,001	3,589	,001	,240	,865	-,368	,519	,263	,408	2,450	
	RTe_mean_YF_moy_S	-,197	,150	-,126	,197	-1,316	,197	-,501	,107	-,301	-,217	-,096	,588	1,700	
3	(Constante)	-,051	,638	-,080	,937	-		-1,345	1,243						
	TB_mean_YF_moy_S	6,551	,594	1,075	,000	11,034	,000	5,347	7,755	,860	,879	,817	,578	1,731	
	RTr_mean_YF_moy_S	,443	,131	,330	,002	3,388	,002	,178	,708	-,368	,492	,251	,578	1,731	

Modèle	Coefficients non standardisés		Coefficients standardisés	t	Sig.	Intervalle de confiance à 95,0% pour B		Corrélations			Statistiques de colinéarité		
	B	Ecart standard				Borne inférieure	Borne supérieure	Corrélation simple	Partielle	Partielle	Tolérance	VIF	
													Bêta
1													
	(Constante)	33,818	23,408	1,445	,172	-16,753	84,389						
	FM_MI	-,317	,271	-1,168	,264	-,903	,269	-,641	-,308	-,108	,240	4,174	
	Score_PASS	-,429	,799	-,537	,600	-2,155	1,297	-,519	-,147	-,049	,412	2,425	
	VifinsXY_YF_moy_S	-,524	,169	-3,105	,008	-,889	-,160	,564	-,653	-,286	,319	3,136	
	VSV_mean	5,292	1,592	3,324	,005	1,853	8,731	,625	,678	,306	,526	1,901	
	RTr_mean_YO_moy_S	,154	,176	,876	,397	-,226	,533	-,463	,236	,081	,407	2,458	
	TB_mean_YO_moy_S	5,376	1,243	4,326	,001	2,691	8,061	,836	,768	,399	,178	5,603	
2													
	(Constante)	21,776	6,518	3,341	,005	7,795	35,756						
	FM_MI	-,416	,195	-2,133	,051	-,834	,002	-,641	-,495	-,191	,441	2,267	
	VifinsXY_YF_moy_S	-,521	,164	-3,168	,007	-,873	-,168	,564	-,646	-,284	,319	3,131	
	VSV_mean	5,462	1,520	3,595	,003	2,203	8,722	,625	,693	,323	,548	1,825	
	RTr_mean_YO_moy_S	,156	,171	,923	,372	-,209	,524	-,463	,240	,083	,408	2,453	
	TB_mean_YO_moy_S	5,273	1,196	4,408	,001	2,707	7,838	,836	,762	,386	,183	5,469	
3													
	(Constante)	21,988	6,482	3,394	,004	8,183	35,814						
	FM_MI	-,408	,194	-2,105	,053	-,821	,005	-,641	-,477	-,188	,442	2,262	
	VifinsXY_YF_moy_S	-,531	,163	-3,256	,005	-,879	-,184	,564	-,643	-,291	,321	3,116	
	VSV_mean	5,983	1,404	4,261	,001	2,990	8,976	,625	,740	,381	,636	1,574	
	TB_mean_YO_moy_S	4,702	1,019	4,613	,000	2,530	6,875	,836	,766	,412	,249	4,010	

Tableau XI.3 : Modèle global de prédiction de l'asymétrie d'appui.

ETUDE DU LIEN ENTRE ASYMETRIE D'APPUI ET ASYMETRIE DE POSTURE CHEZ LE PATIENT HEMIPLEGIQUE

RESUME EN FRANÇAIS :

L'asymétrie d'appui après un accident vasculaire cérébral concerne 60% des sujets. Elle est associée à un mauvais pronostic fonctionnel en terme de marche et d'équilibre. Notre travail a consisté à étudier les déterminants de l'asymétrie d'appui chez 20 sujets hémiplegiques après un AVC dans le territoire sylvien et chez 20 sujets sains. A la suite d'une évaluation clinique incluant l'évaluation de la verticale subjective visuelle, nous avons mesuré conjointement l'asymétrie d'appui sur plateforme de force et l'asymétrie de posture par analyse tridimensionnelle à l'aide d'un système optocinétique 3D. Nous avons évalué la perception de la verticale subjective posturale, et la perception de l'axe du tronc chez chaque sujet en position debout.

Nous avons mis en évidence que l'asymétrie d'appui est essentiellement la conséquence d'une translation de bassin, elle-même secondaire à une déficience motrice du membre inférieur controlatéral et à une instabilité posturale, avec la participation minimale d'un trouble perceptif de la verticale visuelle.

Il serait pertinent d'évaluer l'effet du renforcement musculaire sur une correction éventuelle de la translation de bassin et de l'asymétrie d'appui. L'utilisation d'une évaluation posturale tridimensionnelle synchronisée à une évaluation stabilométrique doit être poursuivie pour mieux mesurer et comprendre les effets des prises en charge thérapeutiques.

TITRE EN ANGLAIS : Study of the relations between weight bearing asymmetry and asymmetric standing posture after stroke.

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Médecine spécialisée clinique

MOTS-CLÉS : asymétrie d'appui, posture, cinématique, hémiplegie, verticale subjective

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE :

Université Toulouse III-Paul Sabatier
Faculté de médecine Toulouse-Purpan,
37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

Directeur de thèse : David GASQ