

UNIVERSITE DE STRASBOURG
FACULTE DE MEDECINE, MAIEUTIQUE ET SCIENCES DE LA
SANTÉ

ANNEE : 2021

N° : 231

THESE
PRESENTEE POUR LE DIPLOME D'ETAT
DE DOCTEUR EN MEDECINE

Diplôme d'Etat
Mention Médecine Physique et Réadaptation

PAR
KLOCKENBRING François Iannis
Né à Schiltigheim le 23/02/1994

**Impact fonctionnel des troubles sensitifs au membre inférieur après un
AVC. Proposition d'un protocole de prise en charge en phase subaiguë
basé sur la thérapie miroir.**

Président de thèse : Professeur Marie-Eve ISNER-HOROBETI (PU-PH)

Directeurs de thèse : Docteur Charles PRADEAU (PH) et Docteur
Alexandre NEIS



Faculté de médecine
Médecine et Sciences de l'Homme
Université de Strasbourg

FACULTÉ DE MÉDECINE
(U.F.R. des Sciences Médicales)

- Président de l'Université : M. DENCKER Michel
- Doyen de la Faculté : M. BIELLA Jean
- Assesseur du Doyen (11.01.10 et 08.02.11) : M. GORCHOT Bernard
- Doyens honoraires : (1978-1983) M. DORNER Marc
- (1983-1988) M. MANTZ Jean-Marie
- (1988-1994) M. VINCENSON Guy
- (1994-2001) M. GERLINGER Pierre
- (2001-2011) M. LUCES Bernard
- Chargé de mission auprès du Doyen : M. VCCANTE Gilbert
- Responsable Administratif : M. BITSCH Sébastien

Edition OCTOBRE 2020
Année universitaire 2020-2021

**HOPITAUX UNIVERSITAIRES
DE STRASBOURG (HUS)**
Directeur général :
M. GALY Michaël



A1 - PROFESSEUR TITULAIRE DU COLLEGE DE FRANCE

MANGEL Jean-Claude Chaire "Génétique tumorale" (à compter du 01.11.2003)

A2 - MEMBRE SENIOR A L'INSTITUT UNIVERSITAIRE DE FRANCE (I.U.F.)

BARNABÉ Sébastien Immunologie biologique (01.10.2013 au 31.06.2018)
DOLLFUS Hélène Génétique clinique (01.12.2014 au 31.09.2018)

A3 - PROFESSEUR(E)S DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS (PU-PH)

NOM et Prénoms	CRP	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
ADAM Philippe R020	NRPS CS	- Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Hospitalisation des Urgences de Traumatologie / HP	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
ARLADOS Chéri R018	NRPS CS	- Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / HP	54.03 Gynécologie-Obstétrique, gynécologie médicale Option : Gynécologie-Obstétrique
ANDRE Emmanuel R022	RPE CS	- Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques / HC	63.01 Option : médecine interne
ARHEM Mathias R023	NRPS NCE	- Pôle Tête et Cou-CETO - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
ARNAUD Laurent R038	NRPS NCE	- Pôle MIRNED - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	60.01 Rhumatologie
SACHELLIER Philippe R004	RPE CE	- Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Sars de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation / HP	63.02 Chirurgie générale
BARHAM Swenka R006	NRPS CS	- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil - Institut d'Hématologie et d'Immunologie / Hôpital Civil / Faculté	47.03 Immunologie (option biologique)
BAUDAUF Jean-Jacques R008	NRPS NCE	- Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 Gynécologie-Obstétrique, gynécologie médicale Option : Gynécologie-Obstétrique
BAUMEIT Thomas R007	NRPS CS	- Pôle Hépatogastro-Intestinal de l'Hôpital Civil - Institut de Recherche sur les Maladies virales et hépatiques / Faculté	62.01 Gastro-entérologie / hépatologie Option : hépatologie
Mme BEAUFAILLER Michèle M007 / PD01	NRPS NCE	- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire (option biologique)
BEAUCOUR Nelly R000	NRPS CS	- Pôle d'Imagerie - CME / Activités transversales - Unité de Neurobiologie interventionnelle / Hôpital de Hautepierre	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
BECCHEM Françoise R025	NRPS NCE	- Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital de Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
BERRA Fabrice R010	NRPS CS	- Pôle de Psychiatrie, Santé mentale et Addictologie - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	43.03 Psychiatrie d'adultes / Addictologie Option : Psychiatrie d'Adultes
BEITSCHY Gilles R023	RPE CS	- Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie II / Hôpital CMI	43.03 Psychiatrie d'adultes
BERRY Oufachne R019	NRPS NCE	- Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie II - Neurobiologie-Imagerie cardiovasculaire-Pédiatrie / Hôpital de Hautepierre	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
BILBAULT Pascal R024	RPE CS	- Pôle d'Urgences / Réanimations médicales / CAF - Service des Urgences médico-chirurgicales Adultes / Hôpital de Hautepierre	48.02 Réanimation, Médecine d'urgence Option : médecine d'urgence
BLANC Frédéric R021	NRPS NCE	- Pôle de Gériatrie - Service Evaluation - Gériatrie - Hôpital de la Robertsau	62.01 Médecine interne, addictologie Option : gériatrie et biologie du vieillissement
BOON Frédéric R012	NRPS NCE	- Pôle de Chirurgie Maxillo-faciale, orthognathique et Dermatologie - Service de Chirurgie Plastique et maxillo-faciale / Hôpital Civil	60.04 Chirurgie Plastique, Reconstructrice et Esthétique / Rhinologie
BONDEMARIE Laurent M005 / PD01	NRPS NCE	- Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie 1 - Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
BONNOMET François R017	NRPS CS	- Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du Membre inférieur / HP	60.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
SOURCER Tizian R018	NRPS NCE	- Pôle de Spécialités médicales-Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	66.02 Ophtalmologie
BOURDIN Patrick R022	NRPS CS	- Pôle Tête et Cou - CETO - Service de Neurologie - Unité du Sommeil / Hôpital Civil	49.01 Neurologie
Mme BRIGAND Cécile R022	NRPS NCE	- Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	63.02 Chirurgie générale

NHC = Nouvel Hôpital Civil HC = Hôpital CMI HP = Hôpital de Hautepierre PTM = Plateau technique de microbiologie

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
BRUANT-ROCHER Catherine R022	NRPS CS	- Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie Plastique et Méso-Boire / HP	50.04 Option : chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique
Mme CAILLARD-CHELMANN Suzanne R017	NRPS MCS	- Pôle de Spécialités médicales-Ophthalmologie / BMO - Service de Néphrologie-Transplantation / NHC	52.05 Néphrologie
CASTELAIN Vincent R027	NRPS MCS	- Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antipain - Service de Réanimation médicale / Hôpital Hautepierre	49.02 Réanimation
CHAFFO Naji R028	NRPS CS	- Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
CHARLES Yann-Philippe M013 / R012	NRPS MCS	- Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rectum / Chirurgie S / HC	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme CHARLOUX Anne R025	NRPS MCS	- Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
Mme CHARPIOT Anne R026	NRPS MCS	- Pôle Tête et Cou - CETO - Serv. d'Ob-Orlo-aryngologie et de Chirurgie cranio-faciale / HP	55.01 Ob-Orlo-aryngologie
Mme CHENARD-NEU Milla-Pierre R034	NRPS CS	- Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.08 Anatomie et cytologie pathologiques (option biologique)
CLAVERT Philippe R044	NRPS CS	- Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du Membre supérieur / HP	42.01 Anatomie (option clinique, orthopédie traumatologique)
COLLANCE Olivier R018	NRPS MCS	- Pôle d'Anesthésie / Réanimation chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale / NHC	49.01 Anesthésiologie-Réanimation ; Médecine d'urgence (option Anesthésiologie-Réanimation - Type clinique)
CRIBIER Bernard R016	NRPS CS	- Pôle d'Urologie, Néphrologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.08 Dermato-Vénérologie
de BLAY de GAX Frédéric R040	RPS CS	- Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie
de BEZE Jérôme R027	NRPS CS	- Pôle Tête et Cou - CETO - Centre d'Investigation Clinique (CIC) - ACR / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
DEBRY Christian R049	RPS CS	- Pôle Tête et Cou - CETO - Serv. d'Ob-Orlo-aryngologie et de Chirurgie cranio-faciale / HP	55.01 Ob-Orlo-aryngologie
DEHUELLE Philippe R018	RPS MCS	- Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.08 Gynécologie-Obstétrique ; gynécologie médicale (option gynécologie-obstétrique)
DEMLINCH Pierre R001	NRPS MCS	- Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Hautepierre	49.01 Anesthésiologie-réanimation (option clinique)
Mme DOLLFUS-WALTMANN Hélène R036	NRPS CS	- Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale / Hôpital de Hautepierre	42.04 Génétique (type clinique)
DUJINGER Mathieu R018	NRPS MCS	- Pôle de l'Appareil Locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du membre inférieur / Hautepierre	50.02 Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
Mme ENTZ-WERLE Noémie R038	NRPS MCS	- Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie II / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
Mme FROCA Sylvie R012	NRPS CS	- Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie de la Main - SCB Main / Hôpital de Hautepierre	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme FRIFFOREMER Samia R060	NRPS CS	- Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut de Veille et PTM HES et Faculté)	45.01 Bactériologie-Mycologie ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-Mycologie biologique
FAYOT François R018	NRPS MCS	- Pôle de Pathologie digestives, hépatiques et de la transplantation - Serv. de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation / HP	53.02 Chirurgie générale
SAIGOT Pierre-Emmanuel R012	NRPS MCS	- Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
FORRECKER Luc-Matthieu R038	NRPS MCS	- Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'Hématologie / CANC	47.01 Hématologie ; Transfusions Option : Hématologie
GALLIN Benoit R014	MCS	- ICH - Institut Hospitalo-Universitaire - Hôpital Civil	43.02 Radiologie et imagerie médicale
GARGI Minn R042	RPS CS	- Pôle d'imagerie - Service d'Imagerie A Interventionnelle / Nouvel Hôpital Civil	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
GAUCHER David R040	NRPS MCS	- Pôle des Spécialités Médicales - Ophthalmologie / BMO - Service d'Ophthalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
GENY Bernard R034	NRPS CS	- Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles (NHC)	44.02 Physiologie (option biologique)
GEORG Yverec R025	NRPS MCS	- Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire / Option : chirurgie vasculaire
GUQUEL Philippe R038	NRPS CS	- Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
GUICHOT Bernard R048	NRPS CS	- Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRVED) - Service de Médecine Interne et de nutrition / HP	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme GONZALEZ Marie R037	NRPS CS	- Pôle de Santé publique et santé au travail - Service de Pathologie Professionnelle et Médecine du Travail / HC	49.02 Médecine et santé au travail Travail
GOTTSCHEW Jacques-Eric R048	NRPS CS	- Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRVED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Hautepierre	50.01 Rhumatologie

NOM et Prénoms	DS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
HANNEDOUCHE Thierry N021	NRPS CS	+ Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine - Dialyse / Nouvel Hôpital Civil	52.03 Néphrologie
HANNEMANN Yves N022	RPS NCS	+ Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies Infectieuses et Tropicales / Nouvel Hôpital Civil	43.03 Ophtal. Maladies Infectieuses
Mme HELMI Julie M014 / P003	NRPS NCS	+ Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre antitétan - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.03 Médecine Intensive-Réanimation
HERBSCHT Pascal N024	NRPS CS	+ Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'Hématologie / ICANS	47.01 Hématologie - Transfusion
HORBICH Edouard N025	NRPS NCS	+ Pôle Tête et Cou - CETO - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
IMPERIALE Alessia N034	NRPS NCS	+ Pôle d'Imagerie - Service de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
ISHER-HOROBETI Maria-Ewa N038	RPS CS	+ Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / Cimetosaux	49.08 Médecine Physique et Réadaptation
JAUHAC Benoît N028	NRPS CS	+ Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Biochimie / PTM HUS et Faculté de Méd.	43.01 Option Biochimie -ronique (biologique)
Mme JEANDISSER Isabelle N029	NRPS CS	+ Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, diabète et nutrition CHC	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme JESEL-MORELL Laurence N020	NRPS NCS	+ Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
FALTENGACH Georges N026	RPS CS	+ Pôle de Geriatrie - Service de Médecine Interne - Gériatrie / Hôpital de la Rubefeu - Service Ophtalmol. - Gériatrie / Hôpital de la Rubefeu	53.01 Option - gériatrie et biologie du vieillissement
Mme REBLIER Laurence N034	NRPS NCS	+ Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRNED) - Service d'Endocrinologie, Diabète, Nutrition et Adobéologie / Méd. B / CHC	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
KESSLER Romain N026	NRPS NCS	+ Pôle de Pathologie Thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie
KINCO Michel N036	NRPS NCS	+ Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme KORONOW Anna- Sophie N027	NRPS CS	+ Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)
KREMER Stéphane M023 / P034	NRPS CS	+ Pôle d'Imagerie - Service Imagerie C - Neurosciences Odontostomat. - Pédiatrie / HP	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
KOHN Pierre N025	NRPS CS	+ Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Néonatalogie et Réanimation néonatale (Pédiatrie U / HP	54.01 Pédiatrie
KURTZ Jean-Emmanuel N028	RPS NCS	+ Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'Hématologie / ICANS	47.02 Option : Cancérologie (clinique)
Mme LALANNE-TORDO Laurence N022	NRPS CS	+ Pôle de Psychiatrie, Santé mentale et Addictologie - Service de Psychiatrie I / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes - Addictologie (Option - Addictologie)
LANG Hervé N020	NRPS NCS	+ Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo- faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04 Urologie
LACREL Vincent N020	RPS CS	+ Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital Hautepierre	54.01 Pédiatrie
Mme LEJAY Anne M022 / P027	NRPS NCS	+ Pôle d'activité médico-chirurgicale cardio-vasculaire - Service de Chirurgie vasculaire et de Transplantation rénale / NHC	51.04 Option - Chirurgie rénale
LE MINOR Jean-Marc N026	NRPS NCS	+ Pôle d'Imagerie - Institut d'Anatomie humaine / Faculté de Médecine - Service de Neurobiologie, d'Imagerie Odontostomat. et Interventionnelle Hôpital de Hautepierre	43.01 Anatomie
LEBINGER Jean-Marc N1	RPS CS	+ Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie générale et spécialisée / L328 / NHC - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / Hôp. de Hautepierre	43.01 Sciences (biologiques de Pharmacie)
LIPSCHER Dan N022	NRPS NCS	+ Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo- faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-dermatologie
LIVERNEUX Philippe N024	RPS NCS	+ Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie de la Main - SSM Main / Hôpital de Hautepierre	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
MAGOUF Gabriel N022	NRPS NCS	+ Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'Onco-hématologie / ICANS	47.02 Cancérologie - Radiothérapie Option : Cancérologie
MANK Manuel N026	NRPS NCS	+ Pôle de Biologie - Département Anatomie fonctionnelle et cancer / IGBMC	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologie)
MARTIN Thierry N026	NRPS NCS	+ Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)
Mme MARCAUX Céline N020	NRPS NCS	+ Pôle de Pathologie Thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	51.01 Pneumologie - Asthme
Mme MATHÉLIN Cécile N021	NRPS CS	+ Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Unité de Sérologie / ICANS	54.03 Gynécologie-Obstétrique - Gynécologie Médicale

NOM et Prénoms	CE*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
MAUVELUX Laurent PO12	SRPE CS	• Pôle d'Onco-Hématologie • Laboratoire d'Hématologie Biologique - Hôpital de Hautepierre • Institut d'Hématologie / Faculté de Médecine	47.01 Hématologie - Transfusion Option Hématologie Biologique
MAZZUCCELLI Jean-Philippe PO12	SRPE CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire • Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	51.04 Chirurgie Thoracique et Cardio-vasculaire
MERTES Paul-Michel PO14	RPE CS	• Pôle d'Anesthésiologie / Réanimation chirurgicales / SAMU-SMUR • Service d'Anesthésiologie-Réanimation chirurgicale / Nouvel Hôpital Civil	48.01 Option - Anesthésiologie-Réanimation (opti mode)
MEYER Nicolas PO18	SRPE RCS	• Pôle de Santé publique et Santé au travail • Laboratoire de Biostatistique / Hôpital Civil • Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / Hôpital Civil	48.04 Biostatistique, Informatique Médicale et Technologies de Communication (opti biologie)
MEZZANI Ferhat PO16	SRPE CS	• Pôle Urgences - Réanimations Médicales / Centre d'urgence • Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	48.02 Réanimation
MCNASSER Laurent PO12	SRPE CS	• Pôle de Pharmaco-pharmacologie • Lab. de Neurobiologie et Pathobiologie cardio-vasculaire-EA7206 / Fac.	48.03 Option - Pharmacologie fondamentale
MOREL Olivier PO18	SRPE RCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire • Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
MULLIN Bruno PO18	SRPE CS	• Pôle de spécialités médicales - Ophtalmologie / SMU • Service de Néphrologie - Transplantation / Nouvel Hôpital Civil	52.03 Néphrologie
MUTTER Odier PO11	RPE RCS	• Pôle Hépatogastro-entérologie / Hôpital Civil • Service de Chirurgie Viscérale et Digestive / HEC	52.02 Chirurgie digestive
NAAMER Aziz Jacques PO12	SRPE CS	• Pôle d'Imagerie • Service de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
NOEL Georges PO14	SRPE RCS	• Pôle d'Imagerie • Service de Radiothérapie / ICANS	47.02 Cancerologie - Radiothérapie Option Radiothérapie Diagnostique
NOEL Eric M111 / PO19	SRPE RCS	• Pôle d'Anesthésie Réanimation Chirurgicale SAMU-SMUR • Service Anesthésiologie et de Réanimation Chirurgicale - HP	48.01 Anesthésiologie-Réanimation
OHANA Mickael PO11	SRPE RCS	• Pôle d'Imagerie • Sect. d'Imagerie II - Imagerie vasculaire et cardio-vasculaire / HEC	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (opti chirurgie)
OLMANN Patrick PO15	RPE CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire • Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
Mme OLLAND Anne PO14	SRPE RCS	• Pôle de Pathologie Thoracique • Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	51.03 Chirurgie Thoracique et Cardio-vasculaire
Mme PAILLARD Catherine PO16	SRPE CS	• Pôle médico-chirurgicale de Pédiatrie • Service de Pédiatrie III / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
PELACCA Thierry PO18	SRPE RCS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimation chirurgicales / SAMU-SMUR • Centre de formation et de recherche en pédagogie des sciences de la santé / Faculté	48.02 Réanimation - Médecine d'urgence Option - Médecine d'urgence
Mme PERRITTA Sylvane PO17	SRPE RCS	• Pôle Hépatogastro-entérologie / Hôpital Civil • Service de Chirurgie Viscérale et Digestive / Nouvel Hôpital Civil	52.02 Chirurgie digestive
PESBAUX Pascal PO18	SRPE CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation • Service de Chirurgie Viscérale et Digestive / Nouvel Hôpital Civil	52.02 Chirurgie Digestive
PETIT Thierry PO18	CDs	• ICANS • Département de médecine oncologique	47.02 Cancerologie - Radiothérapie Option - Cancerologie Clinique
PIVOT Xavier PO16	SRPE RCS	• ICANS • Département de médecine oncologique	47.02 Cancerologie - Radiothérapie Option - Cancerologie Clinique
POTTICHER Julien PO11	SRPE CS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR • Service d'Anesthésie et de Réanimation Chirurgicale / Hôpital de Hautepierre	48.01 Anesthésiologie-Réanimation Médecine d'urgence (opti chirurgie)
PRADIGAC Aym PO13	SRPE RCS	• Pôle de Médecine interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Gastrologie (MIRRED) • Service de Médecine Interne et Nutrition / HP	44.04 Nutrition
PROUST François PO12	SRPE CS	• Pôle Tête et Cou • Service de Neurochirurgie / Hôpital de Hautepierre	49.02 Neurochirurgie
PI RAUL Jean-Sébastien PO12	SRPE CS	• Pôle de Soins • Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et HEC • Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	48.03 Médecine Légale et Droit de la Santé
REMLIND Jean-Marc PO12	SRPE RCS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation • Service d'Hépatogastro-entérologie et d'Assistance Nutrition / HP	52.01 Option - Gastro-entérologie
PI RICCI Roméo PO17	SRPE RCS	• Pôle de Soins • Département Soins de développement et cellules souches / I2BMC	44.01 Biologie et biologie moléculaire
RECH Serge PO12	SRPE CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation • Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	52.02 Chirurgie générale
Mme REICHERTOL-BERNARD Sylvie PO16	SRPE RCS	• Pôle médico-chirurgicale de Pédiatrie • Service de Pédiatrie I / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
ROUL Grégoire PO18	SRPE RCS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire • Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	51.02 Cardiologie
Mme ROY Catherine PO16	SRPE CS	• Pôle d'Imagerie • Sect. d'Imagerie II - Imagerie vasculaire et cardio-vasculaire / HEC	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (opti chirurgie)

E

NOM et Prénoms	CE*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
SAMANES Nicolas R020	MRPS NCS	- Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / HP	54.01 Gynécologie-Obstétrique , gynécologie médicale Option: Gynécologie-Obstétrique
SALER Renaud R033	MRPS NCS	- Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / EMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Ophtalmologie
SAULEAU-LES-ROUÏE R038	MRPS NCS	- Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Santé Publique (Hôpital Civil) - Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / HC	48.04 Épidémiologie, Informatique médicale et Technologies de Communication (option Informatique)
SALUSINE Christian R040	RPS CE	- Pôle d'Urologie, Néphrologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	52.04 Urologie
Mme SCHRIZ Claude R047	MRPS CE	- Pôle de Spécialités médicales - Otorhinolaryngologie / EMO - Service d'Otorhinolaryngologie / Nouvel Hôpital Civil	55.02 Otorhinolaryngologie
SCHNEIDER France R048	MRPS CE	- Pôle Urgences - Médecins médicaux / Centre antitumoral - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Hautepierre	48.02 Réanimation
Mme SCHRÖDER Carmen R058	MRPS CE	- Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie pour Enfants et Adolescents / Hôpital Civil	43.04 Psychiatrie , Adoléscentologie
SCHULTZ Philippe R046	MRPS NCS	- Pôle Tête et Cou - CE7D - Serv. d'OTO-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	55.01 Oto-rhino-laryngologie
SERRATY Lawrence R052	MRPS CE	- Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépato-Gastro-Entérologie et d'Resistance Nutrice / HP	52.01 Gastro-entérologie, Hépatologie, Adoléscentologie Option: Hépatologie
SIBLIA Jean R049	MRPS NCS	- Pôle de Médecine interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRHED) - Service de Rhumatologie / Hôpital Hautepierre	50.01 Rhumatologie
STEB Jean-Paul R054	MRPS CE	- Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du membre / Hôpital de Hautepierre	52.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
STEPHAN Dominique R050	MRPS CE	- Pôle d'adulte médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service des Maladies vasculaires - HPA - Pharmacologie clinique / NHC	51.04 Option: Médecine vasculaire
THAUVAU Fabien R053	MRPS NCS	- Pôle d'adulte médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie vasculaire et de transplantation rénale / NHC	51.04 Option: Chirurgie vasculaire
Mme TRANCHANT Christelle R051	MRPS CE	- Pôle Tête et Cou - CE7D - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
VELLON Francis R055	MRPS CE	- Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie 1 - Imagerie vasculaire, ORL et mammaire / HP	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (option clinique)
VELTEN Michel R056	MRPS NCS	- Pôle de Santé publique et Santé au travail - Département de Santé Publique / Secteur 2 - Épidémiologie et Économie de la Santé / Hôpital Civil - Laboratoire d'Épidémiologie et de Santé Publique / HC / Fac de Médecine	48.01 Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (option Biologique)
SETTER Denis R057	MRPS NCS	- Pôle de Médecine interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIRHED) - Service de Médecine Interne, Diabète et Maladies métaboliques/HC	52.01 Option: Gastro-entérologie
VIDALHET Pierre R059	MRPS CE	- Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie / Hôpital Civil	43.03 Psychiatrie d'adultes
VIVILLE Stéphanie R059	MRPS NCS	- Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Pathologies tropicales / Fac. de Médecine	54.08 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option Biologique)
VOISE Thomas R058	MRPS CE	- Pôle de Génétique - Service de soins de suite et réadaptation génétique / Hôpital de la Robertsau	51.01 Option: Génétique et biologie du vieillissement
METTER Jean-Christophe-Pierre R042	MRPS CE	- Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / EMO - Service de Médecine interne / Nouvel Hôpital Civil	53.01 Option: Médecine interne
WOLFF Philippe R022	MRPS NCS	- Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie Générale et de Transplantations multiglandulaires / HP - Coordinateur des activités de prélèvements et transplantations des HC	52.02 Chirurgie générale
Mme WOLFF Valérie R021	MRPS CE	- Pôle Tête et Cou - Unité Neurovasculaire / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie

HC : Hôpital Civil - HP : Hôpital de Hautepierre - HNC : Nouvel Hôpital Civil

* CE (Chef de service) ou NCS (Nouveau Chef de service hospitalier)

Cepj : Chef de service par intérim Ctp : Chef de service provisoire (un an)

CE : Chef d'unité fonctionnelle

RPS (Responsable de Pôle) ou MRPS (Nouveau Responsable de Pôle)

PS : Pôle

Cons. : Consultant hospitalier (pourvu des fonctions hospitalières sans chef de service) Dr. Directeur

(1) En nombre universitaire jusqu'au 31.08.2016

(1) Consultant hospitalier (pour un an) éventuellement renouvelable → 31.08.2017

(2) En nombre universitaire jusqu'au 31.08.2017

(2) Consultant hospitalier (pour une 2ème année) → 31.08.2017

(3) En nombre universitaire jusqu'au 31.08.2017

(3) Consultant hospitalier (pour une 3ème année) → 31.08.2017

A4 - PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES

NOM et Prénoms	CE*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Section du Conseil National des Universités
CADVEL Laurent	NRPS CS	- Pôle Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO Service de Soins palliatifs / AHD	40.05 - Médecine palliative
HABERBETZER François	CS	- Pôle Hépatogastro Service de Gastro-Entérologie - NHC	52.01 - Gastro-Entérologie
MIYAZAKI Taro		- Pôle de Biologie Laboratoire d'Immunologie Biologique / HC	
SALVATEUR	CS	- Pôle Tête-Cou Centre d'Emulsion et de Traitement de la Douleur / HP	

IND 135 B1 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS (MCU-PH)

NOM et Prénoms	CP*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
ADIN Arnaud M005		- Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et Médecine nucléaire
Mme ANTA, Marie-Christine M003		- Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpitaliens - Institut d'Histologie / Faculté de Médecine	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
Mme ANTONI Delphine M008		- Pôle d'Imagerie - Service de Radiothérapie / ICANS	47.02 Cancérologie, Radiothérapie
Mme AYME-OETRICH Emeline M011		- Pôle de Pharmacologie - UFR de Pharmacologie clinique / Faculté de Médecine	45.03 <u>Pharmacologie fondamentale</u> : pharmacologie clinique ; addictologie Option : pharmacologie fondamentale
Mme BIANCALANA Valérie M006		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Hôpital Hôtel Dieu	47.04 Génétique (option biologique)
BLONDET Cyril M001		- Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire (option clinique)
BOUDGES Olivier M002		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme BUND Carole M029		- Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
CARANTO Raphaël M012		- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie Biologique / Hôpital Hôtel Dieu	47.03 Immunologie
CAZZATO Roberto M018		- Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie A Interventabiliste / NRC	43.02 Radiologie et Imagerie Médicale (option clinique)
Mme CERULLI Hélène M024		- Pôle Tête-Cou - Service de Neurologie / HP	49.02 Neurologie
GERALINE Justine M013		- Pôle de Biologie - Département de Biologie structurale intégrative / OSBC	47.02 Cancérologie, Radiothérapie (option biologique)
CHOQUET Philippe M014		- Pôle d'Imagerie - LFDIST - Imagerie Fonctionnelle / HP	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
COLLONGUES Nicolas M015		- Pôle Tête et Cou - CETO - Centre d'Investigation Clinique / NRC et HP	49.01 Neurologie
DALI-YOUCIF Ahmed Nassim M007		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NRC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
DELHORME Jean-Baptiste M030		- Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale
DEVYS Odile M019		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Hôpital Hôtel Dieu	47.04 Génétique (option biologique)
Mme DIMKELACKER Véronique M020		- Pôle Tête et Cou - CETO - Service de Neurologie / Hôpital de Hôpitaliens	49.01 Neurologie
COLLE Pascal M001		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NRC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme ENACHE Nina M004		- Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / OSBC	44.02 Physiologie
Mme FARRIGON-JACAMON Audrey M009		- Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences Médico-Légales et - Laboratoire de Toxicologie / Faculté de Médecine - Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	45.03 Médecine Légale et Droit de la santé
FILIBETS Denis M005	CS	- Pôle de Biologie - Lab. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PFM HUS et Faculté	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
FOUCHER Jack M007		- Institut de Physiologie / Faculté de Médecine - Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie / Hôpital Hôtel Dieu	44.02 Physiologie (option clinique)
GANTNER Pierre M010		- Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / PFM HUS et Faculté	45.01 <u>Biotechnologie-Virologie</u> - Médecine Hospitalière Option : Bactériologie-Virologie biologique
GRILLON Anne M013		- Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Radiothérapie / PFM HUS et Faculté de Méd.	45.01 Option <u>Bactériologie-virologie</u> (biologique)
QUERIN Eric M002		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire (option biologique)
QUITROY Aurélien M025		- Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / OSBC - Service de Médecine interne et d'Immunologie clinique / NRC	47.03 Immunologie (option clinique)
Mme HARBAN-RASTEL Laura M016		- Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
HUBBLE Frédéric M003		- Pôle d'Imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICANS - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / NRC	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
JEHL François M008		- Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PFM HUS et Faculté	45.01 Option <u>Bactériologie-virologie</u> (biologique)
KASTNER Philippe M002		- Pôle de Biologie - Département Génétique fondamentale et cancer / OSBC	47.04 Génétique (option biologique)

E

NOM et Prénoms	CE*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Intervention du Conseil National des Universités
Mme JEMME Véronique M000		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HPC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
FIOCH Guillaume M026		- Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine	42.01 Anatomie (option clinique)
Mme NIANNY-YACINI Agala M034		- Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / CARRMSSO	40.08 Médecine Physique et Réadaptation
Mme LAMOUR Valérie M040		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HPC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme LARNER Béatrice M041		- Institut d'Histologie / Faculté de Médecine - Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.02 Histologie, Embryologie et Cytogénétique (option biologique)
LAVRIL Thomas M042		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HPC	44.03 Biologie cellulaire
LENGRAND Céline M010		- Pôle de Chirurgie maxillo-faciale, Microbiologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénérologie
Mme LETSCHER-BRU Valérie M045		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS - Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
LHERITTE Berné M019		- Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques
LUTZ Jean-Christophe M046		- Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Plastique et Maxillo-faciale / Hôpital Civil	50.03 Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
MEYER Alain M003		- Institut de Physiologie / Faculté de Médecine - Pôle de Pathologie fonctionnelle - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / HHC	44.02 Physiologie (option biologique)
MOUET Laurent M047		- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / Hôpital de Hautepierre et HHC	44.03 Biologie cellulaire (type étude - biologie)
Mme MOUTOU Céline Et GÜNTHERER M049	CE	- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic prénatalitaire / CMCO Echitgleim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
WILLER Jean M000		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Niveau Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme NICOLAE Aline M017		- Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et Cytologie Pathologiques (option Clinique)
Mme NOUREY Nathalie M011		- Pôle de Santé Publique et Santé au Travail - Service de Pathologie professionnelle et de Médecine du Travail - HHC	40.02 Médecine et Santé au Travail (option clinique)
PETRESCU Eywen M002		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / Niveau Hôpital Civil	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
PIAFF Alexander M005		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS	45.02 Parasitologie et mycologie
Mme PITIN Aniké M004		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / HHC	47.04 Génétique (option biologique)
Mme PORTER Louise M038		- Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale (Hôpital de Hautepierre)	47.04 Génétique (type clinique)
PREVOST Gilles M007		- Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : <u>Bactériologie</u> -clinique (biologique)
Mme RADOSALJEVIC Wijana M008		- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Niveau Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
Mme REIS Nathalie M006		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / HHC - Service de Chirurgie / ICANS	44.01 Biophysique et médecine nucléaire
ROGLIE Patrick (et AG) M000		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie Générale et Spécialisée / HHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire (option biologique)
Mme ROLLAND Delphine M021		- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Hématologie biologique / Hautepierre	47.01 <u>Hématologie</u> , transfusion (type étude - Hématologie)
ROMAIN Benoît M001		- Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HPC	53.02 Chirurgie générale
Mme RUPPERT Elisabeth M010		- Pôle Tête et Cou - Service de Neurologie - Unité de Pathologie du Sommeil / Hôpital Civil	40.01 Neurologie
Mme SABOU Aline M009		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS - Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme SCHEIDTNER doune M022		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Niveau Hôpital Civil	47.04 Génétique
SCHRAMM Fabrice M000		- Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : <u>Bactériologie</u> -clinique (biologique)

NOM et Prénoms	CE*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Discipline du Conseil National des Universités
Mme SOUS Margaux M023		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital de Hautepierre	45.01 <u>Bactériologie/Virologie</u> , Hygiène hospitalière Option : Bactériologie-Virologie
Mme SCHOEI Christèle M009		- Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MORIED) - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	50.01 Rhumatologie
SALHA Samy M030		- Pôle de Pathologie Thoracique - Service de Physiologie et Explorations Fonctionnelles / VHC	44.02 Physiologie (option clinique)
Mme TALON Isabelle M028		- Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital Hautepierre III	54.02 Chirurgie Infantile
TELETIN Marie M021		- Pôle de Biologie - Service de Biologie de la Reproduction / DMCO Sordigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
WILLAT Laurent M024		- Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie Biologique - Hôpital de Hautepierre	47.01 <u>Microbiologie</u> , Transfusion Option : Immunologie Biologique
Mme VELAY-RUSCH Aurélie M026		- Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital Civil	45.01 <u>Bactériologie-Virologie</u> , Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-Virologie Biologique
Mme VILLARD Odile M029		- Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUC et Fac.	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme WOLF Michèle M010		- Charge de mission - Administration générale - Directeur de la Qualité / Hôpital Civil	48.03 Option : Pharmacologie fondamentale
Mme ZALOSZYC Agnès ap. MARCANTONI M018		- Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie // Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
ZOLL Jeffrey M007		- Pôle de Pathologie Thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations Fonctionnelles / HC	44.02 Physiologie (option clinique)

B2 - PROFESSEURS DES UNIVERSITES (monoappartenant)

Pr DONAH Christian	M008	Département d'histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72	Epidémiologie - Histoire des sciences et des techniques
--------------------	------	---	----	---

B3 - MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES (monoappartenant)

M. KEISEL Nils		Département d'histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72	Epidémiologie - Histoire des sciences et des techniques
M. LAUREL Lionel		ICHS-LM11 F157 - Equipe M10 / Faculté de Médecine	85	Neurosciences
Mme THOMAS Marine		Département d'histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72	Epidémiologie - Histoire des sciences et des techniques
Mme SCARFONE Marine	M002	Département d'histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72	Epidémiologie - Histoire des sciences et des techniques
M. ZIMMER Alexis		Département d'histoire de la Médecine / Faculté de Médecine	72	Epidémiologie - Histoire des sciences et des techniques

C - ENSEIGNANTS ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE
C1 - PROFESSEURS ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)

Pr Ass. GRIER Jean-Luc	M224	Médecine générale (01.09.2017)
Pr OULLOU Philippe	M206	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Pr HLD Philippe	M356	Médecine générale (01.11.2013 au 31.08.2016)
Dr ROUSSEY Fabien	M337	Médecine générale (01.09.2014 au 31.08.2017)

C2 - MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE - TITULAIRE

Dr CHASSE Juliette	M219	S.S 03 Médecine générale (31.09.2015)
Dr LORENZO Mathieu		

C3 - MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DES UNIVERSITES DE M. G. (mi-temps)

Dr BRETWILLER-DUMAS Claire		Médecine générale (01.09.2016 au 31.08.2016)
Dr GROS-BERTHOUD Anne	M218	Médecine générale (01.09.2015 au 31.08.2016)
Dr SAMUELME Anne-Elisabeth		Médecine générale
Dr SCHMITT Yannick		Médecine générale

D - ENSEIGNANTS DE LANGUES ETRANGERES
D1 - PROFESSEUR AGREGÉ, PRAG et PRCE DE LANGUES

Mme ACHER-PESSLER Pa	M225	Professeure certifiée d'Anglais (depuis 01.09.03)
Mme CANDAS Peggy	M208	Professeure agrégée d'Anglais (depuis le 01.09.98)
Mme SEBENSOUR Marie-Noëlle	M227	Professeure certifiée d'Allemand (depuis 01.09.11)
Mme JUNGER Nicole	M226	Professeure certifiée d'Anglais (depuis 01.09.03)
Mme MARTIN Susanne	M229	Professeure certifiée d'Allemand (depuis 01.09.14)

E - PRATICIENS HOSPITALIERS - CHEFS DE SERVICE NON UNIVERSITAIRES

Dr AETRIC Dominique	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle Médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Réanimation pédiatrique spécialisée et de surveillance continue / Hôpital de Hautepierre
Dr DE MARCOI Martin	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle Oncologie médico-chirurgicale et d'Hématologie - Service d'Oncologie Médicale / ICAM
Mme Dr GÉRARD Bénédicte	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil
Mme Dr COURREUX Bénédicte	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Pharmacie-chimie - Service de Pharmacie-Stérilisation / Nouvel Hôpital Civil
Dr KARCHER Patrick	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Gériatrie - Service de Soins de suite de Longue Durée et d'hébergement gériatrique / EHPAD / Hôpital de la Roberteau
Mme Dr LALLEMAN Lucie	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle Urgences - SAMU37 - Médecine Intensive et Réanimation - Plateforme d'accueil aux soins de suite - La Gazette (IASI)
Dr LEFÈVRE Nicolas	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Spécialités Médicales - Ophtalmologie - Hygiène (SMC) - Service des Maladies Infectieuses et Tropicales / Nouvel Hôpital Civil
Mme Dr LICHTEAU Isabelle	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Biologie - Laboratoire de biologie de la reproduction / CMCO de Saintjean
Mme Dr MARTIN-RUNYAC Catherine	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Gériatrie - Service Evaluation / Hôpital de la Roberteau
Dr NIBAUD Gabriel	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Santé Publique et Santé au travail - Service de Santé Publique - DIM / Hôpital Civil
Mme Dr PETIT Flore	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Spécialités Médicales - Ophtalmologie - Hygiène (SMC) - ICOSA
Dr PIRELLO Olivier	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Gynécologie et d'Obstétrique - Service de Gynécologie-Obstétrique / CMCO
Dr REY David	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle Spécialités Médicales - Ophtalmologie / SMC - «Le Ball d'Autour» - Centre de soins de réflexion per le VIH / Nouvel Hôpital Civil
Mme Dr RONDE COURTEAU Cécile	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle Licences - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital de Hautepierre
Mme Dr RONGERES Catherine	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle de Gynécologie et d'Obstétrique - Centre Citron Biologique / AMP / CMCO
Dr TCHOMAKOV Dimitar	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service des Urgences Médico-Chirurgicales pédiatriques / Hôpital de Hautepierre
Mme Dr WEISS Anne	<ul style="list-style-type: none"> • Pôle Urgences - SAMU37 - Médecine Intensive et Réanimation - SAMU

F1 - PROFESSEURS ÉMÉRITES

- *à vie* (mandat de l'Institut)
 - CHAMBERON Pierre (Biochimie et biologie moléculaire)
 - MANDEL Jean-Louis (Génétique et biologie moléculaire et cellulaire)
- *pour trois ans (1^{er} septembre 2018 au 31 août 2021)*
 - Mme GANNON-ORLIAT Anne (Pédo-psychiatrie, addictologie)
 - GRUCIER Denise (Institut de Physique Biologique)
- *pour trois ans (1^{er} août 2019 au 31 août 2022)*
 - Mme STEE Annie (Anesthésie, Réanimation chirurgicale)
- *pour trois ans (1^{er} septembre 2019 au 31 août 2022)*
 - DUPOUR Patrick (Dentologie clinique)
 - NISARD Michel (Dentologie-odontologie)
 - PINGET Michel (Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques)
 - Mme QUON Elisabeth (Pneumologie)
- *pour trois ans (1^{er} septembre 2020 au 31 août 2023)*
 - BELLOCQ Jean-Pierre (Service de Pathologie)
 - BÉGIN Jean-Marc (Psychiatrie)
 - BEMPEL Jean-François (Chirurgie orthopédique et de la main)
 - KOFFERBACH-MITT Jacques (Urgences médico-chirurgicales Adultes)

F2 - PROFESSEUR des UNIVERSITÉS ASSOCIÉ (mi-temps)

M. BOICER Luc CHU-CH IRCAD (01.09.2008 – 30.04.2012 / renouvelé 01.10.2012-30.09.2015-30.09.2021)

F3 - PROFESSEURS CONVENTIONNÉS* DE L'UNIVERSITÉ

Pr CHARRON Dominique	(2019-2020)
Pr KRETZ Pascal	(2019-2020)
Pr LANG Walter G.	(2019-2020)
Pr MAHE Antoine	(2019-2020)
Pr MASTELLI Aude	(2019-2020)
Pr RESE Jacques	(2019-2020)
Prs ROUSSEAU Catherine	(2019-2020)

(* 4 années au maximum)

G1 - PROFESSEURS HONORAIRES

ADLOFF Michel (Chirurgie digestive) / 01.08.94	KURTZ Daniel (Neurologie) / 01.08.98
BADIN Serge (Orthopédie et Traumatologie) / 01.08.01	LARD Gabriel (Orthopédie et Traumatologie) / 01.10.98
BARESS Pierre (Cardiologie) / 01.08.12	LARD Jean-Marie (Hématologie clinique) / 01.08.11
BATZSCHLAGER André (Anatomie Pathologique) / 01.10.95	LANGER Bruno (Gynécologie) / 01.11.18
BAUMANN René (Hépatogastro-entérologie) / 01.08.10	LEPY Jean-Marie (Pédiatrie) / 01.10.95
BERGERAT Jean-Pierre (Cancérologie) / 01.01.18	LEHSCORFER Jean (Physiologie) / 01.08.10
BERTHEL Marc (Généraliste) / 01.08.18	LUTZ Patrick (Pédiatrie) / 01.08.18
BENTZ Michel (Pneumologie Hospitalière) / 01.08.04	MAILLOT Claude (Anatomie normale) / 01.08.03
BLONDE Jean-Frédéric (Médecine Interne) / 15.10.17	MAITRE Michel (Biochimie et Ess. moléculaires) / 01.08.18
BLONCH Pierre (Radiologie) / 01.10.85	MARTEL Jean-Louis (Dentiste) / 01.08.18
BOHM-BURGER Willy (Histologie) / 01.08.20	MARTEL Patrick (Médecine Légale) / 01.12.14
BOURJAT Pierre (Radiologie) / 01.08.05	MARTZ Jean-Marie (Reumatisme médicale) / 01.10.94
BOUSQUET Pascal (Pharmacologie) / 01.08.18	MARESCAUX Christian (Neurologie) / 01.08.18
BRECHENWACHER Claude (Cardiologie) / 01.01.99	MARESCAUX Jacques (Chirurgie digestive) / 01.08.18
BRETTEL Jean-Philippe (Gynécologie-Obstétrique) / 01.08.10	MARS Jean-Joséph (Biochimie et biologie cellulaire) / 01.08.99
BURCHARD Guy (Pneumologie) / 01.10.88	MESSER Jean (Pédiatrie) / 01.08.07
BURSETTEIN Claude (Pédiatrie-pédiatrie) / 01.08.18	MEYER Christian (Chirurgie générale) / 01.08.13
CANTINEAU Alain (Médecine et Santé au travail) / 01.08.15	MEYER Pierre (Biostatistiques, informatique méd.) / 01.08.10
CAZENAVE Jean-Pierre (Hématologie) / 01.08.18	MIRCK Raymond (Bactériologie) / 01.10.93
CHAMPY Maxime (Gastrologie) / 01.10.98	MONTEL Henri (Bactériologie) / 01.08.11
CHAUVIN Michel (Cardiologie) / 01.08.18	MORAND Georges (Chirurgie thoracique) / 01.08.09
CHELLY Jacqueline (Diagnostic généraliste) / 01.08.20	MOSSARD Jean-Marie (Cardiologie) / 01.08.03
CRIGALIERE Jacques (Chirurgie générale) / 01.10.12	OLDET Pierre (Biologie cellulaire) / 01.08.13
CLAVERT Jean-Michel (Chirurgie infantile) / 31.10.18	PASQUALI Jean-Louis (Urologie-chirurgie) / 01.08.18
COLLARD Maurice (Neurologie) / 01.08.00	PATRE Michel (Pédiatrie) / 01.08.18
CONRAUX Claude (Oto-Rhino-Laryngologie) / 01.08.98	Mme PALL Gabrille (Pneumologie) / 01.08.11
CONSTANTINESCO André (Gynécologie et médecine maternelle) / 01.08.11	PRIGET Michel (Embryologie) / 01.08.18
CRETMANN Jean-Louis (Radiologie) / 01.08.17	POITECHER Thierry (Acnéologie-Reumatologie) / 01.08.18
DOFFOL Michel (Gastro-entérologie) / 01.08.17	REYS Philippe (Chirurgie générale) / 01.08.08
DUCLOS Bernard (Hépatogastro-entérologie) / 01.08.18	RITTER Jean (Gynécologie-Obstétrique) / 01.08.02
DUPETRON Jean-Pierre (Anesthésiologie-Rés. Chir.) / 01.08.18	RUMPLER Yves (Ess. développement) / 01.08.10
EISENWAHR Bernard (Chirurgie cardio-vasculaire) / 01.04.10	SANDNER Guy (Physiologie) / 01.08.14
FABRE Michel (Cytologie et histologie) / 01.08.02	SAUDER Philippe (Reumatisme médicale) / 01.08.20
FISCHBACH Michel (Pédiatrie) / 01.10.18	SAUVAGE Paul (Chirurgie infantile) / 01.08.04
FLAMENT Jacques (Cytochimie) / 01.08.08	SCHAEF Georges (Physiologie) / 01.10.98
GAY Gérard (Hépatogastro-entérologie) / 01.08.18	SCHLAEDER Guy (Gynécologie-Obstétrique) / 01.08.01
GERLINGER Pierre (Etu. de la Reproduction) / 01.08.04	SCHLITZGER Jean-Louis (Médecine Interne) / 01.08.11
GRONER Jacques (Chirurgie digestive) / 01.08.07	SCHRAUB Eberhard (Radiobiologie) / 01.08.12
GUT Jean-Pierre (Virologie) / 01.08.14	SCHWARTZ Jean (Pharmacologie) / 01.10.87
HASSENMANN Michel (Reumatisme médicale) / 01.08.18	SICK Henri (Anatomie Normale) / 01.08.08
HAUPTMANN Georges (Hématologie biologique) / 01.08.08	STERNE Jean-Luc (CHU) / 01.08.10
HEID Ernst (Dermatologie) / 01.08.04	STOLL Claude (Généraliste) / 01.08.08
HBS Jean-Louis (Pharmacologie) / 01.08.08	STOLL-KELLER Françoise (Virologie) / 01.08.18
BLER Marc (Médecine Interne) / 01.08.08	STURCK Daniel (Médecine Interne) / 01.08.03
JACOMIN Didier (Urologie) / 01.08.17	TEMPE Jean-Daniel (Reumatisme médicale) / 01.08.08
JASCH Daniel (Chirurgie générale) / 01.08.11	TCHOJO Jean (Radiologie) / 01.08.02
JACQUER Jean-Henri (Chirurgie orthopédique) / 01.08.11	TREISSER Alan (Gynécologie-Obstétrique) / 24.03.98
JESEL Michel (Médecine physique et réadaptation) / 01.08.04	VALTRAVERS Philippe (Médecine physique et réadaptation) / 01.08.18
KAHN Jean-Luc (Anatomie) / 01.08.18	VETTER Jean-Marie (Anatomie pathologique) / 01.08.13
KERH Pierre (Chirurgie orthopédique) / 01.08.08	VINCENDON Guy (Biochimie) / 01.08.08
KEMPF Jules (Biologie cellulaire) / 01.10.95	WALTER Paul (Anatomie Pathologique) / 01.08.08
KREMER Michel / 01.08.08	WITZEMBELUM Emmanuel (Pneumologie) / 01.08.11
KRETZ Jean-Georges (Chirurgie vasculaire) / 01.08.18	WILM Jean-Marie (Chirurgie thoracique) / 01.08.13
KRIEGER Jean (Neurologie) / 01.01.07	WILK André (Chirurgie maxillo-faciale) / 01.08.18
KUNTZ Jean-Louis (Rhumatologie) / 01.08.08	WILLARD Daniel (Pédiatrie) / 01.08.18
KUNTZMANN Françoise (Généraliste) / 01.08.07	WOLFRUM-GABEL Renée (Anatomie) / 01.08.08

Légende des adresses :

FAC - Faculté de Médecine - 4, rue Kirschleger - F - 67085 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.88.36.20 - Fax : 03.88.88.36.18 ou 03.88.88.34.67

HOPITAUX UNIVERSITAIRES DE STRASBOURG (HUS) :

- NHC - Nouvel Hôpital Civil / 1, place de l'Hôpital - BP 426 - F - 67091 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.55.07.06
- HC - Hôpital Civil / 1, Place de l'Hôpital - B.P. 426 - F - 67091 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.11.67.66
- HP - Hôpital de Hautepierre - Avenue Molière - B.P. 49 - F - 67086 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.12.80.00
- Hôpital de La Robertsau - 88, rue Himmelsch - F - 67115 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.11.55.11
- Hôpital de l'Eldau - 15, rue Driessch - 67200 Strasbourg - Tél : 03.88.11.67.66

CMCO - Centre Médico-Chirurgical et Ophtalmologique - 18, rue Louis Pasteur - BP 120 - Schiltigheim - F - 67308 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.82.83.00

C.C.O.M. - Centre de Chirurgie Orthopédique et de la Main - 10, avenue Baumert - B.P. 98 - F - 67401 Kirch Dornheim Cedex - Tél : 03.88.32.20.00

E.E.S. - Etablissement Français de Sang - Alaise - 10, rue Spielemann - BP N°35 - 67188 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.21.25.25

Centre Régional de Lutte contre le cancer "Paul Strauss" - 3, rue de la Porte de l'Hôpital - F-67085 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.25.04.24

ERIC - Institut Universitaire de Réadaptation, Clemenceau - CHU de Strasbourg et UDECAR (Union pour la Gestion des Etablissements des Caisses d'Assurance Maladie) -

45 boulevard Clemenceau - 67082 Strasbourg Cedex

**RESPONSABLE DE LA BIBLIOTHÈQUE DE MÉDECINE ET ODONTOLOGIE ET DU
DÉPARTEMENT SCIENCES, TECHNIQUES ET SANTÉ
DU SERVICE COMMUN DE DOCUMENTATION DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG**

Monsieur Olivier DIVE, Conservateur

**LA FACULTÉ A ARRÊTÉ QUE LES OPINIONS ÉMISES DANS LES DISSERTATIONS
QUI LUI SONT PRÉSENTÉES DOIVENT ÊTRE CONSIDÉRÉES COMME PROPRES
À LEURS AUTEURS ET QU'ELLE N'ENTEND NI LES APPROUVER, NI LES IMPROUVER**

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des maîtres de cette école, de mes chers condisciples, je promets et je jure au nom de l'Être suprême d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la médecine. Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail.

Admis à l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe.

Ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser les crimes.

Respectueux et reconnaissant envers mes maîtres je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis resté fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Dédicaces et Remerciements

Je tiens à remercier profondément le Dr PRADEAU, praticien hospitalier, et le Dr NEIS, médecins MPR à l'Institut Universitaire de Réadaptation Clémenceau, qui m'ont accompagné tout au long de cette thèse. Leur aide précieuse m'a permis de mieux organiser ma pensée, de cultiver la rigueur et l'esprit de synthèse indispensables à la réalisation de ce travail et à la pratique de la Médecine Physique et de Réadaptation.

Je tiens à remercier le Pr ISNER-HOROBETI de l'Institut Universitaire de Réadaptation Clémenceau, pour sa bienveillance et pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'être Présidente de mon jury de thèse.

Je remercie également le Dr KRASNY-PACINI, Maître de conférences à l'Institut Universitaire de Réadaptation Clémenceau et le Dr LAUER, praticien hospitalier en Unité Neuro-Vasculaire au CHU de Strasbourg, qui ont accepté d'être présentes en tant qu'assesseurs dans mon jury de thèse.

Je remercie les kinésithérapeutes de l'UF H à l'Institut Universitaire de Réadaptation Clémenceau, sans lesquels ce protocole n'aurait pas pu se faire.

Je remercie tous mes collègues du domaine médical et paramédical aux côtés desquels j'ai eu la chance de travailler et d'apprendre et sans lesquels je ne serais pas le médecin que je suis aujourd'hui,

Enfin, je remercie et dédie ce travail à ma famille et mes amis, pour le soutien indéfectible qu'ils m'ont apporté, pour les moments de joie et les aventures que nous avons partagés et partagerons encore.

Table des matières :

1. Introduction.....	19
1.1. <i>L'accident vasculaire cérébral, source de déficiences sensitives.....</i>	19
1.2. <i>Anatomie fonctionnelle du système somatosensoriel.....</i>	21
1.2.1. Les récepteurs périphériques.....	21
1.2.2. Voies de la sensibilité consciente.....	22
1.2.3. Voies de la sensibilité inconsciente.....	31
1.3. <i>Rôle du système sensitif dans le contrôle de la marche et de l'équilibre.....</i>	34
1.3.1. Rôle des afférences sensitives dans le contrôle spinal de la marche et de l'équilibre.....	34
1.3.2. Rôle des afférences sensitives dans le contrôle supra-spinal de la marche et de l'équilibre.....	35
1.4. <i>Syndromes sensitifs après lésion cérébrale.....</i>	36
1.4.1. Lésions du tronc cérébral.....	36
1.4.2. Lésion thalamique.....	37
1.4.3. Lésion corticale pariétale.....	37
1.5. <i>Prise en charge des troubles sensitifs.....</i>	38
1.5.1. Evaluation des déficiences sensitives.....	38
1.5.2. Prise en charge rééducative des troubles sensitifs.....	45
1.6. <i>Utilisation de la thérapie miroir comme nouvel outil thérapeutique.....</i>	49
1.6.1. La thérapie miroir dans la prise en charge de l'algothallucinose des patients amputés.....	49
1.6.2. La thérapie miroir dans la prise en charge du SDRC de type I.....	50
1.6.3. La thérapie miroir dans la rééducation motrice après un AVC.....	50
1.6.4. La thérapie miroir comme technique de rééducation sensitive.....	55
1.7. <i>Synthèse et objectifs.....</i>	56
2. Matériel et méthode.....	56

2.1.	<i>Population étudiée</i>	57
2.2.	<i>Design global de l'étude</i>	58
2.2.1.	Schéma global de l'étude.....	58
2.2.3.	Evaluation des déficiences, limitations d'activité et restrictions de participation.....	62
2.2.4.	Analyses statistiques.....	68
3.	Résultats	68
3.1.	<i>Faisabilité et tolérance</i>	69
3.2.	<i>Evolution des déficiences et limitations d'activité</i>	69
4.	Discussion	72
4.1.	<i>Choix de la population étudiée</i>	73
4.2.	<i>Interprétation des résultats</i>	74
4.3.	<i>Difficultés rencontrées</i>	77
5.	Conclusion	79
ANNEXES :		80
	<i>ANNEXE 1 : Liste des abréviations</i>	80
	<i>ANNEXE 2 : FMA-LE</i>	82
	<i>ANNEXE 3 : ABILOCO</i>	84
Bibliographie		85

Table des illustrations :

Figure 1: Voie cordonale postérieure. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 203	24
Figure 2: Cortex somatosensoriel et noyau thalamique ventral postéro-latéral. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 206	25
Figure 3: Aires somatosensorielles primaire et secondaire et Homonculus de Penfield. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 206	25
Figure 4: Homonculus sensitif de Penfield (gauche) et moteur (droite) (Penfield and Boldrey, 1937).	26
Figure 5: Connexions au sein du cortex somatosensoriel. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 208.....	27
Figure 6: Système antérolatéral. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 223	29
Figure 7: Système antéro-latéral. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 219	30
Figure 8: Tractus spino-cérébelleux antérieur (14). D'après Platzer W, Kahle W. Atlas de poche d'anatomie. Paris: Flammarion médecines-sciences; 2007. p.167.....	32
Figure 9: Tractus spino-cérébelleux dorsal (1). D'après Platzer W, Kahle W. Atlas de poche d'anatomie. Paris: Flammarion médecines-sciences; 2007. p. 165.....	33
Figure 10 : Exemple d'installation	59
Figure 11 : Matériel utilisé pour les stimulations sensibles passives	61
Figure 12 : Mobilisation des membres inférieurs à l'aide d'un support mobile.....	61
Figure 13: Neuropen avec monofilament et Neurotip en place.....	63
Figure 14: Kit d'évaluation de la discrimination du chaud et du froid.....	63
Figure 15: Sites évalués au cours du RASP	64
Figure 16: Schéma global de l'étude.....	68

1. Introduction

1.1. L'accident vasculaire cérébral, source de déficiences sensitives

L'AVC est la première cause de handicap physique acquis de l'adulte en France avec une incidence de 140 000 nouveaux cas par an. 20% des patients décèdent dans l'année suivant un AVC. Parmi les survivants, 40 % gardent des déficiences, de nature et d'expression variables, responsables de nombreuses limitations d'activité et de restrictions de participation (1).

Il s'agit d'une pathologie qui représente une part importante des dépenses de santé publique, avec environ 8,3 milliards d'euros dépensés annuellement en France (2).

La prévalence des troubles sensitifs après un AVC varie selon les études. D'après Kessner et al., à la suite d'un AVC ischémique, à la phase aiguë, 59,4% des patients présentent des troubles sensitifs. Ces troubles sensitifs persistent chez 43,5% des patients à 3 mois et 39,1% à 12 mois (3). Sur une cohorte de 163 patients en phase chronique, 56% présentent des troubles sensitifs au membre inférieur controlésionnel. Le déficit prédomine le plus souvent en distalité (4). Ces troubles sensitifs ont un impact majeur sur l'autonomie du patient. Selon Carey et al, les troubles sensitifs post-AVC peuvent être la source de restrictions de participation, y compris en l'absence de déficit moteur (5).

Au membre supérieur, l'impact du déficit sensitif après un AVC sur l'autonomie dans les activités de la vie quotidienne (AVQ), est bien documenté (6). Il l'est cependant beaucoup moins au membre inférieur.

Au membre supérieur, il est rapporté que les troubles de la sensibilité épicrotique à la main diminuent l'ajustement de la force de préhension. Ils sont liés à une augmentation du délai

entre la phase de transport et la phase de saisie (7). Ce déficit se traduit par une limitation des capacités à manipuler des objets sans les écraser ou les lâcher, avec un retentissement négatif sur des activités telles que l'habillage (5).

Les données de la littérature sur l'impact des troubles sensitifs au membre inférieur sont bien moins abondantes. Les répercussions de ces troubles sur la marche et l'équilibre semblent non négligeables. Selon Parsons et al., la diminution de la sensibilité plantaire mesurée par le test au monofilament de Semmes-Weinstein est associée à une diminution de l'équilibre statique mesuré par le *Berg Balance Scale* (BBS) (8). Les troubles sensitifs sont liés à un plus grand nombre de chutes et une augmentation de la difficulté perçue lors des déplacements (4). Ils sont également liés à une diminution de la distance parcourue au test de marche de 6 minutes (9,10). En 2013, dans une analyse de données obtenues à partir de plusieurs études, Tyson et al. montrent une corrélation positive entre les troubles sensitifs et la limitation à la marche et la diminution de l'équilibre (11). Cette même équipe a également pu mettre en évidence une corrélation positive, à la phase subaiguë, entre le niveau d'atteinte sensitive et les limitations dans les AVQ évaluées par l'index de Barthel et le *Rivermead Mobility Index* (11,12).

La présence de troubles sensitifs peut également avoir un impact sur l'efficacité de la thérapie physique en général. En effet, de nombreuses méthodes de rééducation motrice sont basées sur le retour sensitif. On peut citer comme exemples les méthodes de Bobath et la facilitation neuromusculaire par la proprioception (méthode de Kabat) (13).

Sur un groupe de 17 patients hémiparétiques, Yoon et al. montrent qu'après un mois de rééducation, le score au *Timed Up and Go test* (TUG) et au test de marche de 10 mètres (TDM10m) progresse moins chez les patients avec des potentiels évoqués sensitifs (PES) altérés par rapport à ceux dont les PES sont normaux (14). Sur une cohorte de 117 patients en phase subaiguë d'un AVC, Hwang et al. ont trouvé que l'équilibre et la marche, évalués par le BBS et la *Functional Ambulation Category* (FAC), étaient meilleurs en fin d'hospitalisation

chez les patients ayant initialement les meilleurs PES recueillis après stimulation du nerf tibial (15).

Dans le but de comprendre l'origine des déficiences sensitives qui peuvent survenir à la suite d'une lésion cérébrale, nous allons essayer de comprendre la façon dont s'organisent les structures anatomiques du système somatosensoriel.

1.2. Anatomie fonctionnelle du système somatosensoriel

1.2.1. Les récepteurs périphériques

Le signal sensitif naît des récepteurs périphériques situés au niveau viscéral, cutané, musculo-tendineux et articulaire (16). Certains de ces récepteurs périphériques sont d'une importance cruciale pour le contrôle du mouvement. Parmi eux, on peut citer :

- Les fuseaux neuromusculaires qui ont pour rôle de détecter les modifications de longueur des muscles striés squelettiques. Les fibres intrafusales sont innervées par des afférences de type Ia, de large diamètre, myélinisées, à conduction rapide, ainsi que des afférences de type II, myélinisées, de diamètre et vitesse de conduction intermédiaires. Elles véhiculent en permanence les informations liées à la longueur mais également à la vitesse de changement de longueur de ces muscles.
- Les organes tendineux de Golgi, qui sont des mécanorécepteurs captant la quantité de tension appliquée sur le tendon des muscles striés squelettiques. Ils sont innervés par des afférences myélinisées, de large diamètre, à vitesse de conduction rapide, dites Ib.
- Les récepteurs cutanés (disques de Merkel, corpuscules de Meissner, corpuscules de Pacini et terminaisons de Ruffini), des mécanorécepteurs qui captent la pression cutanée, notamment à la plante du pied. Ils sont impliqués dans discrimination de textures, dans la perception des vibrations et de l'étirement cutané. Ils sont innervés par

des afférences myélinisées, de diamètre et vitesse de conduction intermédiaires (type II).

- Les récepteurs articulaires (terminaisons de Golgi, De Ruffini et corpuscules *Pacini-like*) qui captent l'information concernant la position d'une articulation. Leur participation à la proprioception est limitée, comme le montre la persistance d'un sens de la position articulaire chez les patients ayant bénéficié d'un remplacement articulaire prothétique. Ils sont innervés par des afférences myélinisées, de diamètres et vitesses de conduction très variables (Types I à III) (17,18).

A partir de ces récepteurs, l'information sensitive consciente est véhiculée jusqu'au thalamus et au cortex cérébral par deux voies afférentes principales : la voie cordonale postérieure et la voie antéro-latérale.

L'information sensitive inconsciente est, elle, principalement véhiculée par deux autres faisceaux ascendants qui rejoignent le cervelet et la substance réticulée du tronc cérébral : les tractus spino-cérébelleux (antérieur et postérieur), et le tractus spino-réticulaire.

1.2.2. Voies de la sensibilité consciente

Les voies de la sensibilité consciente se répartissent en 2 voies principales, selon le type d'information transmise : La voie cordonale postérieure (également nommée voie lemniscale), et la voie antéro-latérale (également nommée voie extra-lemniscale ou encore voie spinothalamique). Notons que les afférences sensitives faciales empruntent des voies différentes que nous ne décrivons pas au cours de ce travail.

1.2.2.1. La voie cordonale postérieure

1.2.2.1.1. Trajet de la voie cordonale postérieure

La voie cordonale postérieure, ou lemniscale, véhicule les informations liées à la sensibilité tactile épicrotique et à la sensibilité proprioceptive (Figure 1). Dans cette voie, on trouve notamment les afférences de type Ia, Ib et de type II. C'est un système à 3 neurones. Le premier neurone emprunte la corne postérieure de la moelle, remonte le long des cordons postérieurs de la moelle homolatérale, en formant les faisceaux graciles et cunéiformes, contenant respectivement les afférences du membre inférieur et supérieur. Ces faisceaux rejoignent les noyaux graciles et cunéiformes du bulbe homolatéral où le 1^{er} neurone fait synapse avec le 2^e neurone. Ce 2^e neurone traverse la ligne médiane pour former le lemnisque médian et rejoint le noyau ventral postéro-latéral (NVPL) du thalamus controlatéral. A ce niveau, le 2^e neurone fait synapse avec un 3^e neurone, qui se dirige depuis le thalamus jusqu'au cortex somatosensoriel primaire (Figure 2) situé dans le gyrus post-central (18). Le thalamus envoie également des afférences vers d'autres structures telles que les noyaux gris centraux (19–22).

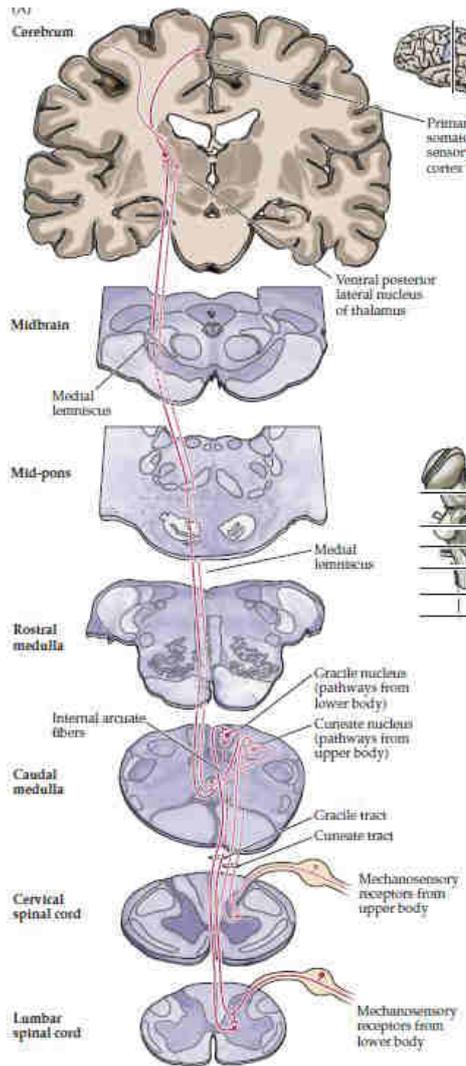


Figure 1: Voie cordonale postérieure. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 203

1.2.2.1.2. Centres d'intégration

1.2.2.1.2.1. Cortex somatosensoriel

Le cortex somatosensoriel primaire se compose de 4 régions distinctes : les aires de Brodmann 3a, 3b, 1 et 2 (Figures 2 et 3). Au niveau de chaque aire somatosensorielle primaire, les afférences sensibles sont réparties selon une somatotopie bien décrite, schématisée par l'homunculus sensitif de Penfield, avec, de la région médiale à la région latérale, les afférences des organes génitaux, du pied, du membre inférieur, du tronc, de la tête (à l'exception de la face), du membre supérieur, de la main puis de la face (Figures 3 et 4) (18,23).

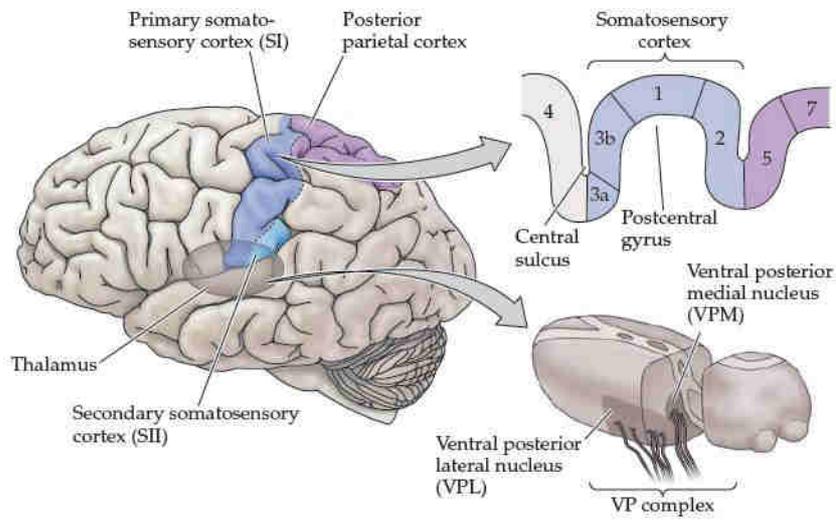


Figure 2: Cortex somatosensoriel et noyau thalamique ventral postéro-latéral. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 206

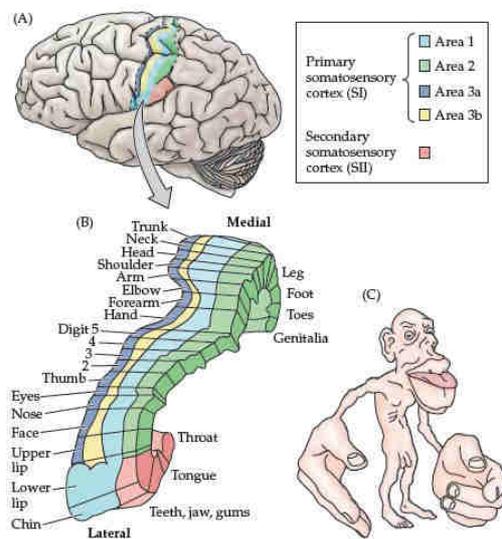


Figure 3: Aires somatosensorielles primaire et secondaire et Homunculus de Penfield. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 206

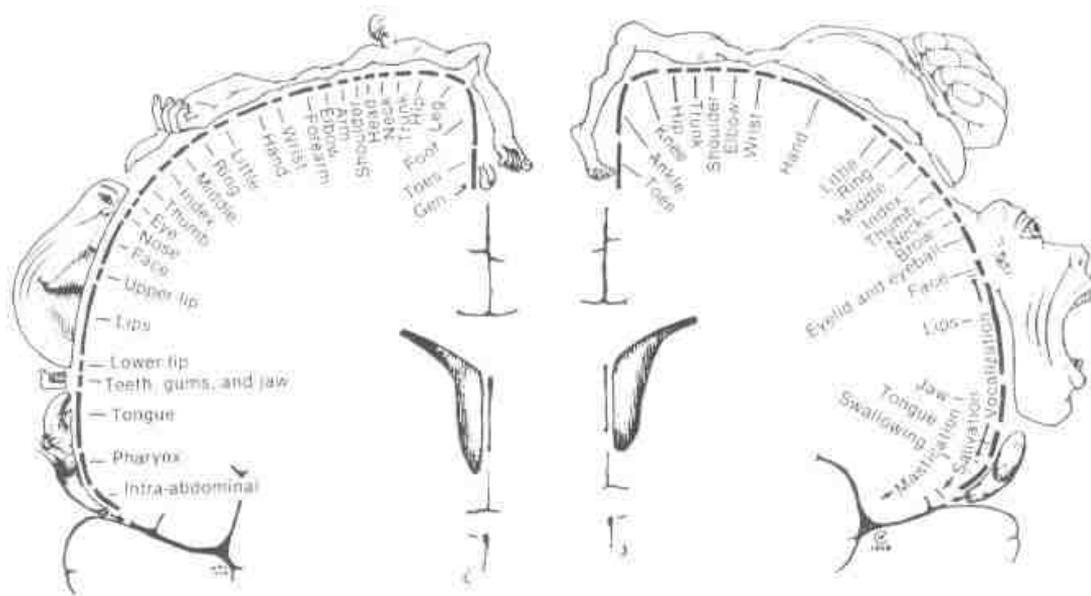


Figure 4: Homunculus sensitif de Penfield (gauche) et moteur (droite) (Penfield and Boldrey, 1937).

Les expériences chez des primates non-humains suggèrent que l'aire 3a intègre essentiellement des informations proprioceptives, que les aires 3b et 1 intègrent essentiellement des informations cutanées, et que l'aire 2 intègre des informations cutanées et proprioceptives (24). L'aire 3b reçoit la majorité des afférences cutanées et envoie d'importantes afférences vers les aires 1 et 2, qui sont impliquées dans différents aspects de la sensibilité épicrotique tels que la reconnaissance tactile de texture, de forme et de taille. Les 4 aires somatosensorielles primaires envoient des afférences vers le cortex somatosensoriel secondaire. Le cortex somatosensoriel secondaire envoie à son tour des afférences vers l'amygdale et l'hippocampe, qui sont impliqués dans l'apprentissage. Enfin, l'aire 2 envoie des afférences vers les aires pariétales 5 et 7, plus postérieures. Ces aires pariétales envoient des afférences vers les cortex moteur et prémoteur, jouant ainsi un rôle crucial dans le contrôle conscient du mouvement (18) (Figure 5).

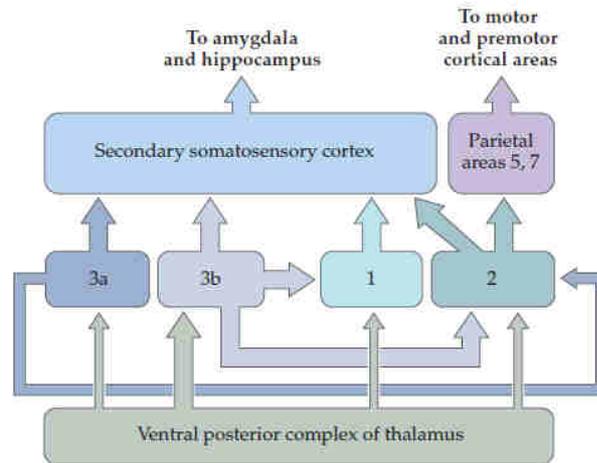


Figure 5: Connexions au sein du cortex somatosensoriel. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 208.

1.2.2.1.2.2. Le thalamus

En plus de sa fonction de relai, le thalamus jouerait également un rôle d'intégration. En effet, selon des travaux récents, une intégration des afférences sensibles et vestibulaires se feraient au niveau du thalamus postéro-latéral. Cette intégration jouerait un rôle dans la création d'un modèle interne de verticalité (25,26).

1.2.2.2. La voie antéro-latérale

La voie antéro-latérale (Figure 6) est principalement impliquée dans le système de la douleur. Elle contient des afférences de types III et IV, peu ou pas myélinisées, fines, à vitesse de conduction lente. Ces afférences véhiculent les informations liées à la sensibilité algique. Elles véhiculent également des informations non-douloureuses : la sensibilité au froid, au chaud et au toucher non-discriminatif, dit tact protopathique.

1.2.2.2.1. Trajet de la voie antéro-latérale

C'est également un système à 3 neurones. Son 1^{er} neurone fait synapse avec le 2^e neurone au niveau de la corne postérieure de la moelle épinière. Ce 2^e neurone traverse

immédiatement la ligne médiane pour ensuite remonter le long des faisceaux antérieurs et latéraux de la moelle controlatérale. Ces faisceaux constituent le tractus spino-thalamique. Les faisceaux antérieurs véhiculent l'information tactile protopathique, les faisceaux latéraux véhiculent l'information sensitive thermo-algique (27). Ces 2 faisceaux forment le tractus spino-thalamique et rejoignent le NVPL du thalamus controlatéral. A ce niveau, le 2^e neurone fait synapse avec un 3^e neurone, qui se dirige depuis le thalamus jusqu'au cortex somatosensoriel situé dans le gyrus post-central. Ce 3^e neurone emprunte le même trajet que le 3^e neurone de la voie cordonale postérieure. Cependant, leurs terminaisons se distribuent de manière individualisée au niveau thalamique et cortical

D'autres afférences du système antéro-latéral rejoignent la substance réticulée, la substance grise péri-aqueducale, le colliculus supérieur, le noyau parabrachial situé dans la partie rostrale du pont, ainsi que les noyaux thalamiques médiaux (Figure 7) (18).

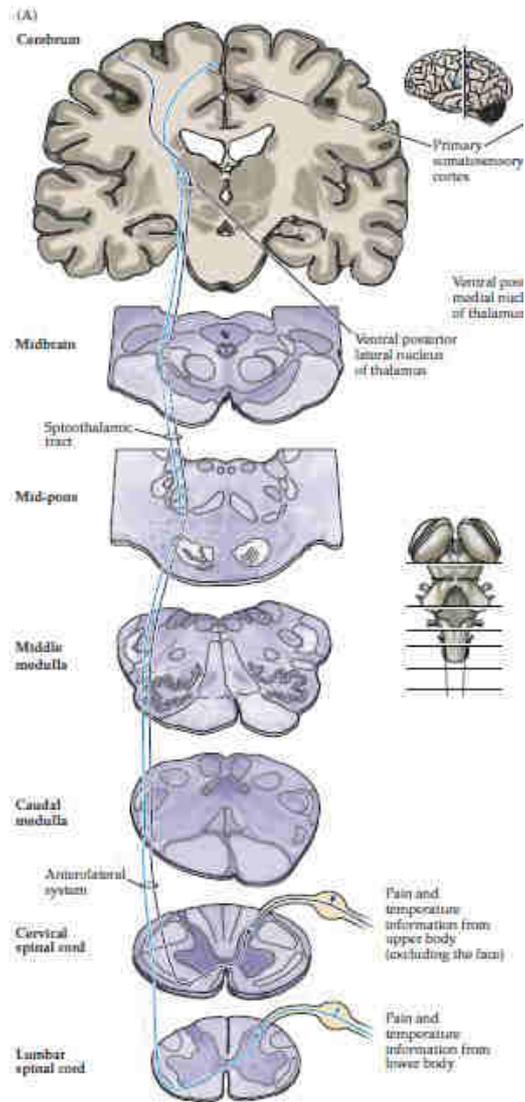


Figure 6: Système antérolatéral. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 223

1.2.2.2.2. Centres d'intégration

1.2.2.2.2.1. Intégration sensori-discriminative

La sensibilité thermoalgique consciente est intégrée au niveau des cortex somatosensoriels primaire et secondaire. A ce niveau, l'intégration de l'information thermoalgique est impliquée dans l'aspect discriminatif de la sensibilité douloureuse (localisation,

intensité et qualité de la douleur), dans la localisation grossière d'une stimulation tactile et dans la discrimination du chaud et du froid. La représentation corticale du corps suit la même somatotopie que celle décrite pour le système cordonal postérieur (18).

1.2.2.2.2. Intégration végétative, affective et motivationnelle

La substance réticulée, la substance grise péri-aqueducule et le colliculus supérieur sont impliqués dans les réactions végétatives et posturales à la douleur. Le noyau parabrachial et les noyaux thalamiques médiaux forment avec l'hypothalamus, l'amygdale et les cortex insulaire et cingulaire antérieur un réseau complexe impliqué dans les aspects affectif et motivationnel de l'expérience douloureuse (Figure 7) (18).

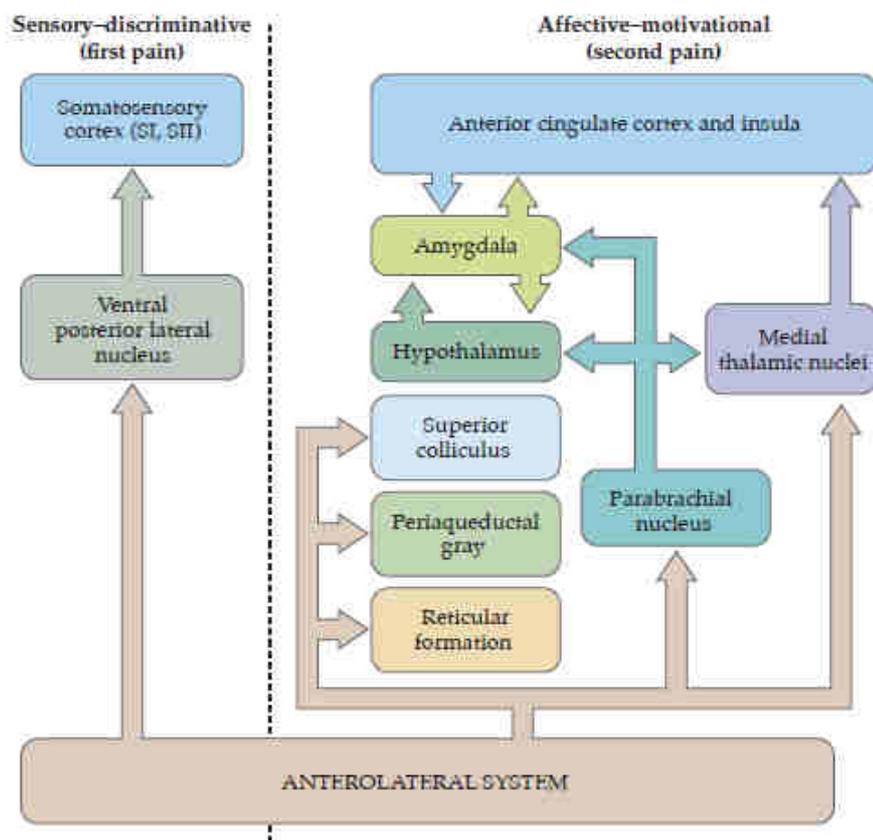


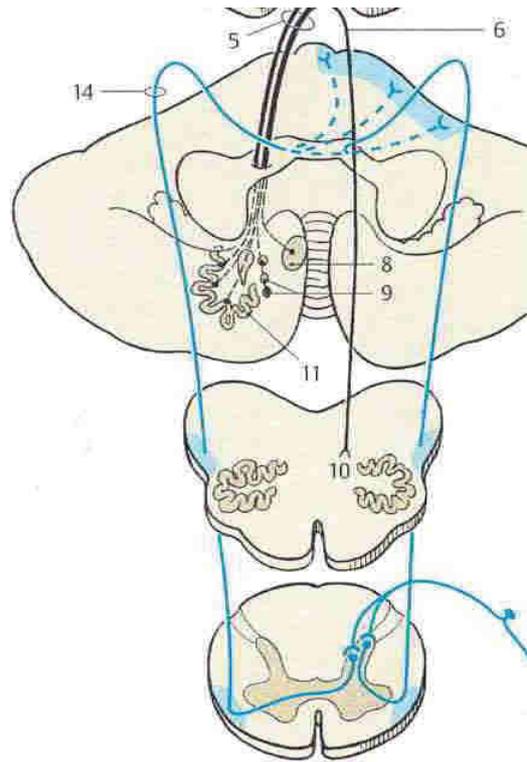
Figure 7: Système antéro-latéral. D'après Purves D, éditeur. Neuroscience. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p. 219

1.2.3. Voies de la sensibilité inconsciente

1.2.3.1. Faisceaux spinocérébelleux antérieur et postérieur

La sensibilité proprioceptive inconsciente des membres inférieurs est véhiculée au cervelet par 2 faisceaux principaux : les faisceaux spinocérébelleux antérieur et postérieur (Figure 8 et 9). C'est un système à 2 neurones.

Concernant le faisceau spino-cérébelleux antérieur (Figure 8) : Le premier neurone arrive de la périphérie via la corne postérieure de la moelle où il fait synapse avec le 2^e neurone. Ce deuxième neurone peut avoir 2 trajets possibles : soit il ne décusse pas du tout, soit il décusse au niveau médullaire puis il décusse une seconde fois au niveau de la partie rostrale du pont ou de la partie caudale du mésencéphale. Dans les 2 cas, il emprunte ensuite le pédoncule cérébelleux supérieur et rejoint le cervelet médian et paramédian ipsilatéral.



B Tractus cérébello-réticulaire
 Tractus cérébello-rubral
 Tractus cérébello-thalamique
 Tractus spino-cérébelleux ventral

Figure 8: Tractus spino-cérébelleux antérieur (14). D'après Platzer W, Kahle W. Atlas de poche d'anatomie. Paris: Flammarion médecines-sciences; 2007. p.167.

Concernant le faisceau spino-cérébelleux postérieur (Figure 9) : Le premier neurone arrive de la périphérie par la corne postérieure de la moelle. C'est à cet endroit qu'il fait synapse avec le 2^e neurone pour former ce faisceau spino-cérébelleux postérieur. Ce faisceau ne décusse pas et remonte directement jusqu'au cervelet médian et paramédian ipsilatéral en empruntant le pédoncule cérébelleux inférieur. Dans sa portion bulbo-pontique, ce faisceau est longé par le faisceau olivo-cérébelleux qui véhicule des informations sensibles de l'hémicorps controlatéral (17,28).

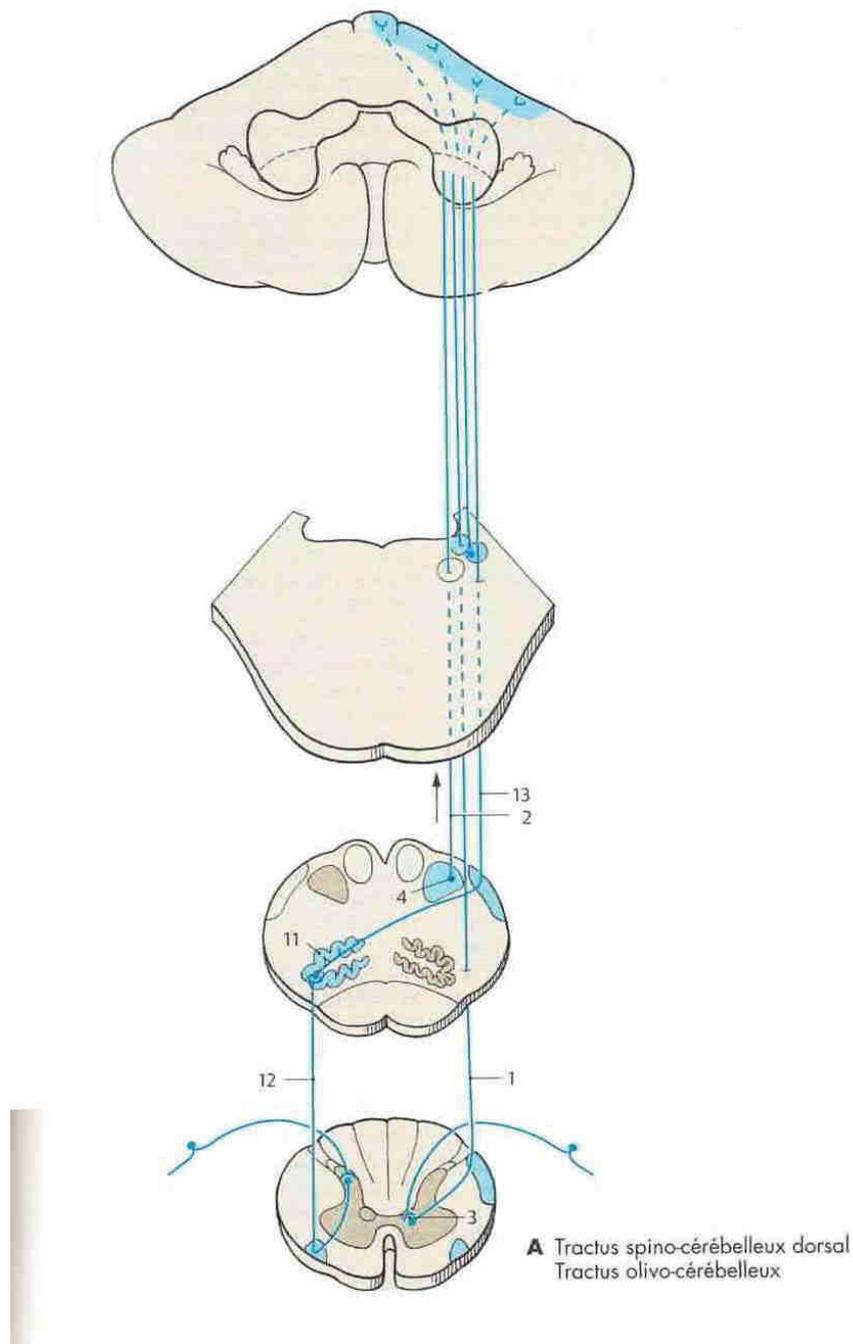


Figure 9: Tractus spino-cérébelleux dorsal (1). D'après Platzer W, Kahle W. Atlas de poche d'anatomie. Paris: Flammarion médecines-sciences; 2007. p. 165.

Le cervelet participe au contrôle du mouvement en comparant en permanence le mouvement planifié et le mouvement réalisé (29).

1.2.3.2. Tractus spino-réticulaire

Le tractus spino-réticulaire reçoit des afférences très hétérogènes, les principales étant des afférences nociceptives. C'est un système à 2 neurones. Le premier neurone arrive de la périphérie par la corne postérieure de la moelle épinière. Il fait synapse avec un 2^e neurone qui décusse immédiatement et remonte dans le quadrant antéro-latéral de la moelle controlatérale, en longeant le tractus spinothalamique dont il reçoit quelques collatérales. Il rejoint la substance réticulée du tronc cérébral qui est impliquée dans les réactions motrices réflexes et neurovégétatives à la douleur (30).

Le tractus spino-réticulaire recevrait également des afférences proprioceptives, qu'il véhiculerait jusqu'à la substance réticulée. Ce tractus semble également impliqué dans le contrôle de la marche et du tonus postural (17).

1.3. Rôle du système sensitif dans le contrôle de la marche et de l'équilibre

On sait que l'activité automatique de la marche dépend de centres générateurs situés au niveau médullaire (CPG, *Central Pattern Generator*). Cependant, à l'inverse des quadrupèdes où la part jouée par les centres spinaux est la plus importante, chez les bipèdes, ce centre générateur est soumis à un important contrôle supraspinal.

Nous aborderons séparément le rôle du système sensitif dans ce contrôle spinal et supraspinal de la marche et de l'équilibre.

1.3.1. Rôle des afférences sensitives dans le contrôle spinal de la marche et de l'équilibre

Les afférences sensitives impliquées dans le contrôle de la marche peuvent être systématisées en deux groupes : les afférences liées à la mise en charge et les afférences liées à la position des articulations. Les afférences liées la mise en charge proviennent principalement des organes tendineux de Golgi des muscles extenseurs et des mécanorécepteurs de la plante

du pied. Les afférences en lien à la position des articulations proviennent principalement des fuseaux neuromusculaires, des mécanorécepteurs situés dans les capsules articulaires et, accessoirement, des récepteurs cutanés autour des articulations (31).

Pendant la phase d'appui, l'activation des organes de Golgi lors de la mise en tension du tendon calcanéen participe au contrôle de l'extension du genou (32). De plus, des expériences d'anesthésie plantaire suggèrent que l'activation des récepteurs plantaires en début de phase d'appui participe à la diminution de l'activité du tibial antérieur et à l'augmentation de l'activité des muscles gastrocnémiens (33). En fin de phase d'appui, l'étirement des fuseaux neuromusculaires des muscles fléchisseurs de hanche entraîne une inhibition réciproque des muscles extenseurs de hanche, ce qui prépare et facilite le passage en phase oscillante (32). Enfin, également en fin de phase d'appui, le réflexe de contraction secondaire à l'étirement du fuseau neuromusculaire des muscles gastrocnémiens et soléaire permet d'assister la propulsion en phase oscillante (31).

En début de phase oscillante, à la cheville, le raccourcissement des fuseaux neuromusculaires des muscles fléchisseurs plantaire participe à l'inhibition du réflexe d'étirement de ces mêmes muscles. Ceci permet une facilitation de la dorsiflexion de cheville (31). Enfin, en fin de phase oscillante, les afférences proprioceptives participent au contrôle de l'activation synchrone des extenseurs de genou et des stabilisateurs de cheville (co-contraction des extenseurs et fléchisseurs) avant l'impact au sol (34).

1.3.2. Rôle des afférences sensibles dans le contrôle supra-spinal de la marche et de l'équilibre

A l'inverse du rôle des afférences sensibles dans le contrôle spinal de la marche, le rôle précis des afférences sensibles dans le contrôle supra-spinal n'est pas bien connu.

L'importance de ces afférences sensibles est néanmoins certaine, au vu des troubles de la marche observés chez les patients présentant des troubles de la sensibilité au membre inférieur après un AVC (32).

Le contrôle supra-spinal de la marche intervient notamment lors de l'adaptation aux contraintes du terrain, par exemple pour contourner des obstacles. Les stratégies d'adaptation posturale face à une perturbation sont programmées au niveau médullaire et le contrôle supra-spinal permet de sélectionner le programme le plus adapté au type de perturbation rencontré, ce qui nécessite un retour sensitif (34,35). Ce contrôle supra spinal implique des efférences venant de la formation réticulée du tronc cérébral, des ganglions de la base, du cortex prémoteur et moteur, du cervelet et dépend d'afférences visuelles, vestibulaires et sensibles (36). Plusieurs expériences ont montré que le poids des afférences sensibles dans le contrôle postural est supérieur à celui des afférences vestibulaires et visuelles (34). Ces afférences sensibles participent également à la fonction d'équilibration. Elles sont nécessaires à la création d'un modèle interne de la verticalité. En effet, une corrélation positive existe entre l'importance du déficit sensitif, évalué par le *Rivermead Assessment of Somatosensory Performance* (RASP), et la perturbation de la perception de la verticalité posturale et visuelle (37,38).

1.4. Syndromes sensitifs après lésion cérébrale

Les troubles de la sensibilité après un AVC peuvent être liés à l'atteinte de plusieurs structures avec des syndromes variables selon la topographie de la lésion.

1.4.1. Lésions du tronc cérébral

Les AVC du tronc cérébral sont souvent liés à des infarctus de petite taille ou des hémorragies situés au niveau du bulbe ou du pont. Ces lésions peuvent donner un déficit sensitivomoteur pur ou prédominant.

Les AVC latéraux du bulbe et du pont sont responsables d'une atteinte de la sensibilité thermoalgique. Une atteinte de la partie la plus externe affecte surtout l'hémiface ipsilatérale et l'hémicorps inférieur controlatéral, alors qu'une atteinte plus interne a tendance à affecter préférentiellement l'hémicorps supérieur controlatéral. Une atteinte étendue affecte l'hémiface ipsilatérale et l'hémicorps controlatéral (39,40). Cette atteinte dissociée de l'hémiface ipsilésionnelle et de l'hémicorps controlésionnel est désignée sous le terme de syndrome sensitif alterne (41).

Les AVC paramédians du tronc cérébral sont plus fréquents au niveau du pont qu'au niveau du bulbe. Ils donnent un syndrome sensitif prédominant volontiers dans la région cheiro-orale ou au membre inférieur. Il concerne la pallesthésie et la proprioception et est souvent associé à des vertiges et une marche ataxique (39,40).

1.4.2. Lésion thalamique

Un déficit sensitif pur peut être observé à la suite d'infarctus lacunaires au niveau du NVPL du thalamus. Le déficit sensitif est le plus souvent cruro-brachio-facial et peut intéresser toutes les modalités. Il peut être associé à une ataxie (42,43). Y sont souvent associées des dysesthésies à type de paresthésie, engourdissement voire douleurs neuropathiques parfois absentes à la phase initiale mais apparaissant volontiers dans les semaines voire mois suivant l'AVC (39,44). En cas de lésion thalamique plus étendue, des déficits associés peuvent être observés. Ces déficits peuvent être extrêmement variables (troubles du langage, troubles visuospatiaux, hémiparésie, troubles de la vigilance, de l'orientation, troubles de la mémoire...) (45).

1.4.3. Lésion corticale pariétale

2 principaux syndromes sensitifs sont décrits après une lésion corticale pariétale.

Le syndrome cortical sensitif, qui consiste en des troubles isolés de la sensibilité discriminative (proprioception, stéréognosie, graphesthésie). Ces patients présentent souvent une lésion du cortex pariétal supéro-postérieur.

Le syndrome pseudothalamique, qui consiste en un déficit facio-brachio-crural pouvant intéresser toutes les modalités. Ces patients présentent souvent une lésion du cortex pariétal antéro-inférieur (opercule pariétal, insula postérieure) associée à une lésion de la substance blanche sous-jacente. Il peut donner des troubles de la marche et est volontiers associé à des troubles du langage en cas de lésion hémisphérique gauche, et à des troubles visuoconstructifs et visuospatiaux en cas de lésion hémisphérique droite (39,46–48).

Enfin, il existe des syndromes sensitifs atypiques, très hétérogènes, qui consistent en un déficit pouvant concerner toutes les modalités sensitives, de répartition variable en fonction de la topographie de la lésion (39,46)

1.5. Prise en charge des troubles sensitifs

1.5.1. Évaluation des déficiences sensitives

Le diagnostic des troubles sensitifs après un AVC dépend grandement de la précision de l'examen clinique. En évaluant uniquement le tact protopathique, la prévalence retrouvée est comprise entre 25 et 40%, mais monte jusqu'à 85-89% lors d'un examen clinique intéressant toutes les modalités (39). Bien que la plupart des professionnels s'accordent sur l'importance de l'évaluation des troubles sensitifs après un AVC, peu les évaluent de manière approfondie en routine clinique. Une des explications à ce constat est la littérature peu abondante sur le sujet et l'absence de méthode d'évaluation des troubles sensitifs strictement validée, notamment au membre inférieur (19,49). Cette absence de *gold standard* rend difficile l'évaluation de la validité et de la sensibilité au changement des différentes échelles proposées. Un autre obstacle à l'évaluation du déficit sensitif est qu'elle dépend grandement de la subjectivité du patient.

L'enregistrement des potentiels évoqués sensitifs (PES) est une technique d'évaluation objective de l'atteinte des voies sensitives mais est difficilement réalisable en pratique clinique courante (19).

Les échelles d'évaluations des troubles sensitifs après un AVC les plus citées dans la littérature sont le *Rivermead Assessment of Somatosensory Performance* (RASP), la section sensitive du *Fugl-Meyer Assessment* (FMA-S) et le *Nottingham Sensory Assessment* (NSA) (19,50).

1.5.1.1. Potentiels évoqués somesthésiques

Les potentiels évoqués somesthésiques consistent en une stimulation électrique sur un tronc nerveux sensitif ou mixte distal (par exemple le nerf tibial) et l'enregistrement de l'activité électrique qui en découle sur le trajet des voies sensitives. Pour les PES recueillis après stimulation du nerf tibial, l'activité électrique peut être enregistrée au niveau périphérique, lombaire, sous-cortical et cortical. Les potentiels recueillis correspondent essentiellement à ceux induits dans la voie cordonale postérieure du fait d'un seuil d'activation des récepteurs périphériques inférieur à ceux de la voie antéro-latérale (51,52). Quelques études mettent en évidence une valeur pronostique des potentiels évoqués sensitifs tibiaux sur la récupération de la marche après un AVC (14,15,53).

Cependant, à notre connaissance, aucune étude n'a évalué la validité des PES en tant qu'outil d'évaluation des déficits sensitifs après un AVC.

1.5.1.2. Le Nottingham Sensory Assessment (NSA), (revised)NSA et Erasmus MC-modified NSA

1.5.1.2.1. Le Nottingham Sensory Assessment

Le NSA a été publié en 1991 par Lincoln et al. C'est la première grille d'évaluation standardisée des troubles sensitifs après un AVC.

Les modalités évaluées sont la sensibilité tactile (sensibilité thermique, au toucher léger, à la pression, à la douleur, localisation tactile, perception d'un toucher bilatéral simultané et seuil de discrimination de 2 points), la proprioception (détection du mouvement, sens de sa direction et sens de la position des articulations dans l'espace) et la stéréognosie (reconnaissance tactile d'objets). Le résultat est exprimé sous la forme d'un tableau associant chaque site d'évaluation aux différentes modalités évaluées. Le résultat est exprimé dans chaque case de manière qualitative par « normal », « diminué » ou « absent ».

Le matériel requis est constitué d'objets facilement trouvables dans le commerce et d'un outil type *Neurotip*. Le temps de passation est long, allant jusqu'à une heure.

Concernant la fiabilité : La fiabilité test-retest est insuffisante avec des coefficients kappa de Cohen variant entre 0,92 et 0,13 pour les différentes modalités. La fiabilité inter-évaluateur est mauvaise.

La validité n'a pas été évaluée.

La sensibilité au changement n'a pas été évaluée.

Enfin, une autre limite est l'expression qualitative et sous forme de tableau des résultats, rendant l'analyse statistique des résultats difficile (54).

1.5.1.2.2. Le revised NSA (rNSA)

Le rNSA, a été publié en 1998, par Lincoln et al. C'est une modification du NSA ayant pour objectif la réduction du temps de passation et l'amélioration de la fiabilité inter-évaluateur.

La durée de l'évaluation du côté sain a été réduite par un système de hiérarchisation. Le toucher léger et la sensibilité thermique sont testés en premier, et si le patient répond correctement, les autres modalités ne sont pas testées.

Chaque membre est évalué de distal à proximal et si l'évaluation distale est normale pour une modalité, les segments plus proximaux ne sont pas évalués et sont cotés normaux pour cette modalité.

Concernant l'évaluation de la kinesthésie : Les 3 échelles de kinesthésie ont été compactées en une seule échelle. L'évaluation se fait de distal en proximal, et si l'évaluation distale est normale, les segments proximaux ne sont pas évalués et sont cotés normaux.

La fiabilité inter-évaluateur reste mauvaise, avec la plupart des coefficients kappa inférieurs à 0,4.

La validité n'a pas été évaluée.

La sensibilité au changement n'a pas été évaluée (55).

1.5.1.2.3. The Erasmus MC modifications to the rNSA

Publiée en 2006, cette troisième version du NSA a vu les modifications suivantes:

Plusieurs items ont été retirés (sensibilité thermique, localisation tactile, perception du toucher bilatéral simultané). Une évaluation de la discrimination du pique-touche a été rajoutée. La localisation précise des zones à évaluer, ainsi que la manière d'évaluer la proprioception ont été davantage standardisées. Les modalités d'évaluation du seuil de discrimination de 2 points ont été modifiées selon les recommandations de la Société Américaine de la Chirurgie de la Main. Le temps de passation moyen est de 10 à 15 minutes. La fiabilité inter-évaluateur et test-retest est bonne (56).

La validité, évaluée avec un modèle de Rasch, est mauvaise (57).

La sensibilité au changement n'a pas été évaluée.

1.5.1.3. Section sensitive du FMA ou FMA-S

Cette échelle n'évalue que la sensibilité au toucher léger et la proprioception, en différentes localisations des 4 membres. Chaque item est coté de 0 à 2 en ces différentes localisations. Le résultat est un score compris entre 0 et 12 pour chaque membre.

La fiabilité inter-observateur a été évaluée par le calcul du coefficient de corrélation intra-classe. Elle est excellente. La fiabilité test-retest n'a pas été évaluée.

La validité de construit a été estimée par calcul de la corrélation avec l'index de Barthel et du score moteur de FMA. La validité retrouvée est faible à modérée.

La sensibilité au changement retrouvée est faible, en raison notamment d'un important effet plafond (58).

1.5.1.4. Le Rivermead Assessment of Somatosensory Performance

Le *Rivermead Assessment of Somatosensory Performance* (RASP) est une échelle quantitative évaluant la discrimination du pique-touche, la sensibilité à la pression, la localisation de la sensation, la discrimination froid-chaud, la kinesthésie, l'extinction sensitive, et la discrimination de 2 points. Elle utilise un matériel spécifique constitué d'un *Neurometer*, d'un outil de mesure de la discrimination thermoalgique appelé *Neurotemp*, et d'un *Neurodisc*.

Elle comporte 5 épreuves principales et 2 épreuves secondaires.

Les 5 épreuves principales évaluent successivement la discrimination au pique-touche, la sensibilité à la pression, la localisation de la stimulation, la discrimination froid-chaud et la

kinesthésie. Les stimulations de la sensibilité tactile sont appliquées au visage, paume, dos de la main, plante et dos du pied pour un total de 10 sites (5 à droite et 5 à gauche). La kinesthésie est évaluée au coude, au poignet, au pouce, à la cheville et au gros orteil. Un score est calculé pour la détection du mouvement et un score est calculé pour l'identification de la direction du mouvement.

Pour chaque modalité, un stimulus est appliqué 6 fois par site selon une séquence prédéterminée. Un score sur 6 est déterminé selon le nombre de stimuli correctement perçus. Pour chaque hémicorps, l'addition de ces scores donne un score sensitif compris entre 0 et 180. Un score sensitif du corps entier peut être calculé, compris entre 0 et 360.

Les 2 épreuves secondaires évaluent l'extinction sensitive et la discrimination de 2 points. L'extinction sensitive est évaluée par 6 stimulations bilatérales simultanées au visage puis à la paume pour un score global compris entre 0 et 12. La discrimination de 2 points est évaluée à la pulpe de chaque index par l'application de 2 pointes et par la détermination de l'écart minimal permettant la distinction fiable des 2 pointes. Un seuil supérieur à 5 mm est considéré comme pathologique.

Enfin, pour la plupart des épreuves, des stimulations « *sham* » sont intercalées entre les autres stimulations, au cours desquelles il est demandé au patient ce qu'il perçoit, alors qu'aucun stimulus n'est appliqué. Le nombre de « faux positifs » permet de quantifier la fiabilité des réponses du patient.

Le temps de passation est d'environ 30 minutes.

Concernant la fiabilité, la reproductibilité inter-observateur et la reproductibilité test-retest sont bonnes (coefficients de corrélation de Pearson à 0,92 pour chacune).

La validité de construit a été évaluée par la mesure de la corrélation entre le RASP et le *Motricity Index*, le *Rivermead Motor Assessment* et l'index de Barthel. Les résultats étaient

décevants : des corrélations positives mais non significatives ont été mises en évidence pour les différentes modalités sensitives, à l'exception des modalités proprioceptives pour lesquelles une corrélation faible mais significative a été retrouvée avec chacune des 3 échelles (59).

La sensibilité au changement du RASP n'a pas été évaluée. La différence minimale cliniquement significative n'est pas non plus déterminée.

Une modification du RASP a été proposée par Busse et Tyson (2008). Cette modification diminue le temps de passation, afin de le rendre plus facile à utiliser en pratique clinique courante. Moins de modalités sont évaluées. Les modalités évaluées ne sont plus que la détection du mouvement, le sens de la direction du mouvement, la détection du toucher et la localisation du toucher. Pour chaque site évalué, la modalité sensitive évaluée est considérée comme « absente » (0 à 1 réponse correcte sur 6), « amoindrie » (2 à 4 réponses correctes) ou « intacte » (5 à 6 réponses correctes). Si une modalité sensitive est considérée comme absente ou intacte en une région d'un membre, les auteurs suggèrent de ne pas évaluer le reste de membre et de considérer la sensibilité à cette modalité comme absente ou intacte pour le reste du membre.

La fiabilité n'a pas été évaluée.

La validité de construit est conservée, avec une corrélation positive et significative entre le niveau de déficience sensitive et les scores de déficience (*Motricity Index*, *Brunel Balance Assessment*) et de limitation d'activité (*Rivermead Mobility Index*, *Index de Barthel*).

La sensibilité au changement n'a pas été évaluée (60).

1.5.1.5. Synthèse

Il existe plusieurs échelles d'évaluation des troubles sensitifs après un AVC. Cependant, aucune de ces échelles n'a de propriétés psychométriques satisfaisantes et il n'existe aucun *gold standard*.

En 2011, dans une revue des différentes échelles d'évaluation des troubles sensitifs dans les affections neurologiques, Connell et Tyson recommandent l'utilisation en pratique clinique courante du FMA-S ou de l'EmNSA, en raison de leur meilleure faisabilité (50). En 2016, Kessner et al. recommandent l'usage en pratique clinique du EmNSA puisque le FMA-S n'évalue que 2 modalités sensitives. Cependant, dans le cadre de la recherche, ils recommandent l'usage du RASP car bien que l'équipement nécessaire soit plus cher, l'évaluation est bien standardisée, et le résultat en échelle intervallaire se prête mieux à l'analyse statistique que l'EmNSA qui ne peut pas s'exprimer sous la forme d'un score.

Donc, bien que non validé en français et non spécifique du membre inférieur, c'est le Rivermead Somatosensory Assessment qui paraît être l'échelle la plus adaptée pour l'évaluation clinique des troubles sensitifs après un AVC dans le cadre de la recherche.

1.5.2. Prise en charge rééducative des troubles sensitifs

Les troubles sensitifs ont tendance à s'améliorer au cours d'une prise en charge rééducative standard sans intervention spécifique (39,61,62). Néanmoins de nombreux patients gardent des séquelles en phase chronique (4). Vu l'impact fonctionnel de ces troubles sensitifs, il est important de pouvoir les prendre en charge de manière spécifique.

Plusieurs méthodes de rééducation ciblant le système somatosensoriel ont été décrites dans la littérature. L'étude de leur efficacité sur les troubles sensitifs spécifiquement est difficile à mettre en évidence du fait des difficultés d'évaluation de cette déficience qui ont été

évoquées précédemment. En effet, les critères de jugement utilisés sont principalement des critères de fonction, mais rarement une évaluation sensitive. Ceci est lié à la grande difficulté d'évaluer la fonction sensitive de façon valide, fiable et sensible au changement (63,64).

Les interventions décrites se répartissent en des techniques dites « passives » et « actives ». Les techniques passives incluent la stimulation électrique, la compression pneumatique intermittente, la thermothérapie, la vibrothérapie, la mobilisation articulaire passive. Les techniques « actives » incluent le réentraînement proprioceptif au cours de mouvements actifs et des exercices de réentraînement de la sensibilité discriminative.

1.5.2.1. Techniques de rééducation sensitive passives

La compression pneumatique intermittente n'a été évaluée qu'au membre supérieur, où son application semble entraîner une amélioration de la récupération sensitive (65).

La neurostimulation électrique transcutanée (TENS) a été étudiée dans 5 essais qui suggèrent une efficacité de la stimulation nerveuse transcutanée sur l'équilibre et la mobilité (66–68), ainsi que sur la sensibilité (69).

La thermothérapie a été étudiée dans 3 essais. Ils suggèrent un effet positif de la thermothérapie sur le contrôle moteur et la spasticité au membre inférieur, la déambulation et l'équilibre (70–72).

La vibrothérapie a été étudiée dans 2 essais. L'un de ces essais suggère un effet positif de la vibrothérapie sur les oscillations posturales mesurées en posturographie et les paramètres spatiotemporels de la marche (73). L'autre essai suggère une amélioration de la dorsiflexion de cheville à la phase oscillante après application des vibrations sur les tendons des muscles releveurs du pied (74).

Un protocole de mobilisation articulaire passive a été étudié dans un essai. Cet essai suggère un effet positif sur la proprioception qui était mesuré par l'erreur de repositionnement du genou après une mobilisation passive yeux fermés. L'essai retrouve une diminution de cette erreur de repositionnement dans le groupe ayant bénéficié d'exercices de mobilisation passive. (75).

Enfin, l'étude d'un programme de stimulation multimodale associant stimulation proprioceptive, stimulation tactile, vibrothérapie et TENS suggère une amélioration de l'équilibre, du contrôle du tronc et de l'autonomie globale. L'étude n'a pas réussi à mettre en évidence d'amélioration sur l'examen sensitif (76).

1.5.2.2. Techniques de rééducation sensitive actives

Un protocole de mouvement actif aidé par robot associé à une stimulation vibratoire semble entraîner une amélioration motrice et sensitive au membre inférieur (77).

Le ré-entraînement de la sensibilité discriminative plantaire semble entraîner une diminution des oscillations posturales mesurées en posturographie (78) avec des effets encourageants sur la sensibilité plantaire, l'équilibre, la vitesse de marche et le niveau d'aide technique nécessaire à la marche (79). D'autres programmes de ré-entraînement sensitif semblent également entraîner une amélioration de la proprioception, du tact léger et des paramètres posturaux (76,80). L'imagerie mentale associée au ré-entraînement proprioceptif a mis en évidence une majoration des bénéfices du ré-entraînement proprioceptif sur l'équilibre, la mobilité et la proprioception (81). Enfin, la marche yeux fermés sur tapis roulant présenterait une plus grande efficacité sur l'amélioration de la proprioception au niveau du genou en comparaison à la marche yeux ouverts (82).

Un essai randomisé non publié par Acerra et al. suggère une efficacité d'un protocole de rééducation sensitivo-motrice par thérapie miroir sur la sensibilité thermoalgique et le toucher léger (83).

Enfin, d'autres interventions actives sollicitant le système proprioceptif ont également montré des résultats encourageants. La comparaison du travail de l'équilibre sur surface instable en milieu aquatique et hors milieu aquatique montrerait une plus grande amélioration de la proprioception et de l'équilibre en milieu aquatique (84). Le transfert de poids contraint au moyen d'une talonnette permettrait une amélioration de la marche et de l'équilibre (85,86).

1.5.2.3. Efficacité globale des méthodes de rééducation sensitive

Ces méthodes de rééducation ont fait l'objet de revues de la littérature et de méta-analyses, dont la portée reste cependant limitée par la faible qualité méthodologique globale et la grande diversité des interventions étudiées ainsi que la grande diversité des critères de jugement. En 2010, une revue Cochrane par Doyle et al. s'est intéressée spécifiquement à la rééducation des troubles sensitifs au membre supérieur. En raison d'un risque de biais élevé dans les études incluses, aucune méthode n'a pu montrer sa supériorité, mais 3 méthodes montraient des résultats encourageants : la thérapie miroir, la compression pneumatique intermittente et la stimulation thermique (83). En 2019, Chia et al. ont réalisé une revue de littérature et une méta-analyse sur la rééducation des troubles sensitifs au membre inférieur spécifiquement (63). En 2019 également, Serrada et al. ont réalisé une méta-analyse sur l'efficacité de la rééducation sensitive sur la fonction motrice et sensitive (64). Il ressort de ces 2 méta-analyses, une efficacité globale des interventions sensitives dans la rééducation après un AVC, notamment avec un effet positif sur la sensibilité et l'équilibre, sans qu'il soit pour autant possible de déterminer la supériorité d'une technique sur une autre.

1.6. Utilisation de la thérapie miroir comme nouvel outil thérapeutique

La thérapie miroir est une méthode de rééducation dans laquelle un reflet du membre sain donne l'illusion du mouvement du membre pathologique au moyen d'un miroir placé sagittalement entre le membre sain et le membre pathologique. Elle a été initialement popularisée par Ramachandran et al. dans le traitement des douleurs du membre fantôme chez les patients amputés. Son utilisation a ensuite été étendue à la prise en charge du syndrome douloureux régional complexe de type I (SDRC) et à la rééducation motrice après un AVC.

1.6.1. La thérapie miroir dans la prise en charge de l'algohallucino se des patients amputés

Le membre fantôme consiste en la persistance de l'expérience sensitive d'un membre intact malgré l'amputation. Les mécanismes supposés impliquent des phénomènes importants de plasticité cérébrale qui commencent dès les premiers jours après l'amputation. On parle de *remapping*. Par exemple, au membre supérieur, le cortex somatosensoriel associé au membre amputé est ré-afférenté par des fibres sensibles des zones adjacentes, celles associées à la face. Ces afférences de la face maintiennent l'activité de l'aire somatosensorielle du membre supérieur amputé, causant ainsi cette perception de membre fantôme. Le même phénomène a été mis en évidence après amputation du membre inférieur. Ce membre fantôme peut être le siège de douleurs extrêmes, souvent décrites comme une sensation de paralysie extrêmement douloureuse. Ces douleurs impliquent, entre autres, l'activation de zones corticales liées à la douleur dans le cadre d'un *remapping* anarchique. La thérapie miroir a été introduite dans l'hypothèse que le *feedback* visuel d'un membre sain obéissant à la commande motrice pourrait favoriser un *remapping* plus harmonieux et limiter les phénomènes douloureux accompagnant un *remapping* anarchique. Plusieurs études ont confirmé l'intérêt de la thérapie miroir dans la prise en charge de ces douleurs. L'effet de la thérapie miroir sur la plasticité cérébrale est, de plus, étayé par la constatation chez certains patients de modifications persistant à moyen et long

terme de la représentation de ce membre fantôme. Par exemple, un patient amputé au niveau de l'épaule a décrit une modification durable de son membre fantôme qui ne se réduisait plus qu'à des doigts appendus à l'épaule. L'effet sur la plasticité cérébrale n'est cependant pas le seul impliqué dans la mesure où un soulagement immédiat des douleurs a également pu être constaté. Une hypothèse est que l'illusion produite par le miroir donnerait l'impression de mobiliser le membre fantôme et soulagerait par ce biais cette paralysie douloureuse (18,87).

1.6.2. La thérapie miroir dans la prise en charge du SDRC de type I

L'utilisation de la thérapie miroir a été également étendue à la prise en charge du syndrome douloureux régional complexe de type I. Le SDRC de type I est une pathologie douloureuse chronique consistant en la persistance au niveau d'un membre d'un syndrome douloureux associé à des manifestations neurovégétatives locales. Il est souvent précédé d'un traumatisme de ce membre et persiste malgré la récupération du traumatisme initial. Une origine centrale à ces manifestations est également supposée. Pendant la phase initiale du traumatisme, le caractère douloureux de la mobilisation entraînerait, par des mécanismes de plasticité cérébrale, des connexions entre les aires liées à la mobilité et liées à la douleur. Ces associations entraîneraient par la suite l'activation des aires liées à la douleur lors de la mobilisation du membre, même après la réparation du traumatisme initial. La thérapie miroir est donc utilisée dans cette indication pour lutter contre cette association délétère entre mobilisation et douleur au moyen d'un *feedback* visuel montrant le membre pathologique bouger de manière indolore (87).

1.6.3. La thérapie miroir dans la rééducation motrice après un AVC

Dans la prise en charge de l'AVC, la thérapie miroir a été majoritairement utilisée pour la rééducation fonctionnelle motrice du membre supérieur en luttant, notamment, contre le phénomène de non utilisation acquise (87). La thérapie miroir est également utilisée dans la

rééducation fonctionnelle motrice du membre inférieur après AVC. Une méta-analyse de Louie et al. a mis en évidence un effet positif de cette technique sur la vitesse de marche (88).

Une revue Cochrane de 2018 retrouve un niveau de preuve modéré concernant l'efficacité de la thérapie miroir sur la fonction motrice et les AVQ. Le niveau de preuve reste modéré en raison des effectifs souvent réduits et d'une standardisation souvent insuffisante de la technique en termes de dosage, fréquence et durée des séances (89).

Des études suggèrent également une efficacité sur les troubles sensitifs (90). La revue Cochrane de 2010, sur la prise en charge des troubles sensitifs au membre supérieur, cite un essai randomisé contrôlé australien par Acerra et al. de 2007, dans le cadre d'une thèse non publiée, ayant conclu à une efficacité de la thérapie miroir sur le toucher léger et la sensibilité thermoalgique (83). Enfin, en 2018, Arya et al. ont publié un protocole de thérapie miroir au membre supérieur incluant un travail de stimulation des différentes modalités sensitives en plus d'un travail de mobilisation active et passive. Cet essai retrouvait une meilleure récupération sensitive palmaire chez les patients ayant bénéficié du protocole (91). Cela suggère que la thérapie miroir peut être également un outil de rééducation sensitive. Cependant, son effet dans la rééducation sensitive du membre inférieur n'a pas encore été étudié.

1.6.3.1. Mécanismes d'action

Les mécanismes d'action de la thérapie miroir dans la rééducation motrice après un AVC ne sont que partiellement connus. Ils ont surtout été étudiés dans la rééducation motrice du membre supérieur. 3 mécanismes d'action principaux sont évoqués : l'activation du système des neurones miroirs, une augmentation de l'excitabilité du cortex moteur ipsilatéral et l'augmentation de l'attention portée au membre affecté. Ces mécanismes d'action ne sont encore que des hypothèses, néanmoins il existe plusieurs arguments en leur faveur (92,93).

1.6.3.1.1. Le système des neurones miroirs

1.6.3.1.1.1. Découverte des neurones miroirs chez le singe

Les neurones miroirs ont été décrits pour la première fois chez le singe par Rizzolatti et al. Ils ont mis en évidence dans la région F5 du cortex prémoteur ventral du singe, une population de neurones moteurs qui s'activent quand le singe exécute une action dirigée vers un but, tel que saisir un objet pour le porter à la bouche. Ces neurones s'activent également quand le singe observe la même action être réalisée par un de ses congénères. C'est cette propriété qui motive leur appellation de « neurones miroirs ». Des neurones avec des propriétés similaires ont également été identifiés au niveau d'autres structures cérébrales du singe :

On retrouve également ces neurones miroirs au niveau du lobule pariétal inférieur, dans l'aire 7b (dite aire PF de Von Economo). Ces neurones miroirs envoient des afférences vers les aires pariétales adjacentes ainsi que vers le cortex prémoteur ventral. La majorité de ces neurones s'activent lors de stimulations sensibles et visuelles. Cette aire 7b reçoit des afférences des aires somatosensorielles primaire (aire 2 surtout) et secondaire ainsi que du sillon temporal supérieur.

Enfin ces neurones miroirs sont aussi retrouvés au niveau du sillon temporal supérieur. A cet endroit, ils sont surtout activés lors de stimulations visuelles. Ils envoient des afférences à l'aire 7b qui envoie à son tour au cortex prémoteur ventral.

Ce réseau constitue donc une voie temporo-pariéto-frontale faisant le lien entre la perception d'une action et l'activation des neurones de l'aire F5, préparant à l'imitation de cette action (94,95).

1.6.3.1.1.2. Neurones miroirs chez l'Homme

Chez l'humain, des neurones avec des propriétés similaires ont été mis en évidence au niveau du lobe pariétal, du cortex prémoteur, de la partie caudale du gyrus frontal inférieur, du sillon temporal supérieur ainsi qu'au niveau de l'insula et du cortex frontal antérieur et mésial. Chez l'homme, à l'inverse du singe, le système des neurones miroirs s'active tant dans l'observation d'une action motrice dirigée vers un but, que d'une action motrice élémentaire. Ces neurones sont considérés comme essentiels dans l'apprentissage d'une tâche motrice ainsi que dans la compréhension des affects d'autrui (96,97).

1.6.3.1.1.3. Rôle des neurones miroirs dans la thérapie miroir motrice

Plusieurs arguments sont en faveur de l'implication des neurones miroirs dans le fonctionnement de la thérapie miroir motrice :

Lors des séances de thérapie miroir, on observe l'activation de zones riches en neurones miroirs telles que le cortex prémoteur (98) et les sillons et gyrus temporaux supérieurs (99,100).

Par ailleurs, des enregistrements électroencéphalographiques ont montré une augmentation de la suppression μ au cours de séances de thérapie miroir et lors de l'observation d'action (93). Les ondes μ correspondent à des ondes de fréquence comprise entre 8 et 13 Hz associées aux aires sensitivomotrices. Leur amplitude diminue lors de l'activation de ces aires du fait d'une décharge neuronale asynchrone contrastant avec la décharge synchrone observée à l'état de repos. En conséquence, la diminution d'amplitude des ondes μ lors de l'observation d'action est évocatrice d'une activation des neurones miroirs (101,102).

Cependant, les études n'ont montré qu'une activation incomplète des zones comportant ces neurones miroirs (92), donc l'implication des neurones miroirs dans l'efficacité de la thérapie miroir n'est sans doute que partielle.

1.6.3.1.2. Augmentation de l'excitabilité corticale ipsilésionnelle

Une autre hypothèse expliquant l' effet de la thérapie miroir dans la rééducation motrice est une diminution du seuil d'activation motrice (évalué par l'enregistrement des potentiels évoqués moteurs après stimulation magnétique transcrânienne) (103–106) par des mécanismes impliquant soit une diminution de l'inhibition interhémisphérique (de l'hémisphère sain sur l'hémisphère lésé) (104,107,108) soit une diminution de l'inhibition intra-corticale (109).

1.6.3.1.3. Augmentation de l'attention portée au membre affecté et lutte contre la non-utilisation acquise

Enfin, une 3^e hypothèse évoque une augmentation de l'attention portée au membre parétique. En effet, lors des séances de thérapie miroir, on observe l'activation de plusieurs régions impliquées dans la perception et l'attention portée au membre, notamment le cortex somatosensoriel primaire (110), le cortex somatosensoriel secondaire et le précunéus (111–114). Cette stimulation de l'attention portée au membre affecté pourrait participer à la lutte contre le phénomène de non-utilisation acquise. Ce syndrome de non-utilisation acquise se caractérise par une sous-utilisation spontanée du membre affecté en lien à l'absence de *feedback* positif (c'est-à-dire de la perception d'un mouvement en réponse à la commande motrice). On impute le syndrome de non-utilisation acquise après un AVC à l'absence de réactivation des neurones qui avaient été sidérés par l'œdème de la phase aiguë. Cette absence de réactivation serait la conséquence de l'absence de *feedback* positif, causant ainsi un cercle vicieux entre défaut de commande motrice et défaut de *feedback* (115). La thérapie miroir, par l'illusion de mouvement qu'elle produit, et par l'augmentation de l'attention portée au membre affecté, permettrait de lutter contre ce cercle vicieux en créant un *feedback* positif artificiel (87).

1.6.4. La thérapie miroir comme technique de rééducation sensitive

L'application de la thérapie miroir dans la rééducation des troubles sensitifs après AVC est récente et peu de recherches ont été encore faites sur le sujet. Dans l'étude d'Arya et al., plusieurs mécanismes d'action de la thérapie miroir sur les aires somatosensorielles ont été évoqués (91) :

L'observation d'un mouvement au membre supérieur entraînerait une activation du cortex somatosensoriel, au même titre que la réalisation de ce mouvement. De plus, la visualisation d'un mouvement normal entraînerait une activation supérieure à la visualisation d'un mouvement anormal, ce qui souligne l'intérêt du miroir qui remplace un *feedback* anormal par un *feedback* « normal » (116). La réalisation d'une tâche motrice en condition de thérapie miroir entraînerait une activation immédiate du cortex somatosensoriel qui est supérieure par rapport à la même action réalisée en condition normale (110). De plus, dans une étude chez le sujet sain, lors d'une stimulation tactile sur le dos de la main, avec ou sans *feedback* visuel, l'activation des aires somesthésiques primaires et secondaires était plus importante avec le *feedback* visuel (117).

Enfin, un autre mécanisme d'action pourrait impliquer l'activation de neurones « miroirs » aux propriétés sensitives. En effet, bien que les neurones miroirs décrits par Rizzolatti et al. soient des neurones moteurs, plusieurs études montrent une activation des aires somatosensorielles lors de l'observation d'une stimulation tactile chez un autre individu. Ceci suggère l'existence de « neurones miroirs sensitifs » (87,118). Ces mêmes neurones pourraient être impliqués, bien que cela reste controversé, dans le phénomène de synesthésie visuo-tactile, dans lequel des sujets ressentent une réelle sensation tactile lors de l'observation d'une stimulation tactile chez un autre individu (119,120).

Ces éléments laissent donc penser que la thérapie miroir pourraient renforcer l'effet de stimulations sensitives faites dans le cadre de la rééducation des troubles sensitifs après un AVC.

1.7. Synthèse et objectifs

Les troubles sensitifs sont fréquents après un AVC. Lorsqu'ils sont présents au membre inférieur, ils participent à la perte de mobilité des patients. Cet impact fonctionnel justifie la nécessité d'une prise en charge rééducative de ces troubles. Au membre inférieur, les méthodes de rééducation des troubles sensitifs sont nombreuses mais aucune n'a clairement démontré son efficacité. Les moyens de prise en charge des troubles sensitifs au membre inférieur après un AVC sont donc encore limités. La thérapie miroir a récemment montré son intérêt dans la rééducation sensitive du membre supérieur après un AVC et pourrait également présenter un intérêt dans la rééducation sensitive du membre inférieur.

Le but de ce travail est d'élaborer un protocole de rééducation des troubles sensitifs au membre inférieur après un AVC basé sur la thérapie miroir, d'évaluer sa faisabilité et de proposer un modèle d'essai randomisé contrôlé qui permettra d'évaluer son efficacité par rapport à la rééducation standard.

2. Matériel et méthode

Il s'agira d'une étude monocentrique, prospective, randomisée, contrôlée, en simple aveugle, en 2 groupes. Le groupe expérimental bénéficiera d'un protocole de thérapie miroir ainsi que d'une rééducation neurologique standard. Le groupe contrôle bénéficiera d'une rééducation neurologique standard avec des séances de kinésithérapie supplémentaires.

2.1. Population étudiée

Il s'agira d'une population de patients ayant fait un AVC, en phase subaiguë, c'est-à-dire entre 15 jours et 6 mois après l'AVC.

Les critères d'inclusion sont :

- Patients de 18 ans ou plus
- Premier AVC datant de 15 jours à 6 mois (phase subaiguë)
- Présence de troubles de la sensibilité au membre inférieur (déficit de la kinesthésie de la 1ère articulation métatarso-phalangienne, de la cheville, ou du genou, déficit de discrimination au pique touche, hypopallesthésie ou déficit du tact protopathique)
- Capacité de marcher 10 m sans soutien humain, avec ou sans aide technique.

Les critères de non-inclusion sont :

- MMSE < 24
- Troubles sévères de la compréhension et de l'expression (score de 0 ou 1 sur la sous-échelle de sévérité de la BDAE)
- Hypertonie musculaire au membre inférieur gênant la mobilisation passive (Echelle d'Ashworth modifiée à 3 ou plus).
- Cicatrice importante, tatouage ou tout autre élément distinctif du membre inférieur ipsilésionnel, qui lèverait l'illusion produite par le miroir.
- Neuropathie sensitive des membres inférieurs (diabétique ou autre) détectable cliniquement : diminution distale symétrique de la sensibilité thermo-algique et/ou de la pallesthésie et/ou de la proprioception en contexte clinique évocateur (éthylisme, diabète, traitements neurotoxiques...)
- Patient non francophone

- Héminégligence évaluée par le test de barrage des cloches (6 omissions ou plus, latéralisées d'un seul côté)

2.2. Design global de l'étude

2.2.1. Schéma global de l'étude

Les patients seront recrutés dans un service de rééducation neurologique spécialisée à l'Institut Universitaire de Réadaptation Clémenceau d'Illkirch (UF H). La randomisation sera réalisée à l'inclusion, au moyen d'un logiciel de randomisation.

Les 2 groupes recevront une rééducation habituelle incluant des séances de kinésithérapie, d'ergothérapie et d'activité physique adaptée. Le groupe expérimental bénéficiera en plus de la rééducation standard, de séances de thérapie miroir à raison d'une séance de 30 minutes par jour, 5 jours par semaine, pendant 6 semaines. Le groupe contrôle bénéficiera d'une séance de 30 min de kinésithérapie supplémentaire par jour, 5 jours par semaine pendant 6 semaines. Ces séances comporteront mobilisations actives, passives, travail de la marche et de l'équilibre et travail de reprogrammation sensorimotrice.

L'étude comprendra 3 visites principales. La première aura lieu avant la première séance de thérapie miroir (S0), la 2^e à la fin de la sixième et dernière semaine de thérapie miroir (S6) et la 3^e visite évaluera l'effet six semaines après la dernière séance de thérapie miroir (S12).

Afin de maintenir l'aveugle des évaluateurs, les visites auront lieu au plateau technique du service voisin (UF C), par des thérapeutes extérieurs à la prise en charge du patient.

2.2.2. Description de l'intervention :

Le patient aura bénéficié au préalable d'une éducation sur l'impact des troubles sensitifs sur son autonomie, sur son équilibre, sa marche, ses transferts, afin de favoriser l'adhésion au protocole de thérapie miroir.

Le protocole de thérapie miroir comprendra un total de 30 séances de 30 min, au rythme d'une séance par jour, hors week-end, pendant 6 semaines.

Dans une pièce au calme, le patient sera installé confortablement dans un fauteuil ou sur un plan Bobath selon son équilibre du tronc. Un miroir vertical de dimensions 85 x 150 cm sera placé entre les jambes, de manière à occulter le membre parétique et le remplacer par un reflet du membre sain. Un support sera situé sous chaque jambe pour maintenir les genoux en extension et permettre l'application des stimuli au niveau plantaire ainsi que les mobilisations distales. Un exemple d'installation est représenté en figure 10.



Figure 10 : Exemple d'installation

Le patient recevra la consigne de se concentrer sur le reflet du membre sain, en s'imaginant qu'il s'agit de son membre parétique.

Les exercices effectués durant la séance sont adaptés du protocole décrit par Arya et al. pour le membre supérieur (24). Les séances dureront 30 minutes. Au cours des 20 premières minutes, différents stimuli sensitifs seront appliqués aux membres inférieurs de façon bilatérale et simultanée. Ces 20 minutes seront suivies de 10 minutes de mobilisation active bilatérale répétée du genou et de la cheville (Tableau 1). Le matériel de stimulation est représenté en figure 11.

Tableau 1

Stimulation sensitive bilatérale simultanée (20 minutes):
<u>Toucher léger</u> : stimulation plantaire à l'aide d'une compresse (3 minutes)
<u>Sensibilité vibratoire</u> : stimulation vibratoire des tendons avec une brosse à dent électrique (total 5 minutes). Retirer la tête de la brosse à dent et appliquer la tige vibrante au niveau de : <ul style="list-style-type: none"> - face antérieure de cheville (1min 12sec) - tendon d'Achille (1min 12sec) - tendon rotulien (1min 12sec), si nécessaire, se placer sur le côté du patient pour accéder au tendon - tendons distaux ischio-jambiers (1min 12 sec réparties équitablement entre les tendons latéraux et médiaux, si nécessaire, se placer sur le côté du patient pour accéder aux tendons)
<u>Localisation tactile</u> : stimulation plantaire avec l'extrémité mousse d'un stylo (2 min)
<u>Discrimination de textures</u> : stimulations plantaires par des applications successives de textures rugueuses à douces pour 6 minutes au total <ul style="list-style-type: none"> - éponge en acier inox (1 min) - laine d'acier (1 min) - brosse à dent (1 min) - pièce de jean (1 min) - laine (1 min) - boule de coton (1 min)
<u>Stimulation proprioceptive</u> : mobilisation passive, dans le plan sagittal, à vitesse lente pendant 4 minutes de : <ul style="list-style-type: none"> - l'hallux (2min) - de la cheville et du genou (2min) (placer les pieds sur une petite plateforme à roulettes et déplacer cette plateforme dans le plan sagittal pour effectuer une mobilisation simultanée de la cheville et du genou) (Figure 12)
Tâches motrices (10 minutes):
Flexion/extension active répétée bilatérale de la cheville : 2 min 30 Flexion/ extension active bilatérale du genou : 2 min 30 (2 séries pour un total de 10 min)



Figure 11 : Matériel utilisé pour les stimulations sensibles passives



Figure 12 : Mobilisation des membres inférieurs à l'aide d'un support mobile.

2.2.3. Evaluation des déficiences, limitations d'activité et restrictions de participation

2.2.3.1. Critère de jugement principal

Le critère de jugement principal sera l'évaluation de la mobilité au moyen du *Timed Up and Go Test* (TUG). Le TUG est un critère valide et fiable d'évaluation de la mobilité (121). Il évalue le transfert assis-debout, la marche, le demi-tour et le transfert debout-assis. Il a été initialement validé sur une population de 60 patients âgés de 60 à 90 ans (122). Par la suite, plusieurs auteurs ont étudié ses propriétés psychométriques chez les patients victimes d'AVC, et ont retrouvé une bonne validité de construit, une excellente fiabilité (ICC > 0,95) et une bonne sensibilité au changement (123). Le TUG est le principal score de mobilité utilisé dans les études sur la rééducation sensitive du membre inférieur après AVC (63). Flansbjer et al. ont calculé une différence minimale cliniquement significative comprise entre 3,75 et 2,59 sec (IC 95%). Ils considèrent également une amélioration de 23% ou plus comme cliniquement significative (124). Le temps d'évaluation est d'environ 3 minutes. L'évaluation sera faite par un kinésithérapeute.

2.2.3.2. Critères de jugement secondaires :

2.2.3.2.1. Evaluation de la déficience sensitive :

Nous utiliserons les items du *Rivermead Assessment of Somatosensory Performance* (RASAP) dédiés aux membres inférieurs (59).

L'évaluation sera faite par un médecin formé à son utilisation. 2 outils seront utilisés.

Un *Neuropen* sera utilisé pour évaluer la sensibilité algique ainsi que la détection et localisation de la pression. Une extrémité du *Neuropen* permet de déployer un monofilament de 10g pour évaluer la détection de la pression. L'autre extrémité accueille un *Neurotip*, à usage unique (Figure 13). Le *Neurotip* a 2 orientations possibles : l'une expose une extrémité mousse,

l'autre expose une extrémité pointue. Le *Neurotip* servira dans l'évaluation de la sensibilité algique.



Figure 13: Neuropen avec monofilament et Neurotip en place

La discrimination du chaud et du froid sera évaluée au moyen d'un kit dédié de la marque Sammons Preston (Figure 14). Le kit contient 2 sondes qui sont plongées soit dans l'eau froide soit dans l'eau chaude pour les amener à la température souhaitée, contrôlée grâce à un thermomètre inclus dans la sonde. Les températures utilisées seront de 49°C et 6°C.



Figure 14: Kit d'évaluation de la discrimination du chaud et du froid

Pour chaque test du RASP, 10 régions ont été définies (Figure 15) : le visage, le dos et paume de la main, et le dos et plante du pied, à droite comme à gauche. Ces régions sont évaluées du côté sain vers le côté affecté et de la tête vers les pieds. Nous n'évaluerons que les membres inférieurs (les zones 7 à 10 de la figure 15, c'est-à-dire la plante et le dos des pieds).

Le résultat sera exprimé sous la forme d'un score compris entre 0 et 72 pour chaque membre inférieur.

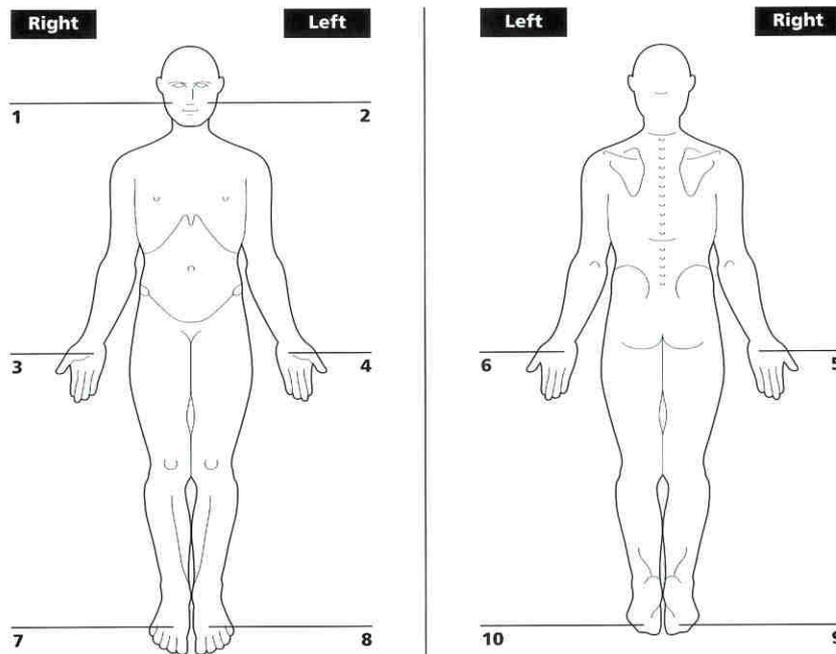


Figure 15: Sites évalués au cours du RASP

Les paramètres explorés seront, dans l'ordre, la sensibilité algique, puis la sensibilité à la pression, puis la localisation tactile, puis la discrimination des températures, puis la perception du mouvement puis la perception du sens du mouvement. Des stimulations *sham* seront intercalées afin d'évaluer la fiabilité du patient.

2.2.3.2.1.1. Evaluation de la sensibilité algique :

Elle est évaluée avec 2 *Neuropen* surmontés chacun d'un *Neurotip*. L'un des *Neurotip* expose son extrémité mousse, l'autre expose son extrémité pointue. Le patient a les yeux fermés et est prévenu de la région qui sera touchée. Avant chaque stimulation, *sham* ou non, il est demandé au patient d'indiquer la stimulation perçue. Pour chaque région (dos et plante du pied),

les stimulations sont appliquées dans l'ordre pique-*sham*-touche-touche-pique-pique-*sham*-touche. Pour chaque membre inférieur, le nombre de stimulations non-*sham* correctement perçues donne un score global compris entre 0 et 12.

2.2.3.2.1.2. Evaluation de la sensibilité à la pression :

Elle est évaluée avec un *Neuropen*, côté monofilament. Le patient ferme les yeux et est prévenu de la région qui sera évaluée. Avant chaque stimulation, *sham* ou non, il est demandé au patient « est-ce que vous sentez ceci ? ». La stimulation ne dure pas plus d'1 seconde. Pour chaque région, les stimulations sont appliquées dans l'ordre : touche – *sham* – touche – touche – touche – touche – *sham* – touche. Pour chaque membre inférieur, le nombre de stimulations non-*sham* perçues donne un score global compris entre 0 et 12.

2.2.3.2.1.3. Localisation de la stimulation :

Elle est évaluée avec un *Neuropen*, côté monofilament. L'évaluation se fait les yeux fermés. Il n'y a pas de stimulation *sham*. Le patient doit désigner précisément, sur son pied, la zone stimulée après chaque stimulation. Si le patient indique ne pas ressentir le stimulus, il peut être répété une fois. Une réponse est considérée comme correcte si le site indiqué se situe dans un rayon de 50 mm autour de la zone stimulée. La séquence de stimulation, pour chaque région, est la suivante : coté sain – affecté – affecté – sain – sain – sain – affecté – sain – sain – affecté – affecté – affecté. Pour chaque membre inférieur, le nombre de stimulations correctement localisées donne un score global compris entre 0 et 12.

2.2.3.2.1.4. Evaluation de la discrimination du chaud et du froid

Elle est évaluée au moyen du kit décrit précédemment, les yeux fermés. Les 2 sondes sont amenées à respectivement 49° et 6°. Elles sont appliquées à chaque localisation jusqu'à 1 seconde, selon la séquence chaud-froid-froid-chaud-chaud-froid. Le patient doit indiquer le caractère chaud ou froid de la stimulation. Il n'y a pas de stimulation *sham*. Pour chaque

membre inférieur, le nombre de stimulations correctement perçues donne un score global compris entre 0 et 12.

2.2.3.2.1.5. Evaluation de la proprioception

Elle ne nécessite pas d'équipement particulier. Nous l'évaluerons aux chevilles et 1^{ères} articulations métatarso-phalangiennes. Le patient a les yeux fermés, et reçoit la consigne d'indiquer quand il perçoit un mouvement ainsi que la direction de ce mouvement. Le segment mobilisé est tenu par ses faces latérales afin de pas donner d'indication sur la direction du mouvement par les récepteurs à la pression. L'amplitude du mouvement imprimé ne dépasse pas 20° de part et d'autre de la position neutre. La vitesse de mobilisation est lente. La séquence de mobilisation est la suivante : haut – bas – bas – haut – haut – bas (haut = déplacement du segment distal vers la tête, et bas = vers les pieds). Pour chaque membre inférieur, le nombre de mouvements perçus donne un score compris en 0 et 12 et le nombre de directions de mouvement correctement perçues donne un autre score compris entre 0 et 12.

2.2.3.2.2. Evaluation de déficience motrice :

Nous évaluerons le contrôle moteur du membre inférieur au moyen du score moteur du *Fugl-Meyer Assessment* pour le membre inférieur (FMA-LE) (ANNEXE 2). La validité de construit, évaluée par la corrélation avec les échelles d'autonomie telles que l'index de Barthel et la Mesure de l'Indépendance Fonctionnelle (MIF), est bonne – y compris pour le score moteur spécifique du membre inférieur. La fiabilité intra- et inter-observateur est excellente, et la sensibilité au changement est bonne (125). La différence minimale cliniquement significative a été estimée à 6, dans une population de sujets en phase chronique (126). Le temps de passation est de moins de 30 minutes. L'évaluation sera faite par un kinésithérapeute.

2.2.3.2.3. Evaluation de l'équilibre et de la marche :

2.2.3.2.3.1. Test de marche de 10 mètres (TDM10m)

Le test de marche de 10 mètres évalue la vitesse de marche. Sa validité, sa fiabilité inter- et intra-observateur ainsi que sa sensibilité au changement sont bonnes. La différence minimale cliniquement significative, après un AVC, est de 0,15 m/s à rythme confortable et 0,25 m/s à rythme rapide (121). Le temps de passation est d'environ 5 minutes. L'évaluation sera faite par un kinésithérapeute. Nous n'évaluerons que la marche à vitesse confortable. L'évaluation sera faite par un kinésithérapeute.

2.2.3.2.3.2. ABILOCO

L'échelle ABILOCO évalue les capacités de locomotion (ANNEXE 3). C'est un questionnaire évaluant 13 items cotés en possible (1) ou impossible (0). Les réponses au questionnaire sont analysées par un outil en ligne utilisant un modèle de Rasch. Les résultats lors de la calibration de l'échelle variaient entre -4,8 et 6,17 logits. Actuellement, les résultats possibles varient entre -5,418 et 6,196 logits. Une valeur élevée représente une meilleure mobilité. L'ABILOCO est une échelle valide et reproductible (127). La différence minimale cliniquement significative a été calculée à 1,52 (128). L'évaluation sera faite par un kinésithérapeute.

2.2.3.2.4. Evaluation de l'autonomie globale :

Nous évaluerons l'autonomie globale des patients au moyen de la Mesure de l'Indépendance Fonctionnelle (MIF). En effet, concernant l'évaluation de l'autonomie dans les AVQ, les 3 échelles les plus utilisées dans la littérature sont l'échelle de Rankin modifiée (mRankin), l'index de Barthel et la MIF. Ces 3 échelles sont valides et fiables (129–134) mais la MIF est la plus sensible au changement (135). La différence minimale cliniquement

significative a été évaluée à 22 (136). L'évaluation sera faite par un médecin avec l'aide du personnel soignant.

2.2.3.3. Chronologie de l'évaluation des critères de jugement

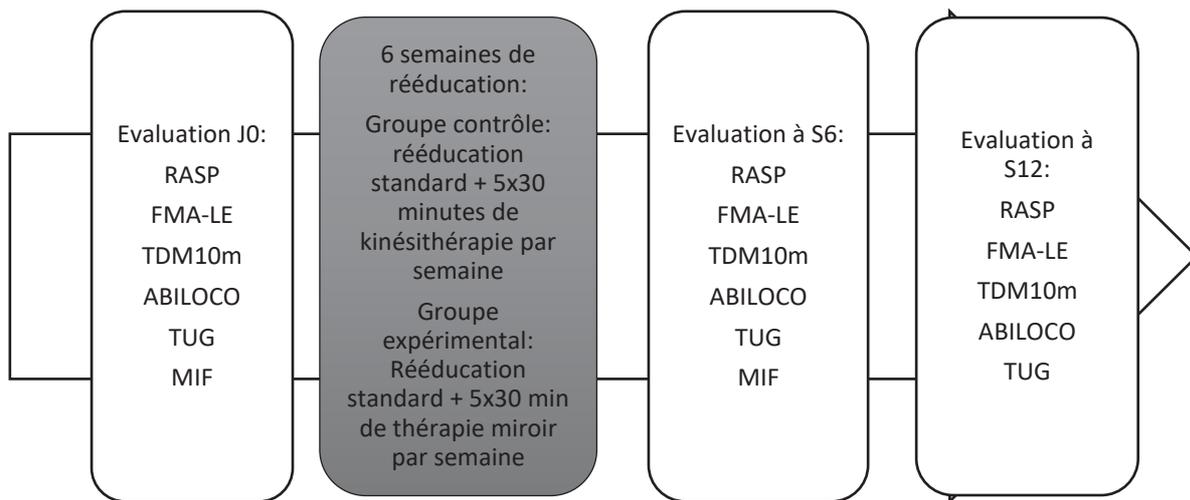


Figure 16: Schéma global de l'étude

2.2.4. Analyses statistiques

Sur la base d'une différence minimale cliniquement significative du TUG arrondie à 3 secondes, et d'un essai clinique retrouvant un écart type moyen à 3 (137), nous avons calculé, en prévoyant 10% de perdus de vue, un nombre de sujet nécessaires à 48 patients au total, soit 24 par groupes.

3. Résultats

Nous avons réalisé une étude de faisabilité en incluant des patients sur une période du 22 au 29 juillet 2021. 3 patients correspondaient aux critères d'inclusion. Pour 2 patients, nous

n'avons pas pu proposer le protocole de soin en raison d'un MMSE à 22 pour l'un et d'une neuropathie diabétique pour l'autre. Le protocole a finalement pu être proposé à une patiente.

Les caractéristiques de la patiente ayant bénéficié de ce protocole de soins sont résumées dans le tableau 2.

Sexe	Femme
Age	36 ans
Type d'AVC	Ischémique
Localisation	Sylvien profond droit
Délai depuis l'AVC	28 jours
Déficience motrice	Hémi-parésie gauche
Déficience sensitive du membre inférieur	Hypopallesthésie au membre inférieur gauche, déficit de proprioception au membre inférieur gauche

Tableau 2: Caractéristiques de la patiente

3.1. Faisabilité et tolérance

La durée des séances de thérapie miroir était d'environ 45 minutes. Ces 45 minutes prennent en compte l'installation de la patiente. La patiente a pu bénéficier de l'ensemble des séances prévues par le protocole de soins. Les séances ont été bien tolérées, malgré une sensation d'inconfort lors de l'application prolongée du dispositif de stimulation vibratoire (tige vibrante d'une brosse à dents électrique). Les kinésithérapeutes n'ont pas rapporté de troubles musculosquelettiques (TMS) chez eux lors de l'administration du protocole. La durée moyenne de l'évaluation complète était de 34 minutes (33 minutes à S0 et 35 minutes à S6). La durée de passation du RASP pour les 2 membres inférieurs était d'en moyenne 14 minutes (13 minutes à S0 et 15 minutes à S1).

3.2. Evolution des déficiences et limitations d'activité

Les résultats de l'évaluation des déficiences et des activités pré- et post-intervention sont résumés dans les tableaux 2 à 9. La patiente utilisait un bâton de marche et un releveur dynamique à S0. A S6, elle était capable de marcher sans aide technique. Le TUG, notre critère

de jugement principal, était de 12,56 secondes à S0 et 8,91 secondes à S6. Le FMA-LE est passé de 23/34 à 28/34. Le gain de points s'est fait sur la sous-échelle de coordination qui est passée de 1/6 à 6/6.

Le RASP au membre inférieur gauche, parétique, était de 68/72 à S0 et 67/72 à S6. Au membre inférieur droit, non parétique, le RASP était diminué à S0 (69/72), mais normal à S6 (72/72). Les stimulations *sham* ont toutes été correctement identifiées.

	S0	S6
TUG (sec)	12,56	8,91
TDM10m (m/sec)	0,78	1,36
ABILOCO (logits)	3,876	6,196

Tableau 3: Capacités de mobilité pré- et post-intervention

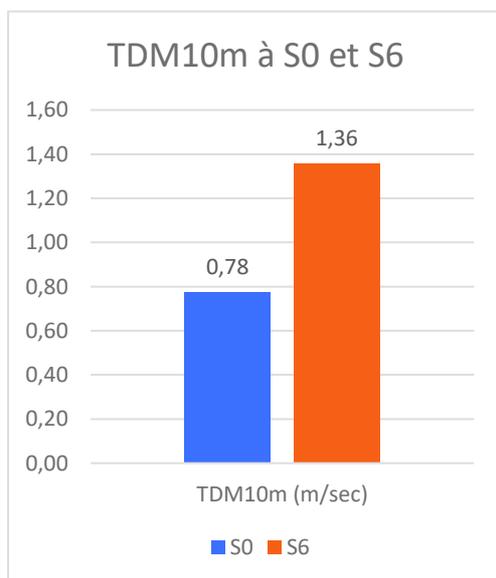


Tableau 4

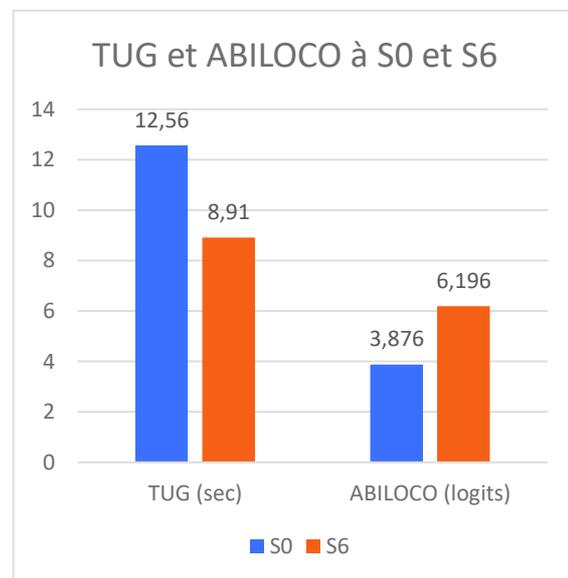


Tableau 5

	S0	S6
FMA-LE au MIG	23	28
RASP au MIG	68	67
RASP au MID	69	72

Tableau 6: Déficiences sensitive et motrice pré- et post-intervention. MIG : Membre inférieur gauche. MID : Membre inférieur droit

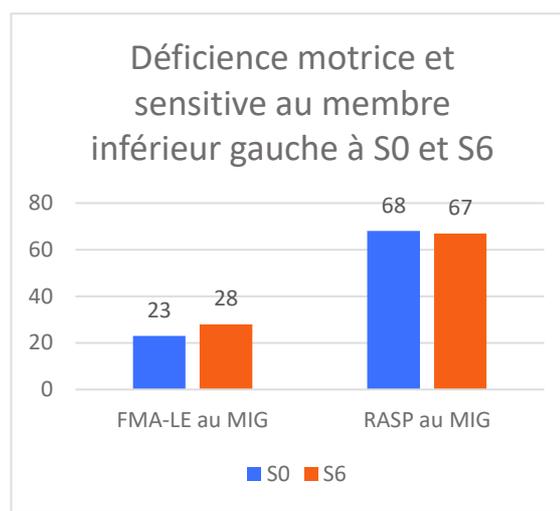
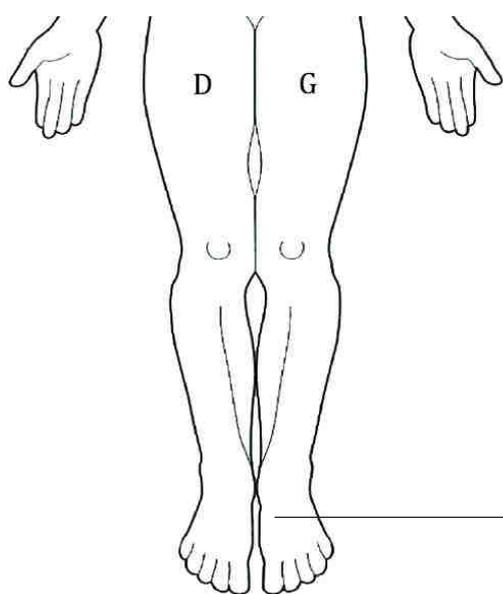


Tableau 7

	Gauche		Droite	
	S0	S6	S0	S6
Sensibilité algique	10	9	10	12
Sensibilité à la pression	12	12	12	12
Localisation de stimulus	12	11	12	12
Discrimination chaud froid	12	11	11	12
Proprioception (mouvement)	11	12	12	12
Proprioception (direction)	11	12	12	12
Total	68	67	69	72

Tableau 8: RASP pré et post-intervention

	S0	S6
MIF	115	123

Tableau 9: Mesure de l'indépendance fonctionnelle pré- et post- intervention

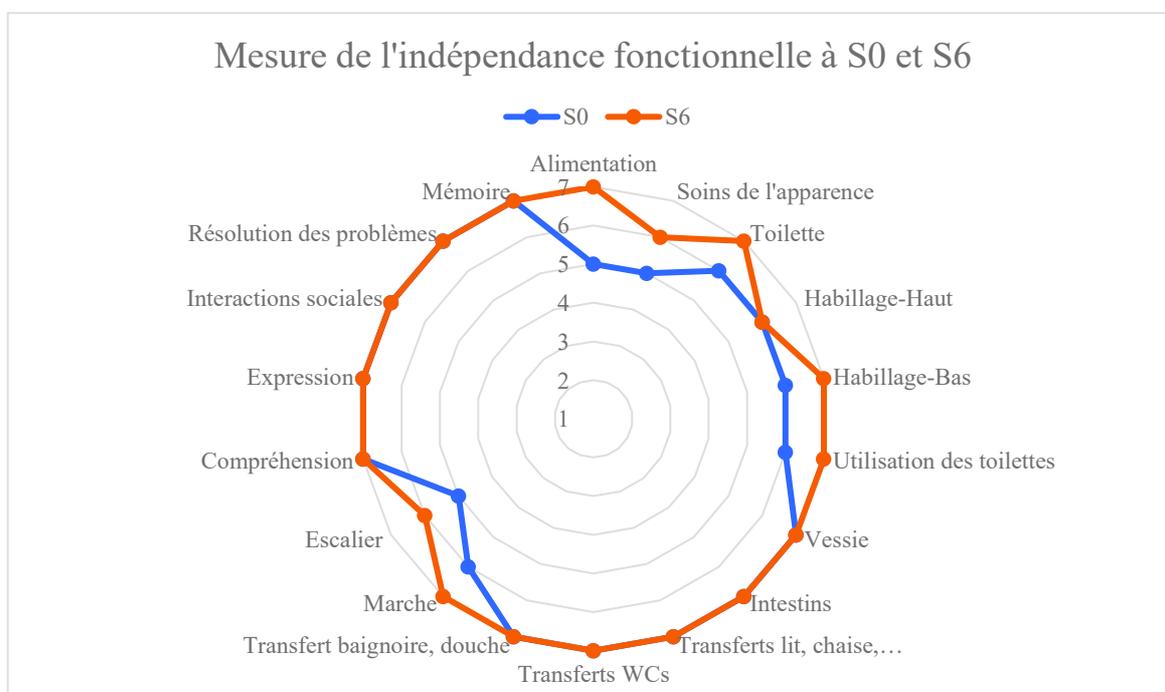


Tableau 10

4. Discussion

Le but de ce travail était l'élaboration d'un protocole de prise en charge des troubles sensitifs au membre inférieur après un AVC basé sur la thérapie miroir, ainsi que l'évaluation de la faisabilité de ce protocole. Ce travail est, à notre connaissance, le premier à s'intéresser à l'utilisation de la thérapie miroir dans la prise en charge des troubles sensitifs au membre inférieur après un AVC.

Concernant la faisabilité du protocole, les séances ont toutes pu être réalisées. La présence d'exercices de mobilisation active dans le protocole a participé à l'adhésion de la patiente. Les séances ont été bien tolérées, à l'exception d'une sensation d'inconfort lors de

l'application prolongée du dispositif de stimulation vibratoire utilisé (brosse à dent électrique). Par la suite, nous utiliserons un dispositif de stimulation proprioceptive fonctionnelle du commerce. Les séances n'ont pas déclenché de TMS chez les 3 kinésithérapeutes ayant participé à l'administration de ce protocole. Cependant, les mouvements nécessitant d'accéder au genou (mobilisation passive via le support roulant et application de vibrations) ont été identifiés comme à risque de TMS. En effet, ils étaient réalisés à bout de bras avec sollicitation importante du dos, du fait de l'obstacle constitué par le miroir. Le protocole était administré chaque semaine par un kinésithérapeute différent de la semaine précédente, ce qui a pu participer à prévenir l'apparition de TMS. Une adaptation de la manière d'appliquer les stimulations aux genoux sera donc nécessaire.

4.1. Choix de la population étudiée

Dans le travail actuel, l'inclusion des patients était basée sur la présence de déficits sensitifs à l'examen clinique et non sur l'évaluation par le RASP. Ce choix était justifié par l'absence de seuil pathologique défini pour le RASP au membre inférieur. En effet, les seuils pathologiques du RASP ont été déterminés en comparant les scores de RASP entre une population de sujets sains et une population de sujets ayant eu un AVC (59). Mais ces seuils n'ont été déterminés que pour l'hémicorps dans sa globalité, et n'ont pas été déterminés pour le membre inférieur. Une étude comparant les scores de RASP au membre inférieur entre une population saine et une population ayant eu un AVC pourra déterminer un tel seuil.

De plus, nous avons fait le choix de ne pas inclure les patients héminégligents. Nous avons fait ce choix dans l'hypothèse qu'une héminégligence visuospatiale pourrait limiter l'effet de la thérapie miroir, ainsi que perturber l'évaluation des troubles sensitifs. Cependant, l'effet de la négligence sur la thérapie miroir n'est que peu documenté dans la littérature. Si nous parvenons à montrer une efficacité de ce protocole, un essai ultérieur pourra être mis en place en incluant ces patients héminégligents.

Le seuil de non-inclusion à partir d'un MMSE inférieur à 24 a été déterminé à partir des seuils retrouvés dans la littérature. Parmi les études concernant la thérapie miroir, le seuil de 24 était le plus fréquent (89).

4.2. Interprétation des résultats

La patiente s'est améliorée sur le plan de la mobilité. Notre critère de jugement principal, le TUG, a diminué de 3,65 secondes, soit 29%, ce qui correspondait à une différence cliniquement significative (124). L'ABILOCO s'est amélioré de 2,32 logits et le TDM10m s'est amélioré de 0,58 ms/s, ce qui est aussi cliniquement significatif (121,128).

L'autonomie globale évaluée par la MIF s'est également améliorée. Cependant cette amélioration reflète probablement l'amélioration fonctionnelle du membre supérieur, pour laquelle la patiente avait bénéficié d'une rééducation assistée par exosquelette motorisé. En effet, les items améliorés sont majoritairement ceux impliquant l'utilisation du membre supérieur (Tableaux 9 et 10).

Le contrôle moteur du membre inférieur s'est également amélioré avec un gain de 5 points sur l'échelle du FMA-LE. Ces 5 points ont été gagnés dans la sous-échelle de coordination du FMA-LE, ce qui peut être compatible avec une amélioration de la proprioception.

Néanmoins, sur le plan de la sensibilité, le RASP n'a pas permis de mettre en évidence cette amélioration. Cela peut être lié à un effet plafond du RASP. En effet, le déficit sensitif initial était relativement faible, et une amélioration aurait ainsi pu ne pas être détectée. On peut tout de même souligner que l'évaluation initiale par le RASP montrait une erreur lors de l'évaluation de la kinesthésie à l'hallux. Cette erreur n'était plus présente lors de l'évaluation finale. La significativité de cette différence reste incertaine mais n'exclut pas une réelle amélioration sur le plan proprioceptif.

L'évaluation sensitive du membre inférieur ipsilésionnel (droit) à S0 montrait un RASP diminué à 69/72. Les scores diminués concernaient la sensibilité thermique et algique (Tableau 8). Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce résultat :

- Il peut s'agir de fluctuations d'échantillonnage. En effet, la passation du RASP chez 50 sujets sains, révélait également des erreurs, qui prédominaient, comme chez la patiente, sur l'évaluation de la sensibilité thermique et algique (59). Cette fluctuation d'échantillonnage pourrait donc également diminuer la significativité des scores obtenus au membre inférieur controlésionnel (gauche).
- Cependant, après un AVC, il n'est pas rare de retrouver un déficit sensitif au membre ipsilésionnel. Les mécanismes impliqués sont encore peu connus, mais plusieurs hypothèses sont évoquées. Premièrement, bien que la grande majorité des afférences sensitives rejoint le cortex somatosensoriel controlatéral, une partie des afférences sensitives rejoint l'hémisphère ipsilatéral (138). Enfin, la fonction sensitivomotrice implique des connexions interhémisphériques qui peuvent être perturbées après un AVC et expliquer l'existence d'un déficit sensitif ou moteur ipsilésionnel (139,140). Ces déficits sensitifs ipsilatéraux ont été principalement décrits au membre supérieur (139–141). Beaucoup moins de données sont disponibles concernant le membre inférieur. Les déficits décrits aux membres inférieurs concernaient la coordination, pouvant aussi impliquer un déficit sensitif (142). Le RASP au membre inférieur droit de cette patiente peut donc également refléter un réel déficit sensitif du membre inférieur ipsilésionnel, qui aurait régressé au vu de sa normalisation à S6.

Au vu de ces éléments, il apparaît clair que l'évolution favorable des capacités de mobilité de la patiente était probablement plus en lien avec l'évolution des déficiences motrices.

La patiente incluse était plus jeune que la population moyenne incluse dans les essais de thérapie miroir après un AVC. En effet, dans une revue de Thieme et al., l'âge moyen était de 59 ans (variant de 30 à 78 ans) (89). Chez cette patiente, la mobilité et le contrôle moteur du membre inférieur à l'inclusion étaient également nettement supérieurs à ceux retrouvés dans les essais de thérapie miroir au membre inférieur après un AVC (Tableaux 11 à 13). Enfin, la semaine précédant le début du protocole, la patiente avait bénéficié d'injections de toxine botulique au membre inférieur gauche au niveau des muscles gastrocnémiens latéral et médial, soléaire et tibial postérieur. Tous ces éléments ont pu jouer en faveur de la récupération observée.

Article	Effectifs du groupe expérimental	TUG (sec)	FMA-LE	TDM10m (m/sec)
Arya 2017 (143)	19		19,13	0,5
Lee 2016 (144)	14	37,87		
Cha 2016 (145)	10	25,16		
In 2016 (146)	13	21,82		
Xu 2017 (147)	23			0,41
Mohan 2013 (148)	11		19,36	
Moyenne pondérée		28,80	19,21	0,45

Tableau 11: Moyennes des TUG, FMA-LE et TDM10m pré-intervention dans les études de thérapie miroir au membre inférieur après un AVC

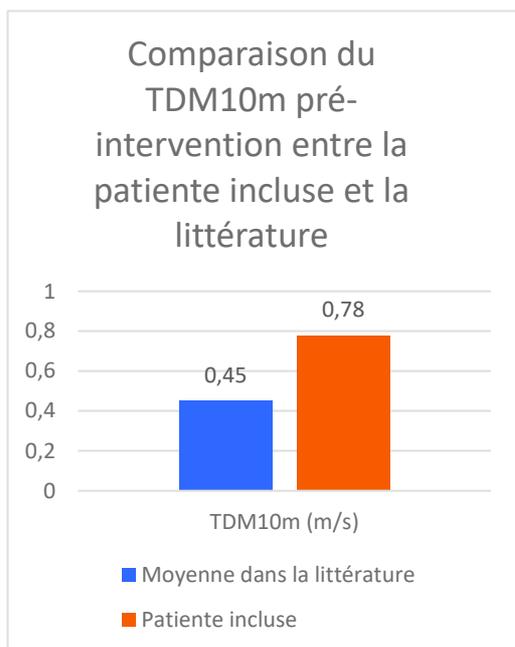


Tableau 12

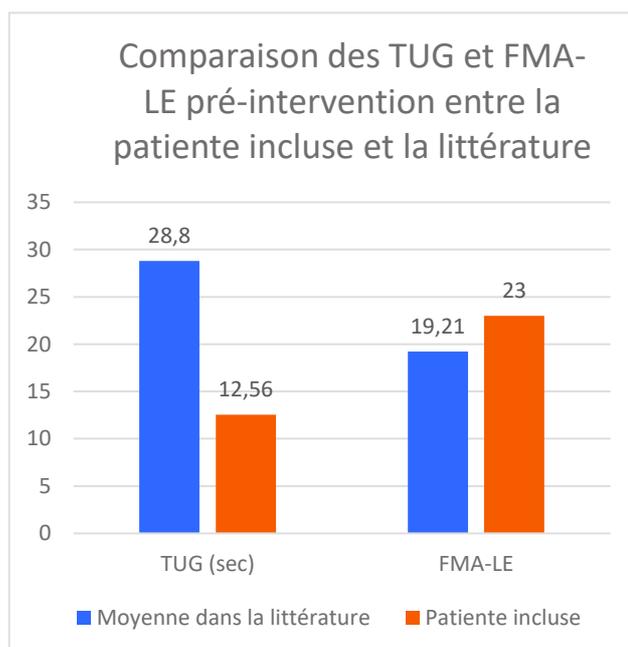


Tableau 13

4.3. Difficultés rencontrées

Bien que nous intéressant à la rééducation sensitive, nous n'avons pas utilisé le RASP comme critère de jugement principal. Plusieurs éléments ont justifié ce choix :

- Le RASP a été validé dans l'évaluation sensitive de l'hémicorps complet et non sur le membre inférieur isolément (59).
- La sensibilité au changement du RASP n'a pas été évaluée, ce qui est le cas également pour la plupart des autres échelles évaluant les troubles sensitifs (50).
- Les outils utilisés dans le RASP, notamment l'outil d'évaluation de la sensibilité thermique, ne sont plus disponibles à l'achat. Nous avons utilisé des équivalents du commerce qui nous ont été recommandés par Dr Winward, l'auteur principale du RASP.
- Enfin, nous n'avons pas utilisé le RASP comme critère de jugement principal car il n'y a pas de données dans la littérature concernant la différence minimale cliniquement significative. Cela ne permettait donc pas de calculer un nombre de sujets nécessaire.

A la place du RASP, nous avons décidé d'utiliser le TUG comme critère de jugement principal. En effet, ses propriétés psychométriques sont mieux connues. De plus, il évalue la mobilité qui est l'activité principale que nous souhaitons améliorer chez ces patients grâce à notre intervention.

Une autre limite de l'étude proposée est l'absence de double aveugle. Mais le double aveugle n'est pas possible vu l'absence de placebo pour la thérapie miroir. A la place d'un placebo, nous avons donc prévu la comparaison avec un groupe qui bénéficiera de séances de kinésithérapie supplémentaires.

5. Conclusion

Ce travail avait pour but d'élaborer un protocole de prise en charge des troubles sensitifs au membre inférieur en phase subaiguë après un AVC au moyen de la thérapie miroir. L'étude de faisabilité que nous avons réalisée nous a permis de tester et d'adapter ce protocole. La réalisation d'un essai randomisé contrôlé comparant, en simple aveugle, un programme de rééducation incluant ce protocole de thérapie miroir et un programme de rééducation standard, fera directement suite à ce travail.

VU

Strasbourg, le 26 juillet 2021.....

Le président du jury de thèse

Professeur ME ISNER-HOROBETI.....



Vu et approuvé
Strasbourg, le 07 SEP 2021
Doyen de la Faculté de Médecine, Maïeutique et
Sciences de la Santé
Professeur Jean SIBILIA



ANNEXES :

ANNEXE 1 : Liste des abréviations

AVC : Accident vasculaire cérébral

AVQ : Activités de la vie quotidienne

BBS : Berg Balance Scale

CPG : Central Pattern Generator

EmNSA : Erasmus-modified Nottingham Sensory Assessment

FAC : Functional Ambulation Category

FMA : Fugl-Meyer Assessment

FMA-S : Section sensitive du Fugl-Meyer Assessment

FMA-LE : Section motrice du Fugl-Meyer Assessment pour le membre inférieur

MIF : Mesure de l'Indépendance Fonctionnelle

MMSE : Mini Mental State Examination

NSA : Nottingham Sensory Assessment

NVPL : Noyau ventral postérolatéral du thalamus

PES : Potentiels évoqués sensitifs

RASP : Rivermead Assessment of Somatosensory Performance

TDM10m : Test de Marche de 10 mètres

TMS : Troubles musculosquelettiques

TUG : Timed Up and Go Test

ANNEXE 2 : FMA-LE

FMA-LE PROTOCOL

Rehabilitation Medicine, University of Gothenburg

**FUGL-MEYER ASSESSMENT
LOWER EXTREMITY (FMA-LE)
Assessment of sensorimotor function**

ID:
Date:
Examiner:

Fugl-Meyer AR, Janzon L, Leyman J, Olsson S, Stiglund S: The post-stroke hemiplegic patient. I. a method for evaluation of physical performance. Scand J Rehabil Med 1973, 7,13-31.

E. LOWER EXTREMITY				
I. Reflex activity, supine position		none	can be elicited	
Flexors: knee flexors		0	2	
Extensors: patellar, achilles (at least one)		0	2	
Subtotal I (max 4)				
II. Volitional movement within synergies, supine position		none	partial	full
Flexor synergy: Maximal hip flexion (abduction/external rotation), maximal flexion in knee and ankle joint (palpate distal tendons to ensure active knee flexion).	Hip flexion	0	1	2
	Knee flexion	0	1	2
	Ankle dorsiflexion	0	1	2
Extensor synergy: From flexor synergy to the hip extension/adduction, knee extension and ankle plantar flexion. Resistance is applied to ensure active movement, evaluate both movement and strength (compare with the unaffected side)	Hip extension	0	1	2
	Knee adduction	0	1	2
	Ankle plantar flexion	0	1	2
Subtotal II (max 14)				
III. Volitional movement mixing synergies sitting position, knee 10cm from the edge of the chair/bed		none	partial	full
Knee flexion from actively or passively extended knee	no active motion less than 90° active flexion, palpate tendons of hamstrings more than 90° active flexion	0	1	2
Ankle dorsiflexion compare with unaffected side	no active motion limited dorsiflexion complete dorsiflexion	0	1	2
Subtotal III (max 4)				
IV. Volitional movement with little or no synergy standing position, hip at 0°		none	partial	full
Knee flexion to 90° hip at 0°, balance support is allowed	no active motion or immediate, simultaneous hip flexion less than 90° knee flexion and/or hip flexion during movement at least 90° knee flexion without simultaneous hip flexion	0	1	2
Ankle dorsiflexion compare with unaffected side	no active motion limited dorsiflexion complete dorsiflexion	0	1	2
Subtotal IV (max 4)				
V. Normal reflex activity supine position, assessed only if full score of 4 points is achieved in part IV, compare with the unaffected side		hyper	lively	normal
Reflex activity knee flexors, Patellar, Achilles	2 of 3 reflexes markedly hyperactive 1 reflex markedly hyperactive or at least 2 reflexes lively maximum of 1 reflex lively, none hyperactive	0	1	2
Subtotal V (max 2)				
Total E (max 28)				

Approved by Fugl-Meyer AR 2010

1

Updated 2019-03-03

F. COORDINATION/SPEED, supine, after one trial with both legs, eyes closed, heel to knee cap of the opposite leg, 5 times as fast as possible		marked	slight	none
Tremor	at least 1 completed movement	0	1	2
Dysmetria	pronounced or unsystematic slight and systematic no dysmetria	0	1	2
		≥ 6s	2 - 5s	< 2s
Time start and end with the hand on the knee	8 or more seconds slower than unaffected side 2-5 seconds slower than unaffected side less than 2 seconds difference	0	1	2
Total F (max 5)				

H. SENSATION, lower extremity eyes closed, compare with the unaffected side		anesthesia	hypoesthesia or dysesthesia	normal
Light touch	leg foot sole	0 0	1 1	2 2
		less than 3/4 correct or absence	3/4 correct or considerable difference	correct 100%, little or no difference
Position small alterations in the position	hip knee ankle great toe (IP-joint)	0 0 0 0	1 1 1 1	2 2 2 2
Total H (max 12)				

I. PASSIVE JOINT MOTION, lower extremity supine position, compare with the unaffected side				J. JOINT PAIN during passive motion, lower extremity			
		only few degrees (<10° hip)	decreased	normal	pronounced pain during movement or very marked pain at the end of the movement	some pain	no pain
Hip	Flexion	0	1	2	0	1	2
	Abduction	0	1	2	0	1	2
	External rotation	0	1	2	0	1	2
	Internal rotation	0	1	2	0	1	2
Knee	Flexion	0	1	2	0	1	2
	Extension	0	1	2	0	1	2
Ankle	Dorsiflexion	0	1	2	0	1	2
	Plantar flexion	0	1	2	0	1	2
Foot	Pronation	0	1	2	0	1	2
	Supination	0	1	2	0	1	2
Total (max 20)				Total (max 20)			

E. LOWER EXTERMTY	/28
F. COORDINATION / SPEED	/6
TOTAL E-F (motor function)	/34
H. SENSATION	/12
I. PASSIVE JOINT MOTION	/20
J. JOINT PAIN	/20

ANNEXE 3 : ABILOCO

ABILOCO: A Measure of Locomotion Ability

Version française. Ordre 1

Nom: _____

Pouvez-vous estimer votre capacité à réaliser les activités suivantes?		Impossible	Possible	?
1	Franchir seul les marches d'un escalator.			
2	Sauter à cloche pied sur le pied sain.			
3	Monter les escaliers en posant un seul pied par marche.			
4	Marcher en marche arrière.			
5	Enjamber un objet laissé sur le sol avec le pied paralysé d'abord.			
6	Enjamber un objet laissé sur le sol avec le pied sain d'abord.			
7	Marcher plus de 5 mètres seul, à l'intérieur, sur sol plat sans aide technique.			
8	Marcher sous la supervision d'une personne qui guide mais sans soutenir.			
9	Marcher moins de 5 mètres avec l'aide d'une personne qui soutient.			
10	Marcher en portant un objet fragile (par exemple, un verre rempli).			
11	Marcher moins de 5 mètres seul sans l'aide ou la supervision d'une personne.			
12	Tourner et se mouvoir dans un endroit exigü.			
13	Marcher moins de 5 mètres, à l'intérieur, en se tenant aux meubles.			

Bibliographie

1. Accident vasculaire cérébral (AVC) [Internet]. Inserm - La science pour la santé. [cité 23 oct 2019]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/accident-vasculaire-cerebral-avc>
2. Fery-Lemonnier E. La prévention et la prise en charge des accidents vasculaires cérébraux en France : Synthèse du rapport à Madame la ministre de la santé et des sports. 2009.
3. Kessner Simon S., Schlemm Eckhard, Cheng Bastian, Bingel Ulrike, Fiehler Jens, Gerloff Christian, et al. Somatosensory Deficits After Ischemic Stroke. *Stroke*. 1 mai 2019;50(5):1116-23.
4. Gorst T, Rogers A, Morrison SC, Cramp M, Paton J, Freeman J, et al. The prevalence, distribution, and functional importance of lower limb somatosensory impairments in chronic stroke survivors: a cross sectional observational study. *Disabil Rehabil*. oct 2019;41(20):2443-50.
5. Carey LM, Matyas TA, Baum C. Effects of Somatosensory Impairment on Participation After Stroke. *Am J Occup Ther*. 2018;72(3):7203205100p1-10.
6. Meyer S, Karttunen AH, Thijs V, Feys H, Verheyden G. How do somatosensory deficits in the arm and hand relate to upper limb impairment, activity, and participation problems after stroke? A systematic review. *Phys Ther*. sept 2014;94(9):1220-31.
7. Blennerhassett JM, Matyas TA, Carey LM. Impaired discrimination of surface friction contributes to pinch grip deficit after stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. juin 2007;21(3):263-72.
8. Parsons SL, Mansfield A, Inness EL, Patterson KK. The relationship of plantar cutaneous sensation and standing balance post-stroke. *Top Stroke Rehabil*. 2016;23(5):326-32.
9. Hsu A-L, Tang P-F, Jan M-H. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke | No commercial party having a direct financial interest in the results of the research supporting this article has or will confer a benefit upon the author(s) or upon any organization with which the author(s) is/are associated. *Arch Phys Med Rehabil*. 1 août 2003;84(8):1185-93.
10. Lee M-J, Kilbreath SL, Refshauge KM. Movement detection at the ankle following stroke is poor. *Aust J Physiother*. 2005;51(1):19-24.
11. Tyson SF, Crow JL, Connell L, Winward C, Hillier S. Sensory impairments of the lower limb after stroke: a pooled analysis of individual patient data. *Top Stroke Rehabil*. oct 2013;20(5):441-9.
12. Tyson SF, Hanley M, Chillala J, Selley AB, Tallis RC. Sensory loss in hospital-admitted people with stroke: characteristics, associated factors, and relationship with function. *Neurorehabil Neural Repair*. avr 2008;22(2):166-72.

13. Chen X, Liu F, Yan Z, Cheng S, Liu X, Li H, et al. Therapeutic effects of sensory input training on motor function rehabilitation after stroke. *Medicine (Baltimore)*. nov 2018;97(48):e13387.
14. Yoon HS, Cha YJ, Sohn MK, You J (Sung) H. Effect of rehabilitation on the somatosensory evoked potentials and gait performance of hemiparetic stroke patients. *Technol Health Care*. 26(Suppl 1):145-50.
15. Hwang P, Sohn MK, Kim C-S, Jee S. Tibial somatosensory evoked potential can prognosticate for ambulatory function in subacute hemiplegic stroke. *J Clin Neurosci Off J Neurosurg Soc Australas*. avr 2016;26:122-5.
16. Silverthorn DU. *Physiologie humaine: une approche intégrée*. Paris: Pearson Education France; 2007.
17. MacKinnon CD. Chapter 1 - Sensorimotor anatomy of gait, balance, and falls. In: Day BL, Lord SR, éditeurs. *Handbook of Clinical Neurology* [Internet]. Elsevier; 2018 [cité 23 oct 2020]. p. 3-26. (Balance, Gait, and Falls; vol. 159). Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978044463916500001X>
18. Purves D, éditeur. *Neuroscience*. Sixth edition. New York: Oxford University Press; 2018. 959 p.
19. Kessner SS, Bingel U, Thomalla G. Somatosensory deficits after stroke: a scoping review. *Top Stroke Rehabil*. avr 2016;23(2):136-46.
20. Herrero M-T, Barcia C, Navarro JM. Functional anatomy of thalamus and basal ganglia. *Childs Nerv Syst ChNS Off J Int Soc Pediatr Neurosurg*. août 2002;18(8):386-404.
21. Lanciego JL, Luquin N, Obeso JA. Functional Neuroanatomy of the Basal Ganglia. *Cold Spring Harb Perspect Med* [Internet]. déc 2012 [cité 2 mai 2021];2(12). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3543080/>
22. Smith Y, Raju DV, Pare J-F, Sidibe M. The thalamostriatal system: a highly specific network of the basal ganglia circuitry. *Trends Neurosci*. sept 2004;27(9):520-7.
23. PENFIELD W, BOLDREY E. SOMATIC MOTOR AND SENSORY REPRESENTATION IN THE CEREBRAL CORTEX OF MAN AS STUDIED BY ELECTRICAL STIMULATION1. *Brain*. 1 déc 1937;60(4):389-443.
24. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Katz LC, LaMantia A-S, McNamara JO, et al. The Somatic Sensory Cortex. *Neurosci 2nd Ed* [Internet]. 2001 [cité 14 sept 2021]; Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11153/>
25. Anastasopoulos D, Bronstein A, Haslwanter T, Fetter M, Dichgans J. The role of somatosensory input for the perception of verticality. *Ann N Y Acad Sci*. 28 mai 1999;871:379-83.
26. 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*. 1 déc 2010;133(12):3552-63.

27. Kamina P. Anatomie clinique. 2e éd. Paris: Maloine; 2013.
28. Chandar K, Freeman BK. Spinal Cord Anatomy. In: Aminoff MJ, Daroff RB, éditeurs. Encyclopedia of the Neurological Sciences (Second Edition) [Internet]. Oxford: Academic Press; 2014 [cité 28 avr 2021]. p. 254-63. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123851574011763>
29. Kandel ER, éditeur. Principles of neural science. 5th ed. New York: McGraw-Hill; 2013. 1709 p.
30. Kayalioglu G. Chapter 10 - Projections from the Spinal Cord to the Brain. In: Watson C, Paxinos G, Kayalioglu G, éditeurs. The Spinal Cord [Internet]. San Diego: Academic Press; 2009 [cité 14 sept 2021]. p. 148-67. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123742476500146>
31. Dietz V. Proprioception and locomotor disorders. Nat Rev Neurosci. oct 2002;3(10):781-90.
32. Wutzke CJ, Mercer VS, Lewek MD. Influence of lower extremity sensory function on locomotor adaptation following stroke: a review. Top Stroke Rehabil. juin 2013;20(3):233-40.
33. Höhne A, Ali S, Stark C, Brüggemann G-P. Reduced plantar cutaneous sensation modifies gait dynamics, lower-limb kinematics and muscle activity during walking. Eur J Appl Physiol. nov 2012;112(11):3829-38.
34. Dietz V. Human neuronal control of automatic functional movements: interaction between central programs and afferent input. Physiol Rev. janv 1992;72(1):33-69.
35. Horak FB, Nashner LM, Diener HC. Postural strategies associated with somatosensory and vestibular loss. Exp Brain Res. 1990;82(1):167-77.
36. Sheffler LR, Chae J. Hemiparetic Gait. Phys Med Rehabil Clin N Am. nov 2015;26(4):611-23.
37. Saeys W, Vereeck L, Truijen S, Lafosse C, Wuyts FP, Van de Heyning P. Influence of sensory loss on the perception of verticality in stroke patients. Disabil Rehabil. 2012;34(23):1965-70.
38. Bonan IV, Guettard E, Leman MC, Colle FM, Yelnik AP. Subjective visual vertical perception relates to balance in acute stroke. Arch Phys Med Rehabil. mai 2006;87(5):642-6.
39. Klingner CM, Witte OW, Günther A. Sensory Syndromes. Manif Stroke. 2012;30:4-8.
40. Kim JS, Bae YH. Pure or predominant sensory stroke due to brain stem lesion. Stroke. sept 1997;28(9):1761-4.
41. Cambier J, Bertora P, Mariani C. Neurologia. Milano: Edra : Masson; 2012.
42. Melo TP, Bogousslavsky J. Hemiataxia-hypesthesia: a thalamic stroke syndrome. J Neurol Neurosurg Psychiatry. juill 1992;55(7):581-4.

43. Solomon DH, Barohn RJ, Bazan C, Grissom J. The thalamic ataxia syndrome. *Neurology*. mai 1994;44(5):810-4.
44. Paciaroni M, Bogousslavsky J. Pure sensory syndromes in thalamic stroke. *Eur Neurol*. 1998;39(4):211-7.
45. Schmähmann JD. Vascular syndromes of the thalamus. *Stroke*. sept 2003;34(9):2264-78.
46. Bassetti C, Bogousslavsky J, Regli F. Sensory syndromes in parietal stroke. *Neurology*. 1 oct 1993;43(10):1942-1942.
47. Cereda C, Ghika J, Maeder P, Bogousslavsky J. Strokes restricted to the insular cortex. *Neurology*. 24 déc 2002;59(12):1950-5.
48. Di Stefano V, De Angelis MV, Montemitro C, Russo M, Carrarini C, di Giannantonio M, et al. Clinical presentation of strokes confined to the insula: a systematic review of literature. *Neurol Sci Off J Ital Neurol Soc Ital Soc Clin Neurophysiol*. mai 2021;42(5):1697-704.
49. Pampa LU, Cahill LS, Carey LM. Somatosensory assessment and treatment after stroke: An evidence-practice gap. *Aust Occup Ther J*. avr 2015;62(2):93-104.
50. Connell L, Tyson S. Measures of sensation in neurological conditions: a systematic review. *Clin Rehabil*. janv 2012;26(1):68-80.
51. Cruccu G, Aminoff MJ, Curio G, Guerit JM, Kakigi R, Mauguiere F, et al. Recommendations for the clinical use of somatosensory-evoked potentials. *Clin Neurophysiol Off J Int Fed Clin Neurophysiol*. août 2008;119(8):1705-19.
52. Muzyka IM, Estéphan B. Chapter 35 - Somatosensory evoked potentials. In: Levin KH, Chauvel P, éditeurs. *Handbook of Clinical Neurology* [Internet]. Elsevier; 2019 [cité 11 nov 2020]. p. 523-40. (Clinical Neurophysiology: Basis and Technical Aspects; vol. 160). Disponible sur: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444640321000357>
53. Lee SY, Lim JY, Kang EK, Han M-K, Bae H-J, Paik N-J. Prediction of good functional recovery after stroke based on combined motor and somatosensory evoked potential findings. *J Rehabil Med*. janv 2010;42(1):16-20.
54. Lincoln N, Crow J, Jackson J, Waters G, Adams S, Hodgson P. The unreliability of sensory assessments. *Clin Rehabil*. nov 1991;5(4):273-82.
55. Lincoln N, Jackson J, Adams S. Reliability and Revision of the Nottingham Sensory Assessment for Stroke Patients. *Physiotherapy*. 1 août 1998;84(8):358-65.
56. 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.
57. Connell LA. Sensory Impairment and Recovery after stroke. Disponible sur: http://eprints.nottingham.ac.uk/10247/1/PHD_final.pdf

58. Lin J-H, Hsueh I-P, Sheu C-F, Hsieh C-L. Psychometric properties of the sensory scale of the Fugl-Meyer Assessment in stroke patients. *Clin Rehabil.* juin 2004;18(4):391-7.
59. Winward CE, Halligan PW, Wade DT. The Rivermead Assessment of Somatosensory Performance (RASP): standardization and reliability data. *Clin Rehabil.* août 2002;16(5):523-33.
60. Busse M, Tyson SF. How many body locations need to be tested when assessing sensation after stroke? An investigation of redundancy in the Rivermead Assessment of Somatosensory Performance. *Clin Rehabil.* janv 2009;23(1):91-5.
61. Connell LA, Lincoln NB, Radford KA. Somatosensory impairment after stroke: frequency of different deficits and their recovery. *Clin Rehabil.* août 2008;22(8):758-67.
62. Winward CE, Halligan PW, Wade DT. Somatosensory recovery: a longitudinal study of the first 6 months after unilateral stroke. *Disabil Rehabil.* 28 févr 2007;29(4):293-9.
63. Chia FS, Kuys S, Low Choy N. Sensory retraining of the leg after stroke: systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* juin 2019;33(6):964-79.
64. Serrada I, Hordacre B, Hillier SL. Does Sensory Retraining Improve Sensation and Sensorimotor Function Following Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Neurosci* [Internet]. 30 avr 2019 [cité 15 sept 2019];13. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6503047/>
65. Cambier DC, De Corte E, Danneels LA, Witvrouw EE. Treating sensory impairments in the post-stroke upper limb with intermittent pneumatic compression. Results of a preliminary trial. *Clin Rehabil.* févr 2003;17(1):14-20.
66. Tyson SF, Sadeghi-Demneh E, Nester CJ. The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on strength, proprioception, balance and mobility in people with stroke: a randomized controlled cross-over trial. *Clin Rehabil.* sept 2013;27(9):785-91.
67. Ng SSM, Lai CWK, Tang MWS, Woo J. Cutaneous electrical stimulation to improve balance performance in patients with sub-acute stroke: a randomised controlled trial. *Hong Kong Med J Xianggang Yi Xue Za Zhi.* févr 2016;22 Suppl 2:S33-36.
68. Jung K-S, In T-S, Cho H-Y. Effects of sit-to-stand training combined with transcutaneous electrical stimulation on spasticity, muscle strength and balance ability in patients with stroke: A randomized controlled study. *Gait Posture.* mai 2017;54:183-7.
69. Peurala SH, Pitkänen K, Sivenius J, Tarkka IM. Cutaneous electrical stimulation may enhance sensorimotor recovery in chronic stroke. *Clin Rehabil.* nov 2002;16(7):709-16.
70. Liang C-C, Hsieh T-C, Lin C-H, Wei Y-C, Hsiao J, Chen J-C. Effectiveness of thermal stimulation for the moderately to severely paretic leg after stroke: serial changes at one-year follow-up. *Arch Phys Med Rehabil.* nov 2012;93(11):1903-10.
71. Chen J-C, Lin C-H, Wei Y-C, Hsiao J, Liang C-C. Facilitation of motor and balance recovery by thermal intervention for the paretic lower limb of acute stroke: a single-blind randomized clinical trial. *Clin Rehabil.* sept 2011;25(9):823-32.

72. Hsu H-W, Lee C-L, Hsu M-J, Wu H-C, Lin R, Hsieh C-L, et al. Effects of noxious versus innocuous thermal stimulation on lower extremity motor recovery 3 months after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* avr 2013;94(4):633-41.
73. Lee S-W, Cho K-H, Lee W-H. Effect of a local vibration stimulus training programme on postural sway and gait in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* oct 2013;27(10):921-31.
74. Paoloni M, Mangone M, Scettri P, Procaccianti R, Cometa A, Santilli V. Segmental muscle vibration improves walking in chronic stroke patients with foot drop: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair.* avr 2010;24(3):254-62.
75. Kwon OS, Lee SW. Effect of continuing repeated passive and active exercises on knee's position senses in patients with hemiplegia. *NeuroRehabilitation.* 2013;33(3):391-7.
76. Dogru Huzmeli E, Yildirim SA, Kilinc M. Effect of sensory training of the posterior thigh on trunk control and upper extremity functions in stroke patients. *Neurol Sci Off J Ital Neurol Soc Ital Soc Clin Neurophysiol.* avr 2017;38(4):651-7.
77. Cordo P, Lutsep H, Cordo L, Wright WG, Cacciatore T, Skoss R. Assisted movement with enhanced sensation (AMES): coupling motor and sensory to remediate motor deficits in chronic stroke patients. *Neurorehabil Neural Repair.* janv 2009;23(1):67-77.
78. Morioka S, Yagi F. Effects of perceptual learning exercises on standing balance using a hardness discrimination task in hemiplegic patients following stroke: a randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil.* sept 2003;17(6):600-7.
79. Lynch EA, Hillier SL, Stiller K, Campanella RR, Fisher PH. Sensory retraining of the lower limb after acute stroke: a randomized controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil.* sept 2007;88(9):1101-7.
80. Hillier S, Dunsford A. A pilot study of sensory retraining for the hemiparetic foot post-stroke. *Int J Rehabil Res Int Z Rehabil Rev Int Rech Readaptation.* sept 2006;29(3):237-42.
81. Lee H, Kim H, Ahn M, You Y. Effects of proprioception training with exercise imagery on balance ability of stroke patients. *J Phys Ther Sci.* janv 2015;27(1):1-4.
82. Moon S-J, Kim Y-W. Effect of blocked vision treadmill training on knee joint proprioception of patients with chronic stroke. *J Phys Ther Sci.* mars 2015;27(3):897-900.
83. Doyle S, Bennett S, Fasoli SE, McKenna KT. Interventions for sensory impairment in the upper limb after stroke. *Cochrane Database Syst Rev [Internet].* 2010 [cité 24 août 2020];(6). Disponible sur: <https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD006331.pub2/full?highlightAbstract=impairment%7Csensori%7Csensory%7Cimpair>
84. Han SK, Kim MC, An CS. Comparison of effects of a proprioceptive exercise program in water and on land the balance of chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci.* oct 2013;25(10):1219-22.

85. Mohapatra S, Eviota AC, Ringquist KL, Muthukrishnan SR, Aruin AS. Compelled Body Weight Shift Technique to Facilitate Rehabilitation of Individuals with Acute Stroke. *ISRN Rehabil.* 1 mai 2012;2012.
86. Aruin AS, Rao N, Sharma A, Chaudhuri G. Compelled body weight shift approach in rehabilitation of individuals with chronic stroke. *Top Stroke Rehabil.* déc 2012;19(6):556-63.
87. Ramachandran VS, Altschuler EL. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. *Brain J Neurol.* juill 2009;132(Pt 7):1693-710.
88. Louie DR, Lim SB, Eng JJ. The Efficacy of Lower Extremity Mirror Therapy for Improving Balance, Gait, and Motor Function Poststroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis Off J Natl Stroke Assoc.* janv 2019;28(1):107-20.
89. Thieme H, Morkisch N, Mehrholz J, Pohl M, Behrens J, Borgetto B, et al. Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Cochrane Database Syst Rev.* 11 2018;7:CD008449.
90. Gandhi DB, Sterba A, Khatter H, Pandian JD. Mirror Therapy in Stroke Rehabilitation: Current Perspectives. *Ther Clin Risk Manag.* 2020;16:75-85.
91. Arya KN, Pandian S, Vikas, Puri V. Mirror Illusion for Sensori-Motor Training in Stroke: A Randomized Controlled Trial. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 1 nov 2018;27(11):3236-46.
92. Deconinck FJA, Smorenburg ARP, Benham A, Ledebt A, Feltham MG, Savelsbergh GJP. Reflections on mirror therapy: a systematic review of the effect of mirror visual feedback on the brain. *Neurorehabil Neural Repair.* mai 2015;29(4):349-61.
93. Zhang JJQ, Fong KNK, Welage N, Liu KPY. The Activation of the Mirror Neuron System during Action Observation and Action Execution with Mirror Visual Feedback in Stroke: A Systematic Review. *Neural Plast.* 2018;2018:2321045.
94. Gallese V, Fadiga L, Fogassi L, Rizzolatti G. Gallese, V., Fadiga, Fogassi, L., L., and Rizzolatti, G. (2002b) Action representation and the inferior parietal lobule. In Prinz, W., and Hommel, B. (Eds.) *Common Mechanisms in Perception and Action: Attention and Performance*, Vol. XIX. Oxford: Oxford University Press, pp. 334-355. In 2002. p. 334-55.
95. Rizzolatti G, Luppino G, Matelli M. The organization of the cortical motor system: new concepts. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* avr 1998;106(4):283-96.
96. Cattaneo L, Rizzolatti G. The mirror neuron system. *Arch Neurol.* mai 2009;66(5):557-60.
97. Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci.* 2004;27:169-92.
98. Hamzei F, Lämpchen CH, Glauche V, Mader I, Rijntjes M, Weiller C. Functional plasticity induced by mirror training: the mirror as the element connecting both hands to one hemisphere. *Neurorehabil Neural Repair.* juin 2012;26(5):484-96.

99. Schultz J, Imamizu H, Kawato M, Frith CD. Activation of the human superior temporal gyrus during observation of goal attribution by intentional objects. *J Cogn Neurosci*. déc 2004;16(10):1695-705.
100. Wang J, Fritzsche C, Bernarding J, Holtze S, Mauritz K-H, Brunetti M, et al. A comparison of neural mechanisms in mirror therapy and movement observation therapy. *J Rehabil Med*. avr 2013;45(4):410-3.
101. Hobson HM, Bishop DVM. Mu suppression – A good measure of the human mirror neuron system? *Cortex*. 1 sept 2016;82:290-310.
102. Hobson HM, Bishop DVM. The interpretation of mu suppression as an index of mirror neuron activity: past, present and future. *R Soc Open Sci*. 1 mars 2017;4(3):160662.
103. Garry MI, Loftus A, Summers JJ. Mirror, mirror on the wall: viewing a mirror reflection of unilateral hand movements facilitates ipsilateral M1 excitability. *Exp Brain Res*. mai 2005;163(1):118-22.
104. Carson RG, Ruddy KL. Vision modulates corticospinal suppression in a functionally specific manner during movement of the opposite limb. *J Neurosci Off J Soc Neurosci*. 11 janv 2012;32(2):646-52.
105. Kang YJ, Ku J, Kim HJ, Park HK. Facilitation of corticospinal excitability according to motor imagery and mirror therapy in healthy subjects and stroke patients. *Ann Rehabil Med*. déc 2011;35(6):747-58.
106. Fukumura K, Sugawara K, Tanabe S, Ushiba J, Tomita Y. Influence of mirror therapy on human motor cortex. *Int J Neurosci*. juill 2007;117(7):1039-48.
107. Daskalakis ZJ, Christensen BK, Fitzgerald PB, Roshan L, Chen R. The mechanisms of interhemispheric inhibition in the human motor cortex. *J Physiol*. 15 août 2002;543(Pt 1):317-26.
108. Ferbert A, Priori A, Rothwell JC, Day BL, Colebatch JG, Marsden CD. Interhemispheric inhibition of the human motor cortex. *J Physiol*. 1992;453:525-46.
109. Lämpchen CH, Ringer T, Blessin J, Seidel G, Grieshammer S, Lange R, et al. Optical illusion alters M1 excitability after mirror therapy: a TMS study. *J Neurophysiol*. nov 2012;108(10):2857-61.
110. Fritzsche C, Wang J, Dos Santos LF, Mauritz K-H, Brunetti M, Dohle C. Different effects of the mirror illusion on motor and somatosensory processing. *Restor Neurol Neurosci*. 2014;32(2):269-80.
111. Wasaka T, Kakigi R. The effect of unpredicted visual feedback on activation in the secondary somatosensory cortex during movement execution. *BMC Neurosci*. 5 nov 2012;13:138.
112. Wasaka T, Kakigi R. Conflict caused by visual feedback modulates activation in somatosensory areas during movement execution. *NeuroImage*. 16 janv 2012;59(2):1501-7.

113. Wang J, Fritzsche C, Bernarding J, Krause T, Mauritz K-H, Brunetti M, et al. Cerebral activation evoked by the mirror illusion of the hand in stroke patients compared to normal subjects. *NeuroRehabilitation*. 2013;33(4):593-603.
114. Michielsen ME, Smits M, Ribbers GM, Stam HJ, van der Geest JN, Bussmann JBJ, et al. The neuronal correlates of mirror therapy: an fMRI study on mirror induced visual illusions in patients with stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. avr 2011;82(4):393-8.
115. Ramachandran V. Plasticity and functional recovery in neurology. *Clin Med*. 1 juill 2005;5(4):368-73.
116. Cheng C-H. Effects of observing normal and abnormal goal-directed hand movements on somatosensory cortical activation. *Eur J Neurosci*. janv 2018;47(1):48-57.
117. Kwon HG, Jang SH, Lee MY. Effects of visual information regarding tactile stimulation on the somatosensory cortical activation: a functional MRI study. *Neural Regen Res*. juill 2017;12(7):1119-23.
118. Keysers C, Gazzola V. Expanding the mirror: vicarious activity for actions, emotions, and sensations. *Curr Opin Neurobiol*. déc 2009;19(6):666-71.
119. Linkovski O, Katzin N, Salti M. Mirror Neurons and Mirror-Touch Synesthesia. *The Neuroscientist*. 1 avr 2017;23(2):103-8.
120. Ward J, Banissy MJ. Explaining mirror-touch synesthesia. *Cogn Neurosci*. 2015;6(2-3):118-33.
121. Tyson S, Connell L. The psychometric properties and clinical utility of measures of walking and mobility in neurological conditions: a systematic review. *Clin Rehabil*. nov 2009;23(11):1018-33.
122. Podsiadlo D, Richardson S. The Timed "Up & Go": A Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142-8.
123. Hafsteinsdóttir TB, Rensink M, Schuurmans M. Clinimetric properties of the Timed Up and Go Test for patients with stroke: a systematic review. *Top Stroke Rehabil*. juin 2014;21(3):197-210.
124. Flansbjerg U-B, Holmbäck AM, Downham D, Patten C, Lexell J. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *J Rehabil Med*. mars 2005;37(2):75-82.
125. Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke: A Critical Review of Its Measurement Properties: *Neurorehabil Neural Repair* [Internet]. 30 juin 2016 [cité 30 août 2020]; Disponible sur: http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/154596802401105171?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed
126. Pandian S, Arya KN, Kumar D. Minimal clinically important difference of the lower-extremity fugl-meyer assessment in chronic-stroke. *Top Stroke Rehabil*. août 2016;23(4):233-9.

127. Caty GD, Arnould C, Stoquart GG, Thonnard J-L, Lejeune TM. ABILOCO: a Rasch-built 13-item questionnaire to assess locomotion ability in stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* févr 2008;89(2):284-90.
128. de Menezes KKP, Avelino PR, Faria-Fortini I, Basílio ML, Nascimento LR, Teixeira-Salmela LF. Test-Retest Reliability of the ABILOCO Questionnaire in Individuals with Stroke. *PM R.* 2019;11(8):843-8.
129. Banks JL, Marotta CA. Outcomes validity and reliability of the modified Rankin scale: implications for stroke clinical trials: a literature review and synthesis. *Stroke.* mars 2007;38(3):1091-6.
130. Quinn TJ, Dawson J, Walters MR, Lees KR. Reliability of the modified Rankin Scale: a systematic review. *Stroke.* oct 2009;40(10):3393-5.
131. Quinn Terence J., Langhorne Peter, Stott David J. Barthel Index for Stroke Trials. *Stroke.* 1 avr 2011;42(4):1146-51.
132. Ohura T, Hase K, Nakajima Y, Nakayama T. Validity and reliability of a performance evaluation tool based on the modified Barthel Index for stroke patients. *BMC Med Res Methodol.* déc 2017;17(1):1-8.
133. Mahoney FI, Barthel DW. FUNCTIONAL EVALUATION: THE BARTHEL INDEX. *Md State Med J.* févr 1965;14:61-5.
134. Maritz R, Tennant A, Fellinghauer C, Stucki G, Prodinge B. The Functional Independence Measure 18-item version can be reported as a unidimensional interval-scaled metric: Internal construct validity revisited. *J Rehabil Med.* 13 mars 2019;51(3):193-200.
135. Dromerick AW, Edwards DF, Diringe MN. Sensitivity to changes in disability after stroke: a comparison of four scales useful in clinical trials. *J Rehabil Res Dev.* févr 2003;40(1):1-8.
136. Beninato M, Gill-Body KM, Salles S, Stark PC, Black-Schaffer RM, Stein J. Determination of the minimal clinically important difference in the FIM instrument in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* janv 2006;87(1):32-9.
137. Sandberg K, Kleist M, Falk L, Enthoven P. Effects of Twice-Weekly Intense Aerobic Exercise in Early Subacute Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil.* août 2016;97(8):1244-53.
138. Jones RD, Donaldson IM, Parkin PJ. Impairment and recovery of ipsilateral sensory-motor function following unilateral cerebral infarction. *Brain J Neurol.* févr 1989;112 (Pt 1):113-32.
139. Kitsos GH, Hubbard IJ, Kitsos AR, Parsons MW. The Ipsilesional Upper Limb Can Be Affected following Stroke. *Sci World J.* 26 nov 2013;2013:684860.
140. Lima NMFV, Menegatti KC, Yu É, Sacomoto NY, Scalha TB, Lima INDF, et al. Sensory deficits in ipsilesional upper-extremity in chronic stroke patients. *Arq Neuropsiquiatr.* oct 2015;73(10):834-9.

141. Brasil-Neto JP, de Lima AC. Sensory deficits in the unaffected hand of hemiparetic stroke patients. *Cogn Behav Neurol Off J Soc Behav Cogn Neurol*. déc 2008;21(4):202-5.
142. KAWAHIRA K, SHIMODOZONO M, OGATA A, ETOH S, IKEDA S, YOSHIDA A, et al. Impaired Visuo-Motor Skills in the Unaffected Lower Limb of Patients with Stroke. *Int J Neurosci*. 1 janv 2005;115(9):1315-32.
143. Arya KN, Pandian S, Kumar V. Effect of activity-based mirror therapy on lower limb motor-recovery and gait in stroke: A randomised controlled trial. *Neuropsychol Rehabil*. sept 2019;29(8):1193-210.
144. Lee D, Lee G, Jeong J. Mirror Therapy with Neuromuscular Electrical Stimulation for improving motor function of stroke survivors: A pilot randomized clinical study. *Technol Health Care Off J Eur Soc Eng Med*. 27 juill 2016;24(4):503-11.
145. Cha H-G, Oh D-W. Effects of mirror therapy integrated with task-oriented exercise on the balance function of patients with poststroke hemiparesis: a randomized-controlled pilot trial. *Int J Rehabil Res Int Z Rehabil Rev Int Rech Readaptation*. mars 2016;39(1):70-6.
146. In T, Lee K, Song C. Virtual Reality Reflection Therapy Improves Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke: Randomized Controlled Trials. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res*. 28 oct 2016;22:4046-53.
147. Xu Q, Guo F, Salem HMA, Chen H, Huang X. Effects of mirror therapy combined with neuromuscular electrical stimulation on motor recovery of lower limbs and walking ability of patients with stroke: a randomized controlled study. *Clin Rehabil*. déc 2017;31(12):1583-91.
148. Mohan U, Babu SK, Kumar KV, Suresh BV, Misri ZK, Chakrapani M. Effectiveness of mirror therapy on lower extremity motor recovery, balance and mobility in patients with acute stroke: A randomized sham-controlled pilot trial. *Ann Indian Acad Neurol*. oct 2013;16(4):634-9.

DECLARATION SUR L'HONNEUR

Document avec signature originale devant être joint :

- à votre mémoire de D.E.S.
- à votre dossier de demande de soutenance de thèse

Nom : Klockobung Prénom : François Janni

Ayant été informé(e) qu'en m'appropriant tout ou partie d'une œuvre pour l'intégrer dans mon propre mémoire de spécialité ou dans mon mémoire de thèse de docteur en médecine, je me rendrais coupable d'un délit de contrefaçon au sens de l'article L335-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle et que ce délit était constitutif d'une fraude pouvant donner lieu à des poursuites pénales conformément à la loi du 23 décembre 1901 dite de répression des fraudes dans les examens et concours publics,

Ayant été avisé(e) que le président de l'université sera informé de cette tentative de fraude ou de plagiat, afin qu'il saisisse la juridiction disciplinaire compétente,

Ayant été informé(e) qu'en cas de plagiat, la soutenance du mémoire de spécialité et/ou de la thèse de médecine sera alors automatiquement annulée, dans l'attente de la décision que prendra la juridiction disciplinaire de l'université

J'atteste sur l'honneur

Ne pas avoir reproduit dans mes documents tout ou partie d'œuvre(s) déjà existante(s), à l'exception de quelques brèves citations dans le texte, mises entre guillemets et référencées dans la bibliographie de mon mémoire.

A écrire à la main : « J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète ».

J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète

Signature originale :



A Strasbourg, le 31.08.21

Photocopie de cette déclaration devant être annexée en dernière page de votre mémoire de D.E.S. ou de Thèse.