

Habilitation à Diriger des Recherches

**Analyse de la Fonction Motrice : des Signatures
Révélatrices de notre Présent**

Présentée le 8 mars 2017

THIBAUT DESCHAMPS

Maître de conférences

LABORATOIRE « MOTRICITE, INTERACTIONS, PERFORMANCE » (E.A. 4334)

ECOLE DOCTORALE « COGNITION, EDUCATION, INTERACTIONS » (ED 504)
SPECIALITE « SCIENCES ET TECHNIQUES DES ACTIVITES PHYSIQUES ET SPORTIVES » (SECTION CNU n°74)

Jury :

Michel AUDIFFREN (Professeur des Universités, Université de Poitiers, France)	Rapporteur
Christophe CORNU (Professeur des Universités, Université de Nantes, France)	Examineur
Ludovic MARIN (Maître de Conférences – HDR, Université de Montpellier, France)	Examineur
Thierry PAILLARD (Professeur des Universités, Université de Pau et des Pays de l'Adour, France)	Rapporteur
Jean-Jacques TEMPRADO (Professeur des Universités, Aix-Marseille Université, France)	Rapporteur

À tous ceux que j'aime

À Jean-Baptiste, Maxime, Chrystelle

« Construire l'avenir c'est construire le présent. C'est créer un désir qui est pour aujourd'hui. Qui est d'aujourd'hui vers demain. Et non réalité des actes qui n'ont de sens que pour demain. »

Antoine de Saint-Exupéry

Sommaire

SOMMAIRE	3
PRESENTATION DU DOCUMENT	4
CHAPITRE 1 - TITRES ET TRAVAUX	5
<i>Curriculum Vitae</i>	6
<i>Publications scientifiques, congrès et contrats de recherche</i>	12
<i>Encadrements et co-encadrements de travaux de recherche</i>	25
<i>Responsabilités diverses</i>	28
CHAPITRE 2 – UNE TRAJECTOIRE DE CHERCHEUR	29
<i>Le démarrage est toujours difficile.</i>	29
<i>Les évidences de ce présent sensori-moteur</i>	32
<i>L’acceptation de notre quotidien sensori-moteur</i>	34
<i>Les trajectoires motrices et cognitives à tout âge</i>	34
<i>L’organisation de ce mémoire</i>	38
<i>Le positionnement philosophique de ce mémoire</i>	40
CHAPITRE 3 - SYNTHÈSE DE L’ACTIVITE DE RECHERCHE	43
<i>Enjeux spécifiques</i>	43
<i>L’analyse de la marche préférentielle peut-elle nous permettre de dégager des marqueurs spécifiques prédictifs du risque de survenue de la première chute ?</i>	46
<i>L’analyse de l’équilibre postural peut-elle nous permettre de dégager des marqueurs spécifiques annonciateurs du risque de chute et/ou d’un déclin cognitif ?</i>	59
<i>Une synthèse agrémentée de travaux connexes</i>	68
CHAPITRE 4 – PROJETS DE RECHERCHE	71
<i>Mobilité et cognition : approche interconnectée à des fins préventive et thérapeutique</i>	71
<i>Inhibition cognitive, proprioception et capacité d’initiation de pas de la personne âgée</i>	73
<i>Activité corticale et processus d’inhibition. Investigation chez le sujet jeune et le sujet âgé sain en fonction du contexte proprioceptif</i>	78
<i>Le RA lentssement Psychomoteur comme facteur prédictif de réponse à la STimulation magnétique transcranienne répétée (rTMS) dans les troubles DEpressifs : le projet RAPSTIDE</i>	81
BIBLIOGRAPHIE	86

Présentation du document

L'écueil de l'écriture, c'est la maladresse volontaire et singulière qu'elle met à la place de la rigueur. Parole à une trajectoire personnelle. Aussi éprouvons cette sensori-motricité fine, expérimentons tout passage d'un étonnement à un autre, et considérons ce langage scientifique pour la sensibilité de notre bien-être, l'effervescence de notre imagination et un esprit (plus ou moins) critique...

Ce mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches est organisé en quatre parties. Le [chapitre 1](#) « **Titres et travaux** » présente mon parcours de formation, mon activité scientifique ainsi que mes expériences d'encadrement de la recherche. *Simple, descriptif, factuel.*

Le [deuxième chapitre](#) du mémoire est intitulé « **Une trajectoire de chercheur** ». Il se veut l'expression du moment présent, significatif de mon quotidien scientifique, passé et futur. Il a pour vocation de préparer le lecteur aux enjeux « *neuro-psycho-biologico-comportementaux* » soulevés, discutés et parfois expérimentalement appréhendés. *Partage d'un cheminement scientifique. Le plaisir d'apprendre. Plaisir à partager. En toute sérénité.*

La « **Synthèse de l'activité de recherche** » constitue [le chapitre 3](#) de ce mémoire. Il résume une partie de mes activités de recherche. Plutôt récentes, centrées sur la détermination de signatures posturo-locomotrices, potentiellement annonciatrices de futurs troubles cognitivo-moteurs. *Synthèse valorisée à travers quelques publications.*

Enfin, dans le [quatrième chapitre](#), j'expose les « **Projets de recherches** » qui animent actuellement mon quotidien, et/ou ceux qui risquent d'assouvir mon futur de chercheur, à court ou moyen terme. *Pour un « éclectisme » scientifique plus ou moins bien structuré, mais assumé.*

Des annexes sont associées à ce mémoire. Elles regroupent certaines publications scientifiques développées (ou parfois uniquement citées) lors des chapitres 2, 3 et 4 et permettront au lecteur de trouver le détail de certaines informations présentées très succinctement dans le mémoire.

Chapitre 1 - Titres et travaux

Curriculum Vitae

Thibault DESCHAMPS

Né le 11 février 1972 à Angers (49)

Nationalité française

PACSE, 1 enfant – Jean-Baptiste

Coordonnées professionnelles

UFR STAPS

25 bis boulevard Guy Mollet

BP 72206

44322 Nantes cedex 3

Tel : 02 51 83 72 14

E-mail : thibault.deschamps@univ-nantes.fr

Coordonnées personnelles

11 rue de l'Eraudière – Bât. F

44000 Nantes

Tél : 02 40 49 03 72

Situation actuelle

Sept 2001 – présent **Maître de conférences** (74^{ème} section), UFR STAPS, Université de Nantes

Formation universitaire

Sept 1997 – Déc. 2000 **Thèse en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives**, Université de Montpellier 1 (Ecole doctorale : *Sciences chimiques et biologiques pour la santé ; Sciences du mouvement humain*), soutenue le 18 décembre 2000.

Titre : « *Effets des contraintes motivationnelles et émotionnelles sur la dynamique des coordinations motrices* », sous la direction du Pr. Didier Delignières.

Sept 1996 **Diplôme d'Etudes Approfondies STAPS**, mention " *Sport, Santé, Société* ", Université de Poitiers – Université de Bordeaux

Titre du mémoire : « *Influence d'un exercice intense et épuisant sur le temps de réaction* ».

Juin 1995 **Maîtrise STAPS** " *Education et Motricité* ", Université de Poitiers.
Option Recherche,

Titre du mémoire : « *Influence d'un exercice à prédominance anaérobie lactique sur la rapidité des prises de décision* ».

Juin 1994 **Licence STAPS**, Université de Poitiers.
Mention " *Sport de haut niveau, méthodologie et procédés* "

Juin 1993 **Deug STAPS**, Université de Poitiers.

Expériences diverses

- Juillet - Août 1991-95** **Moniteur de tennis et animateur pour enfants de 8 à 18 ans** à Bath (Angleterre) et Oldenburg (Allemagne), pour l'organisme « *Sport & Langues* ».
- 1990-1993** **Educateur de tennis** pour enfants et adultes à Thouarcé (49).
- Déc. 1989** **Assistant-coach et accompagnateur pour hockeyeurs de 12-13 ans** à Laval Nord (Montréal, Canada).
- Août 1989** **Assistant - préparateur physique** de l'équipe de handball d'Angers-Noyant (National II) à Debrecen (Hongrie).
- 1987-1995** **Educateur de tennis** pour enfants de 6 à 16 ans, à « *Angers Tennis Club* » et responsable-assistant de l'école de tennis.

Expérience professionnelle

- Sept. 2001-présent** **Maître de conférences** à l'UFR STAPS de l'Université de Nantes.
- Avril-Août 2001** **Stage de recherche post-doctoral** à la Faculty of Human Movement Sciences, Vrije Universiteit (Amsterdam, Pays-Bas), sous la supervision des Pr. P.J. Beek et Pr. L. Peper.
Sujet de recherche : "*Effect of a localised muscular fatigue on the dynamics of phase transition in a rhythmic interlimb coordination*".
- 2000-01** **Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche** à temps partiel à la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique, Université de Montpellier I.
- 1999-2000** **Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche** à temps partiel à la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique, Université de Montpellier I.
- 1998-99** **Enseignant vacataire** à la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique, Université de Montpellier I.
- 1998-99** **Tutorat d'accompagnement** en Deug I, à la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique, Université de Montpellier 1.
- 1997-98** **Enseignant vacataire** à la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique, Université de Montpellier 1.
- 1996-97** **Service militaire** obligatoire, service des sports, Saumur (49).

Responsabilités administratives

En tant que Maître de Conférences à l'Université de Nantes

- Déc. 2015-présent** **Membre élu du Conseil de laboratoire** « *Motricité, Interactions, Performance* » (E.A 4334).
- Janv. 2015-présent** **Chargé de mission** auprès de la direction de l'UFR « *Licence / contrat*

- 2017-21** » (mission d'auto-évaluation des formations de niveau L, réflexions sur la spécialisation progressive, préparation et montage des dossiers de demande d'habilitation de l'offre de formation Licence 2017-21).
- 2011-12** **Membre élu au Conseil d'Administration** de l'UFR STAPS de Nantes.
- 2010-12** **Responsable pédagogique du Master 1^{er} année** « *Expertise, Performance, Intervention* » (35 étudiants) de l'UFR STAPS de Nantes.
- 2005-09** **Membre élu du Conseil Scientifique** de l'UFR STAPS de Nantes.
- 2006-08** **Membre élu et Président du Conseil Pédagogique** de l'UFR STAPS de Nantes.
- 2006-08** **Responsable pédagogique du Master Recherche 1^{ère} année** du Réseau Universitaire Ouest Atlantique (RUOA) « *Physiologie cellulaire et intégrée des activités physiques et modélisation du mouvement* » de l'UFR STAPS de Nantes.
- 2005-08** **Responsable de la Licence 3 « Education et motricité »** de l'UFR STAPS de Nantes.
- 2003-07** **Responsable du site internet de l'UFR STAPS** (création, mise en ligne et actualisation)
- 2003-04** **Directeur des études niveau L et M**
- 2002-04** **Chargé de mission** auprès de la Direction de l'UFR pour l'élaboration du plan de formation 2004-2007 (passage au schéma européen Licence – Master – Doctorat)
- En tant que doctorant à l'Université de Montpellier 1*
- 1999-2000** **Membre étudiant élu au conseil de gestion** et à la commission scientifique de la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique, Université de Montpellier 1.
- 1998-2000** **Responsable des séminaires de recherche** du laboratoire « *Sport, Performance, Santé* » de la Faculté des Sciences du Sport et de l'Education Physique, Université de Montpellier 1.

Activité d'enseignement

En tant que Maître de Conférences à l'Université de Nantes, nombre d'heures équivalent TD sur la période de 2001-2015 : **2810 heures.**

Enseignements principaux

- Méthodologie du travail universitaire (niveau L) - TP
- Enseignements d'approfondissement (niveau L) - TD : « Lire, écrire et compter »
 - « La concentration en sport »
 - « Vieillesse et motricité »
- Introduction à la psychologie (niveau L) - CM / TD
- Approche cognitive des apprentissages (niveau L) - CM / TD
- Suivi psychologique et préparation mentale du sportif de haut niveau (niveau L) - CM / TD
- Apprentissages moteurs (niveau L) - CM / TD

- Statistiques (niveau L et M) -TD / TP
- Initiation à la recherche (niveau L) – TP
- Méthodologie de la recherche (niveau M) - TD
- Contrôle du mouvement, Cognition et Expertise sportive (niveau M) – CM / TD
- Prévention, Santé et Activité Physique (niveau M) – CM

Collaborations scientifiques actuelles (2012-présent)

Collaborations Internationales

- Collaboration internationale avec **Kylie TUCKER** (chercheur) du « *Centre of Clinical Research Excellence in Spinal Pain, Injury and Health, School of Health and Rehabilitation Sciences* » de l'Université du Queensland, **Australie**.

2 articles publiés (A16, A27), 1 article soumis (AS2), une communication internationale (O5_Int.)

- Collaboration internationale avec **Jean-Baptiste MIGNARDOT & Camille LE GOFF** (chercheurs) du « *Centre for Neuroprosthetics (CNP) and Brain Mind Institute (BMI)* » Up-COURTINE Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology (EPFL), Lausanne, **Suisse**.

6 articles publiés (A14, A15, A17, A19, A22, A28), 4 communications internationales (O5_Int., O10_Int., O13_Int., O14_Int.)

- Collaboration internationale avec le Pr. **Olivier BEAUCHET** (médecin gériatre), Department of Medicine, McGill University, Montréal, **Canada**.

2 articles publiés (A15, A19), deux communications internationales (O13_Int., O14_Int.)

- Collaboration internationale avec **Bruno TRAVASSOS**, Sport Sciences Department (CIDESD), University of Beira Interior, Covilhã, **Portugal**.

1 article publié (A18)

Collaborations Nationales

- Collaboration nationale avec **Jessica TALLET**, laboratoire PRISSMH-LAPMA (EA 4651 University of Paul Sabatier Toulouse 3), & **David AMARANTINI**, Imagerie cérébrale et handicaps neurologiques (Inserm MR 825) (**Toulouse**).

2 articles publiés (A24, A32), une communication internationale (O6_Int.)

- Collaboration nationale avec **Sylvain CREMOUX**, laboratoire LAMIH (UMR CNRS 8201), Université de **Valenciennes** et du Hainaut-Cambrésis.

2 articles publiés (A24, A32), une communication internationale (O6_Int.)

- Collaboration nationale avec **Cédric ANNWEILER** (médecin gériatre), Département de Neurosciences, Division de Médecine Gériatrique, UNAM, CHU d'**Angers**.

2 articles publiés ([A15](#), [A19](#)), deux communications internationales ([O13_Int.](#), [O14_Int.](#))

- Collaboration nationale avec **Deborah NOURRIT-LUCAS** & **Didier DELIGNIERES**, Laboratoire M2S « Movement to Health » (E.A. 2991), UFR STAPS, Université de **Montpellier**.

1 article publié ([A11](#))

Collaborations intra-universitaires (Nantes)

- Groupe **LeARN** (Longévité et Autonomie, Recherche Nantaise), en lien l'**Unité d'Investigation de Gériatrie Clinique** (CHU Nantes, Hôpital Bellier) et le **Gérontopôle Autonomie Longévité des Pays de la Loire** présidé par le Pr **Gilles BERRUT** (gériatre).

2 articles publiés ([A14](#), [A28](#)), 6 communications ([C1](#), [C3](#), [O6_Int.](#), [O3_Nat.](#), [O4_Nat.](#), [AFF4](#))

- **Pôle Universitaire d'addictologie et psychiatrie** du CHU de Nantes, avec les docteurs psychiatres **Anne SAUVAGET** & **Samuel BULTEAU** et le Pr. **Jean-Marie VANELLE**.

4 articles publiés ([A23](#), [A25](#), [A30](#), [A31](#)), un article en révision ([AS3](#)) et 6 communications ([C6](#), [O12_Int.](#), [O1_Nat.](#), [AFF6](#), [AFF9](#), [AFF10](#))

- Etablissement de Santé « **Expansion des Centres d'Hémodialyse de l'Ouest** », pour la réalisation d'un essai clinique randomisé contrôlé « ACTINUT » (Promoteur : CHU de Nantes), en collaboration avec les docteurs néphrologues **Anne PARIS**, **Dan HRISTEA** et **Angelo TESTA**.

4 articles publiés ([A12](#), [A20](#), [A21](#), [A26](#)), 9 communications ([C5](#), [C8](#), [C10](#), [O7_Int.](#), [O8_Int.](#), [O11_Int.](#), [AFF3](#), [AFF4](#), [AFF5](#), [AFF8](#))

Expertise scientifique

Activité éditoriale

- Associate Editor de *Journal of Alzheimer's Disease* (2014-2016) (IF₂₀₁₅ = **3.92**)

Expertise d'articles (nombre d'articles entre parenthèses)

- PlosOne (3)
- Somatosensory & Motor Research (2)
- The International Journal of Neuroscience (1)
- Journal of Physical Education and Sport Management (1)
- Journal of Alzheimer's Disease (1)
- Journal of Aging Research (1)
- Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation (2)
- Hemodialysis International (1)
- Aging Clinical and Experimental Research (1)
- Movement & Sport Sciences (1)

- Archives of Gerontology and Geriatrics (1)
- Medicine & Science in Sports & Exercise (2)
- Neuroscience Letters (2)
- International Journal for Quality in Health Care (1)
- Journal of Geriatrics and Palliative Care (1)
- Journal of the Neurological Sciences (2)
- Disability and Rehabilitation (1)
- Journal of Athletic Enhancement (1)
- Psychiatry Research (2)
- Gait & Posture (3)
- Clinical Interventions in Aging (1)
- Archives of Physical Medicine and Rehabilitation (1)

Expertise de projets scientifiques (*nombre d'expertises entre parenthèses*)

- **Appel à Projets** « Grand réseau de recherche : Culture et société en Normandie » (1)
- **Appel à Projets** « Fondation de l'Avenir » (2)

Jurys de thèse

- **Examineur** de la thèse soutenue par **Farah EL MIR EL AYOUBI**

Titre de la thèse : « *Peur de chuter, contrôle supraspinal de la marche et personne âgée : quelle relation ?* », défendue le 30 mars 2015

Jury : Gilles ALLALI (rapporteur), Christophe CORNU (rapporteur), Laure DEDECKER (examinatrice), Thibault DESCHAMPS (examineur) Roland JOUVENT (examineur), Yves ROQUELAURE (examineur), Olivier BEAUCHET (Directeur de thèse), Cédric ANNWEILER (co-directeur de thèse)

- **Examineur** de la thèse soutenue par **Perrine GUERIN**

Titre de la thèse : « *Modulation visuelle de la locomotion et de sa dépense énergétique* », défendue le 16 décembre 2008

Jury : Gilles MONTAGNE (rapporteur), Denis MOTTET (rapporteur), Thibault DESCHAMPS (examineur), Manh-Cuong DO (examineur), Benoît BARDY (Directeur de thèse)

Sociétés savantes, réseaux

- Membre de l'Association des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives (ACAPS)
- Membre de l'European College of Sport Science (ECSS)
- Membre du réseau RINQ « Réseau Interdisciplinaire Nantais sur la Qualité de Vie & le Bien-être »
- Membre du groupe LeARN « Longévité et Autonomie, Recherche Nantaise »

Publications scientifiques, congrès et contrats de recherche

5 publications les plus représentatives

- *British Journal of Sports Medicine*, 2016, position: **1/1** (IF₂₀₁₅ = **6.72**)
- *Experimental Gerontology*, 2016, position: **1/5** (IF₂₀₁₅ = **3.35**)
- *Journal of Alzheimer's Disease*, 2014, position: **5/5** (IF₂₀₁₅ = **3.92**)
- *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2014, position: **2/8** (IF₂₀₁₅ = **4.34**)
- *The Journal of Pain*, 2014, position: **1/5** (IF₂₀₁₅ = **4.46**)

32 articles indexés ISI (dont **12 en 1^{er} auteur**, **9 en 2^{ème}** et **6 en dernier auteur** ;
85% des publications en rang utile)

10 communications publiées avec comité de lecture ISI (moyenne IF₂₀₁₅ = **3.41**)

38 communications orales dans un congrès international (**29**) et national (**9**)

25 communications affichées dans un congrès international (**19**) et national (**6**)

5 publications non indexées ISI (**2**) et chapitres d'ouvrage (**3**)

Articles publiés dans des revues avec comité de lecture indexées (ISI)

Pour chaque publication, la position dans l'ordre des auteurs et l'impact factor (IF₂₀₁₅) de la revue figurent entre parenthèses.

* article cité dans le cadre de ce mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches.

- (A32) * Daviaux, Y., Crémoux, S., Tallet, J., Amarantini, D., Cornu, C., & **Deschamps, T.** (2016). I Can't Reach It! Focus on Theta Sensorimotor Rhythm Toward a Better Understanding of Impaired Action-Perception Coupling. *Neuroscience*, 339, 32-46. (position: **6/6** - IF₂₀₁₅ = **3.23**)
- (A31) * **Deschamps, T.**, Sauvaget, A., Pichot, A., Valrivière, P., Maroulidès, M., Bois, A., Bulteau, S. & Thomas-Ollivier, V. (2016). Posture-cognitive dual-tasking: a relevant marker of depression-related psychomotor retardation. An illustration of the positive impact of repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with major depressive disorder. *Journal of Psychiatric Research*, 83, 86-93. (position: **1/8** - IF₂₀₁₅ = **4.46**)
- (A30) Vachon, H., Bourbousson, M., **Deschamps, T.**, Doron, J., Bulteau S., Sauvaget, A., Thomas-Ollivier, V. (2016). Repeated self-evaluations may involve familiarization: An exploratory study related to Ecological Momentary Assessment designs in patients with major depressive disorder. *Psychiatry Research*, 245, 99-104. (position: **3/7** - IF₂₀₁₅ = **2.46**)
- (A29) * **Deschamps, T.** (2016). Let's programme exercise during haemodialysis (intradialytic exercise) into the care plan for patients, regardless of age! *British Journal of Sports Medicine*, 50, 1537-1538. (position: **1/1** - IF₂₀₁₅ = **6.72**)
- (A28) * **Deschamps, T.**, Le Goff, C., Berrut, G., Cornu, C., & Mignardot, J-B (2016). A decision model to predict the risk of the first fall onset. *Experimental Gerontology*, 81, 51-55. (position: **1/5** - IF₂₀₁₅ = **3.35**)

- (A27) * **Deschamps, T.**, Magnard, J., Jubeau, M., Hug, F., & Tucker, K. (2016). Altered Force-Generating Capacity Is Well Perceived Regardless of the Pain Presence. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 42, 1363-1371. (position: 1/5 - IF₂₀₁₅ = 2.42)
- (A26) * Hristea D., **Deschamps T.***, Paris, A., Lefrançois, G., Volteau, C., Savoie, C., Ozenne, S., Coupel, S., Testa, A., & Magnard, J. (2016). Combining Intra-dialytic Exercise and Nutritional Supplementation in Malnourished Older Hemodialysis Patients: Towards Better Quality of Life and Autonomy. Results from the Pilot Randomized ACTINUT Trial. *Nephrology*, 21(9), 785-790. (position: co-1/10 - IF₂₀₁₅ = 1.79) (* 1er co-auteur)
- (A25) * Thomas-Ollivier, V., **Deschamps, T.***, Bulteau, S., Le Gall, F., Pichot, A., Valrivière, P., Vachon, H., & Sauvaget, A. (2016). Effect of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Psychomotor Retardation in Major Depression: A Pilot Feasibility Study. *The Journal of Neuropsychiatry & Clinical Neurosciences*, 28(1), 62-65. (position: co-1/8 - IF₂₀₁₅ = 2.43) (* 1er co-auteur)
- (A24) * Daviaux, Y., Crémoux, S., Tallet, J., Amarantini, D., Cornu, C., & **Deschamps, T.** (2016). An enhanced experimental procedure to rationalize on the impairment of perception of action capabilities. *Psychological Research*, 80, 224-234. (position: 6/6 - IF₂₀₁₅ = 2.68)
- (A23) * **Deschamps, T.**, Thomas-Ollivier, V., Sauvaget, A., Bulteau S., Fortes-Bourbousson, M., & Vachon, H. (2015). Balance characteristics in patients with major depression after a two-month walking exercise: A pilot study. *Gait & Posture*, 42, 590-593. (position: 1/6 - IF₂₀₁₅ = 2.28)
- (A22) * Mignardot, J-B., **Deschamps, T.**, Le Goff, C., Roumier, F-X., Duclay, J., Martin, A., Sixt, M., Pousson, M. & Cornu, C. (2015). Neuromuscular electrical Stimulation leads to physiological gains enhancing postural balance in the pre-frail elderly. *Physiological Reports* (position: 2/9 - IF₂₀₁₅ = N/A)
- (A21) * Magnard J., Lardy, J., Testa, A., Hristea, D., & **Deschamps T.** (2015). The effect of hemodialysis session on postural strategies in older end stage renal disease patients. *Hemodialysis International*, 19, 553–561. (position: 5/5 - IF₂₀₁₅ = 1.49)
- (A20) * Magnard, J., Hristea, D., Lefrançois, G., Testa, A., Paris, A., & **Deschamps, T.** (2014). Implicit postural control strategies in older hemodialysis patients: an objective hallmark feature for clinical balance assessment. *Gait & Posture*, 40, 723-726 (position: 6/6 - IF₂₀₁₅ = 2.28)
- (A19) * Mignardot, J-B., Beauchet, O., Annweiler, C., Cornu, C., & **Deschamps, T.** (2014). Postural sway, falls and cognitive status: a cross-sectional study among older adults. *Journal of Alzheimer's Disease*, 41(2), 431–439. (position: 5/5 - IF₂₀₁₅ = 3.92)
- (A18) Bourbousson, J., **Deschamps, T.**, & Travassos, B. (2014). From players to teams: Towards a multi-level approach of game constraints in team sports. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(6), 1393-1406. (position: 2/3 - IF₂₀₁₅ = 0.52)
- (A17) * Daviaux, Y., Mignardot, J-B., Cornu, C., & **Deschamps, T.** (2014). The effects of total sleep deprivation on the perception of action capabilities. *Experimental Brain Research*, 232 (7) 2243-2253. (position: 4/4 - IF₂₀₁₅ = 2.05)
- (A16) * **Deschamps, T.**, Hug, F., Hodges, P., & Tucker, K. (2014). Influence of experimental pain on the perception of action capabilities and performance of a maximal single leg hop. *The Journal of Pain*, 15, 271.e1-271.e7. (position: 1/4 - IF₂₀₁₅ = 4.46)
- (A15) * **Deschamps, T.**, Beauchet, O., Annweiler, C., Cornu, C., & Mignardot, J-B. (2014). Postural control and cognitive decline in older adults: position versus velocity implicit motor strategy. *Gait & Posture*, 39 (1), 628-630. (position: 1/5 - IF₂₀₁₅ = 2.28)

- (A14) * Mignardot, J-B., **Deschamps, T.**, Barrey, E., Auvinet, B., Berrut, G., Cornu, C., Constans, T. & De Decker, L. (2014). Gait disturbances as specific predictive markers of the first fall onset in elderly people: A two-year prospective observational study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6:22. (position: 2/8 - IF₂₀₁₅ = 4.34)
- (A13) * **Deschamps, T.**, Magnard, J., & Cornu, C. (2013). Postural control as a function of time-of-day: Influence of a prior strenuous running exercise or demanding sustained-attention task. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 10:26. (position: 1/3 - IF₂₀₁₅ = 2.41)
- (A12) * Magnard, J., **Deschamps, T.**, Cornu, C., Paris, A., & Hristea, D. (2013). Effects of a six-month intradialytic physical ACTIvity program and adequate NUTritional support on protein-energy wasting, physical functioning and quality of life in chronic hemodialysis patients: ACTINUT study protocol for a randomised controlled trial. *BMC Nephrology*, 14:259. (position: 2/5 - IF₂₀₁₅ = 2.28)
- (A11) Nourrit-Lucas, D., Zelic, G., **Deschamps, T.**, Hilpron, M., & Delignières, D. (2013). Persistent coordination patterns in a complex task after 10 years delay: Subtitle: how validate the old saying “once you have learned how to ride a bicycle, you never forget!” *Human Movement Science*, 32, 1365-1378. (position: 3/5 - IF₂₀₁₅ = 1.60)
- (A10) **Deschamps, T.**, Murian, A., & Hug, F. (2011). Reciprocal aiming precision and central adaptations as a function of mechanical constraints. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21, 968-973. (position: 1/3 - IF₂₀₁₅ = 1.53)
- (A9) Murian, A., **Deschamps, T.**, Bourbousson, J., & Temprado, J-J. (2008). Influence of an exhausting muscle exercise on bimanual coordination stability and attentional demands. *Neuroscience Letters*, 432, 64-68. (position: 2/4 - IF₂₀₁₅ = 2.10)
- (A8) Murian, A., **Deschamps, T.**, & Temprado, J-J. (2008). Effects of force production and trial duration on bimanual performance and attentional demands in rhythmic coordination task. *Motor Control*, 12, 21-37. (position: 2/3 - IF₂₀₁₅ = 1.03)
- (A7) Murian, A., **Deschamps, T.**, & Bardy, B. (2007). A temporal limit for the influence of volition on stability of rhythmic bimanual coordination. *International Journal of Sport Psychology*, 38, 321-336. (position: 2/3 - IF₂₀₁₅ = 0.87)
- (A6) **Deschamps, T.**, Nourrit, D., Caillou, N., & Delignières, D. (2004). Influence of a stressing constraint on stiffness and damping functions of ski simulator’s platform motion. *Journal of Sports Sciences*, 2, 867-874. (position: 1/4 - IF₂₀₁₅ = 2.14)
- (A5) Nourrit, D., Delignières, D., Caillou, N., **Deschamps, T.**, & Lauriot, B. (2003). On discontinuities in motor learning: A longitudinal study of complex skill acquisition on a ski-simulator. *Journal of Motor Behavior*, 35, 151-170. (position: 4/5 - IF₂₀₁₅ = 1.57)
- (A4) Delignières, D., **Deschamps, T.**, Legros, A., & Caillou, N. (2003). A methodological note on non-linear time series analysis: Is Collins and De Luca (1993)'s open- and closed-loop model a statistical artifact? *Journal of Motor Behavior*, 35, 86-96. (position: 2/4 - IF₂₀₁₅ = 1.57)
- (A3) Caillou, N., Nourrit, D., **Deschamps, T.**, Lauriot, B., & Delignières, D. (2003). Overcoming spontaneous patterns of coordination during the acquisition of a complex balancing task. *Canadian Journal of Experimental Psychology*, 56, 284-294. (position: 3/5 - IF₂₀₁₅ = 1.45)
- (A2) Nourrit, D., **Deschamps, T.**, Lauriot, B., Caillou, N., & Delignières, D. (2000). The effects of required amplitude and practice on frequency stability and efficiency in a cyclical task. *Journal of Sports Sciences*, 18, 1-12. (position: 2/5 - IF₂₀₁₅ = 2.14)

- (A1) Delignières, D., Nourrit, D., **Deschamps, T.**, Lauriot, B., & Caillou, N. (1999). Effects of practise and tasks constraints on stiffness and friction functions in biological movements. *Human Movement Science*, 18, 769-793. (position: 3/5 - IF₂₀₁₅ = 1.60)

Articles publiés dans des revues avec comité de lecture non indexées (ISI)

- (AN2) **Deschamps T.**, Lauriot B., Nourrit D., Caillou N., et Delignières D. (2000). Effet de la force de l'intention sur la variabilité des patterns spontanés d'une tâche de coordination bimanuelle. *Science et Motricité*, 41, 28-32. (position: 1/5)
- (AN1) Delignières, D., Nourrit, D., & **Deschamps, T.** (1999). Cognitions et représentations dans l'approche dynamique de l'apprentissage et du contrôle moteur. *Science et Motricité*, 38-39, 97-98.

Articles soumis ou en révision dans des revues avec comité de lecture indexées (ISI)

- (AS1) Magnard, J., Cornu, C., Berrut, G., & **Deschamps, T.** (*soumis*). Examination of reactive motor responses to Achilles tendon vibrations during an inhibitory stepping reaction time task. *Human Movement Science*. (position: 4/4 - IF₂₀₁₅ = 1.60)
- (AS2) Tucker, K., Maker, F., **Deschamps, T.**, & Hug, F. (*soumis*). Pain in an unrelated region does not influence performance or perception of performance ability during a maximal single leg hop. *Plos One*. (position: 3/4 - IF₂₀₁₅ = 3.05)
- (AS3) Bulteau, S., Sébille, V., Fayet, G., Thomas-Ollivier, V., **Deschamps, T.**, Bonnin-Rivalland, A., Pichot, A., Valrivière, P., June, F., Hureau, L., Pereon, Y., Vanelle, J-M., & Sauvaget, A. (*en revisions*). Efficacy of intermittent Theta Burst Stimulation (iTBS) and 10 Hz High frequency rTMS in treatment-resistant unipolar depression: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. (position: 5/13 - IF₂₀₁₅ = 1.86)
- (AS4) Daviaux, Y., **Deschamps, T.**, & Cornu, C. (*soumis*). Changes in the joint's musculo-articular mechanical properties do not alter action-perception coupling. *Biological Psychology* (position: 2/3 - IF₂₀₁₅ = 3.23)
- (AS5) Thomas-Ollivier, V., Foyer, E., Bulteau, S., Pichot, A., Valrivière, P., Sauvaget, A., & **Deschamps, T.** (*soumis*). Cognitive component of psychomotor retardation in depression: Is verbal fluency a relevant marker? Impact of repetitive transcranial stimulation. *Psychiatry and Clinical Neurosciences* (position: 7/7 - IF₂₀₁₅ = 2.02)

Chapitres d'ouvrages

- (Ch3) **Deschamps, T.** (2009). Le contrôle du mouvement. In F. Hug (Ed.), *Le mouvement* (pp.51-68). Paris : Editions revue EPS. (position: 1/1)
- (Ch2) Murian, A., & **Deschamps, T.** (2007). Neuromuscular constraints affect movement precision in a reciprocal aiming task: previous muscle activity and load effect. In N. Gantchev (Ed.), *From Basic Motor Control to Functional Recovery V* (pp. 130-138). Sofia: Academic Publishing House (position: 2/2)
- (Ch1) Delignières, D., & **Deschamps, T.** (2000). L'effort mental. In D. Delignières (Ed.), *L'effort* (pp. 25-40). Paris: Editions Revue EPS. (position: 2/2)

Communications publiées avec comité de lecture indexées ISI

- (C10) Hristea, D., Paris, A., Lefrançois, G., Volteau, C., Savoie, C., Ozenne, S., Testa, A., Coupel, S., Bertho, I., Legall, MC., Magnard, J., & **Deschamps, T.** (2014). Randomized controlled trial on the effects of a six-month intra-dialytic physical activity program and adequate nutritional support on protein-energy wasting, physical functioning and quality of life. *Nephrology Dialysis Transplantation* 29 (Supplement 3): iii290-291. (position: 12/12 – IF₂₀₁₅ = 4.08)
- (C9) **Deschamps, T.**, Mignardot, J-B., Barrey, E., Auvinet, B., Cornu, C., & Berrut, G. (2014). Premier modèle de prédiction du risque de la première chute chez le sujet âgé. Oral communication Abstracts. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 44, 135. (position: 1/6 - IF₂₀₁₅ = 1.45)
- (C8) Magnard, J., Cornu, C., Hristea, D., Paris, A., & **Deschamps, T.** (2014). Effets de l'activité physique sur le contrôle postural, la locomotion et la qualité de vie de patients insuffisants rénaux chroniques. Résultats de l'étude ACTINUT. Oral communication Abstracts. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 44, 134. (position: 5/5 - IF₂₀₁₅ = 1.45)
- (C7) Mignardot, J-B., **Deschamps, T.**, Barrey, E., Auvinet, B., Berrut, G., & Cornu, C. (2014). L'analyse de la marche révèle des biomarqueurs précoces de survenue de la première chute chez le sujet âgé. Une étude de cohorte avec deux années de suivi prospectif. Poster Session Abstracts. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 44, 140. (position: 2/6 - IF₂₀₁₅ = 1.45)
- (C6) **Deschamps, T.**, Thomas-Ollivier, V., Fortes-Bourbousson, M., Sauvaget, A., Vanelle, J-M., & Vachon, H. (2014). Effet de l'activité physique sur le contrôle postural des patients dépressifs. Poster Session Abstracts. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*, 44, 144. (position: 1/6 - IF₂₀₁₅ = 1.45)
- (C5) Hristea, D., Paris, A., Magnard, J., & **Deschamps, T.** (2013). Randomized controlled trial on the effects of a six-month intra-dialytic physical activity program and adequate nutritional support on protein-energy wasting, physical functioning and quality of life in chronic hemodialysis patients. Poster Session Abstracts. *Journal of American Society of Nephrology*, 24, SA-PO1093 (position: 4/4 - IF₂₀₁₅ = 8.49)
- (C4) Mignardot, J-B., Beauchet, O., Annweiler, C., **Deschamps, T.**, & Cornu, C. (2013). Which combination of postural parameters is associated with falling in older adults while taking into account the cognitive decline? Oral communication Abstracts. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 17, 1, S285. (position: 5/6 - IF₂₀₁₅ = 3.19)
- (C3) Mignardot, J-B., Beauchet, O., Annweiler, C., **Deschamps, T.**, & Cornu, C. (2013). Balance impairment, cognitive decline and falls in older adults: Principal Components Analysis may identify the best combination at risk of falls. Oral communication Abstracts. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 17, 1, S308. (position: 5/6 - IF₂₀₁₅ = 3.19)
- (C2) Murian, A., & **Deschamps, T.** (2005). Muscular and attentional contribution to bimanual coordination. Poster Session Abstracts. *Psychophysiology*, 42, S94. (position: 2/2 - IF₂₀₁₅ = 3.07)
- (C1) Murian, A., & **Deschamps, T.** (2005). Central vs peripheral dynamics interactions on coordination stability: First steps to new models. Poster Session Abstracts. *Psychophysiology*, 42, S94. (position: 2/2 - IF₂₀₁₅ = 3.07)

Communications orales dans un congrès international

- (O1_Int.) Daviaux, Y., Deschamps, T., & Cornu, C. (2015). *L'altération des caractéristiques mécaniques musculo-articulaires ne conduit pas à une modification du couplage action-perception*. Communication présentée au XVI^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Nantes (France), 26-28 octobre 2015. (position: 2/3)
- (O2_Int.) Magnard, J., Thibault, S., Berrut, G., Cornu, C., & Deschamps, T. (2015). *Processus d'inhibition cognitive et tâche d'initiation de pas : impact du déficit proprioceptif sur la qualité de l'exécution motrice*. Communication présentée au XVI^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Nantes (France), 26-28 octobre 2015. (position: 5/5)
- (O3_Int.) Cremoux, S., Daviaux, Y., Amarantini, D., Deschamps, T., Cornu, C., & Tallet, J. (2015). *Cortico-cortical coherence elicits neurophysiological processes underlying impaired action-perception coupling*. Communication présentée au XVI^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Nantes (France), 26-28 octobre 2015. (position: 4/6)
- (O4_Int.) Magnard, J., & Deschamps, T. (2015). *Effets du traitement d'hémodialyse sur l'équilibre orthostatique de patients âgés insuffisants rénaux chroniques*. Communication présentée au XIV^{ème} congrès de la Société Francophone d'Analyse du Mouvement chez l'Enfant et l'Adulte, Genève, 4-6 février 2015. (position: 2/2)
- (O5_Int.) Mignardot, J-B., Deschamps, T., Pousson, M., Roumier, F-X., Sixt, M., & Cornu, C. (2014). *Electrostimulation in prefall older adults leads to improve the control of challenging postural situation through musculotendinous adaptations*. Communication présentée au 20th Congress of the International Society of Electrophysiology and Kinesiology, Rome, 15-18 July 2014. (position: 2/6)
- (O6_Int.) Daviaux, Y., Cremoux, S., Tallet, J., Amarantini, D., Cornu, C., & Deschamps, T. (2014). *Effects of anxiety on the perception of action capabilities: towards a sensorimotor integration perspective*. Communication présentée au 19^{ème} congrès annuel de l'European Congress of Sport Science, Amsterdam, 2-5 July 2014. (position: 6/6)
- (O7_Int.) Deschamps, T., Paris, A., Hristea, D., & Magnard, J. (2014). *The bounding limits of center-of-pressure velocity as a hallmark feature of changes in postural control strategies in older hemodialysis patients*. Communication présentée au 19^{ème} congrès annuel de l'European Congress of Sport Science, Amsterdam, 2-5 July 2014. (position: 1/4)
- (O8_Int.) Magnard, J., Deschamps, T., Paris, A., & Hristea, D. (2014). *Effects a six-month intradialytic physical activity program and adequate nutritional support on protein-energy wasting, physical functioning and quality of life in chronic hemodialysis patients*. Communication présentée au 19^{ème} congrès annuel de l'European Congress of Sport Science, Amsterdam, 2-5 July 2014. (position: 2/4)
- (O9_Int.) Deschamps, T., Hug, F., Hodges, P., & Tucker, K. (2014). *Experimental pain influences the perception of action capabilities and performance of a maximal single leg hop*. Communication présentée au "Sensorimotor Satellite Meeting" de la société australienne de Neuroscience, University of South Australia, Adelaide, 1^{er} février 2014. (position: 1/4)
- (O10_Int.) Deschamps, T., Mignardot, J-B., Barrey, E., Auvinet, B., Cornu, C., & Berrut, G. (2013). *Premier modèle de prédiction du risque de la première chute chez le sujet âgé*. Communication présentée au 20^{ème} congrès de la Société francophone Posture, Equilibre, et Locomotion, Genève, 29-30 novembre 2013. (position: 1/6)

- (O11_Int.) Magnard, J., Cornu, C., Hristea, D., Paris, A., & **Deschamps, T. (2013)**. *Effets de l'activité physique sur le contrôle postural, la locomotion et la qualité de vie de patients insuffisants rénaux chroniques. Résultats de l'étude ACTINUT*. Communication présentée au 20^{ème} congrès de la Société francophone Posture, Equilibre, et Locomotion, Genève, 29-30 novembre 2013. (position: 1/5)
- (O12_Int.) Vachon, H., Thomas-Ollivier, V., Fortes-Bourbousson, M., Sauvaget, A., Vanelle, J-M., & **Deschamps, T. (2013)**. *Effet de l'activité physique sur le contrôle postural des patients dépressifs*. Communication présentée au XV^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Grenoble (France), 29-31 octobre 2013. (position: 6/6)
- (O13_Int.) Mignardot, J-B., Beauchet, O., Annweiler, C., **Deschamps, T.**, & Cornu, C. (2013). *Balance impairment, cognitive decline and falls in older adults: Principal Components Analysis may identify the best combination at risk of falls*. Communication présentée au 20th IAGG World Congress of Gerontology and Geriatrics, Seoul, 23-27 June 2013. (position: 4/5)
- (O14_Int.) Mignardot, J-B., Beauchet, O., Annweiler, C., **Deschamps, T.**, & Cornu, C. (2013). *Which combination of postural parameters is associated with falling in older adults while taking into account the cognitive decline?* Communication présentée au 20th IAGG World Congress of Gerontology and Geriatrics, Seoul, 23-27 June 2013. (position: 4/5)
- (O15_Int.) Murian, A., & **Deschamps, T. (2007)**. *Adaptations centrales aux contraintes neuromusculaires lors d'une tâche de pointage rythmique*. Communication présentée au XII^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Leuven (Belgium), 31 octobre-2 novembre 2007. (position: 2/2)
- (O16_Int.) Murian, A., & **Deschamps, T. (2007)**. *Neuromuscular constraints affect movement precision in a reciprocal aiming task: previous muscle activity and load effect*. Communication présentée à la IV Conference on Motor Control: From basic motor control to functional recovery, Sofia (Bulgaria), 30 September – 3 October 2007. (position: 2/2)
- (O17_Int.) **Deschamps, T.**, & Murian, A. (2006). *Interactive contribution of attentional and muscular constraints to coordinated movement control: time-on-task effect*. Communication présentée au 26th International Congress of Applied Psychology, Athens, 16-21 July 2006. (position: 1/2)
- (O18_Int.) Heugas, A-M., & **Deschamps, T. (2006)**. *Dynamics of competitive race walkers gaits: Hypothesis of concomitant energetic cost*. Communication présentée au XXIX FIMS World Congress of Sports Medicine, june 14-16 2006, p1 à 511, Beijing, China. (position: 2/2)
- (O19_Int.) Murian, A., & **Deschamps, T. (2005)**. *Contribution interactive des processus centraux (attentionnels) et périphériques (solllicitations musculaires) sur la stabilité des patrons de coordination bimanuelle*. Communication présentée au XI^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Paris, 26-28 octobre 2005. In : Actes du congrès, pp. 373-374. (position: 2/2)
- (O20_Int.) Delignières, D., **Deschamps, T.**, & Caillou, N. (2002). *Bimanual coordination: 1/f noise in cycle to cycle point estimates of relative phase*. Communication présentée à l'International Congress « Movement, Attention, Perception », Poitiers, 19-21 Juin 2002. (position: 2/3)
- (O21_Int.) Delignières, D., Nourrit, D., **Deschamps, T.**, & Legros, A. (2001). *L'évolution du comportement des systèmes oscillants avec l'apprentissage* Communication présentée au IX^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Valence, 1-3 Novembre 2001. (position: 3/4)
- (O22_Int.) Lauriot, B., Mallet, J., Caillou, N., **Deschamps, T.**, Nourrit, D., & Delignières, D. (2001). *Etude de la dynamique intrinsèque d'une coordination multisegmentaire*. Communication

présentée au IX^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Valence, 1-3 Novembre 2001. (position: 4/6)

- (O23_Int.) Nourrit, D., Delignières, D., & **Deschamps, T.** (2000). *Evolution des coordinations motrices avec l'apprentissage : les stratégies de forçage sur le simulateur de ski*. Communication présentée au Congrès International de la Société Française de Psychologie du Sport, Paris, 7-10 Juillet 2000. (position: 3/3)
- (O24_Int.) Delignières, D., Nourrit, D., & **Deschamps, T.** (2000). *L'évolution des coordinations motrices au cours de l'apprentissage: continuités et ruptures*. Communication présentée au Congrès International de la Société Française de Psychologie du Sport, Paris, 7-10 Juillet 2000. (position: 3/3)
- (O25_Int.) **Deschamps, T.**, Legros, A., Lauriot, B., & Delignières, D. (2000). *Evaluation de l'effort requis pour la réalisation de différentes coordinations de la tâche bimanuelle*. Communication présentée au Congrès International de la Société Française de Psychologie du Sport, Paris, 7-10 Juillet 2000. (position: 1/5)
- (O26_Int.) Delignières, D., Nourrit, D., **Deschamps, T.**, Lauriot, B., & Caillou, N. (1999). *Dynamical modelling of ski simulator's platform motion*. Communication présentée au 10th European Congress of Sport psychology, Prague, 7-12 Juillet 1999. (position: 3/5)
- (O27_Int.) Delignières, D., Nourrit, D., & **Deschamps, T.** (1999). *Cognitions et représentations dans l'approche dynamique de l'apprentissage et du contrôle moteur*. Communication présentée au VIII^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Macolin, 31 Octobre-3 Novembre 1999. (position: 3/3)
- (O28_Int.) Lauriot B., **Deschamps, T.**, Caillou, N., Nourrit, D., & Delignières, D. (1999). *Influence de la présence de points de revirement sur le couplage des systèmes oscillants*. Communication présentée au VIII^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Macolin, 31 Octobre-3 Novembre 1999. (position: 2/5)
- (O29_Int.) **Deschamps, T.**, Lauriot, B., Caillou, N., Nourrit, D., & Delignières, D. (1999). *Effet de la force de l'intention sur la variabilité des coordinations intrinsèques d'une tâche bimanuelle*. Communication présentée au VIII^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Macolin, 31 Octobre-3 Novembre 1999. (position: 1/5)

Communications orales dans un congrès national

- (O1_Nat.) Thomas-Ollivier, V., **Deschamps, T.**, Bulteau, S., & Sauvaget, A. (2016). *Shedding new light on psychomotor retardation and postural sway in patients with major depressive disorder: the positive effects of rTMS treatment*. Communication présentée à la X^{ème} Journée Scientifique de la Section « Stimulation Transcrânienne en Psychiatrie » de l'Association Française de Psychiatrie Biologique, Strasbourg (France), 17 juin 2016.
- (O2_Nat.) Magnard, J., Cornu, C., Berrut, G., & **Deschamps, T.** (2015). *Performance motrice et processus d'inhibition cognitive : revue des enjeux théoriques et cliniques pour l'évaluation du risque de chute de la personne âgée*. Communication présentée au colloque « Longévité, Mobilité, Autonomie », Journée Scientifique de l'Université de Nantes, 12 juin 2015. (position: 4/4)
- (O3_Nat.) **Deschamps, T.** (2014). *Les sportifs ne sont pas les seuls à « performer » ! Performance motrice et autonomie fonctionnelle dans nos activités quotidiennes : intérêts et enjeux de leur analyse*. Communication présentée au colloque « La quête de la performance :

regards croisés interdisciplinaires », Journée Scientifique de l'Université de Nantes, 6 juin 2014. (position: 1/1)

- (O4_Nat.) Bachelier, A., **Deschamps, T.**, & Machiah, M. (2013). *Synthèse bibliographique : Hypothèse testant la relation entre coordination posturale et personnalité*. Communication présentée au 5^{ème} colloque « Sport et Recherche en Pays de la Loire : Santé, Développement, Modernité », Laval, 28-29 novembre 2013. (position: 2/3)
- (O5_Nat.) Mignardot, J-B., Cornu, C., Auvinet, B., Barrey, E., Berrut, G., & **Deschamps, T.** (2013). *L'analyse de la marche révèle des biomarqueurs précoces du risque de survenue de la première chute chez le jeune sujet âgé*. Communication présentée au colloque « Longévité, Autonomie : enjeux et perspectives », Journée Scientifique de l'Université de Nantes, 7 juin 2013. (position: 6/6)
- (O6_Nat.) Mignardot, J-B., **Deschamps, T.**, Auvinet, B., Barrey, E., Berrut, G., & Cornu, C. (2013). *Premier modèle de prédiction du risque de la première chute chez le sujet âgé : Résultats de la cohorte « PREPA » avec deux années de suivi prospectif*. Communication présentée au colloque « Longévité, Autonomie : enjeux et perspectives », Journée Scientifique de l'Université de Nantes, 7 juin 2013. (position: 2/6)
- (O7_Nat.) **Deschamps, T.**, Hamon, C., & Murian, A. (2007). *Dynamique des coordinations interpersonnelles dans les tâches duelles et/ou collectives*. Communication présentée au Congrès National de la Société Française de Psychologie, Nantes, 13-15 septembre 2007. (position: 1/3)
- (O8_Nat.) Murian, A., & **Deschamps, T.** (2005). *Modélisation des coordinations motrices : circularité des dynamiques centrale et périphérique*. Communication présentée au VI^{ème} Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives, Bordeaux, 2-4 mai 2005. (position: 2/2)
- (O9_Nat.) **Deschamps, T.**, Guérin, P., & Murian, A. (2005). *Optimisation de la performance motrice : effets de la pratique sur la régulation de la dépense énergétique*. Communication présentée au 1^{er} Congrès Sport et Recherche en Pays de la Loire, Nantes, 23-24 mars 2005. (position: 1/3)
- (O10_Nat.) **Deschamps, T.**, & Murian, A. (2002). *Influence de la dynamique de l'effort sur la stabilité des patrons de coordination bimanuelle*. Communication présentée au colloque transdisciplinaire, La complexité : ses formes, ses traitements, ses effets, Caen, 19-20 septembre 2002. (position: 1/2)

Communications affichées dans un congrès international ou national

- (AFF1) Thibault, S., Hug, F., & **Deschamps, T.** (2016). *La fatigue musculaire influence-t-elle le processus d'inhibition cognitive ?* Communication présentée au 6^{ème} colloque « Sport et Recherche en Pays de la Loire : Santé, Développement, Modernité », Le Mans, 13-14 octobre 2016. (position: 3/3)
- (AFF2) Hristea, D., & **Deschamps, T.** (2016). *Implementing an exercise program into routine care of outpatient dialysis patients. Just do it trial*. Communication présentée au 53^{ème} congrès annuel de l'European Renal Association and European Dialysis and Transplant Association, Vienne (Autriche), 21-24 mai 2016. (position: 2/2)
- (AFF3) Magnard, J., Berrut, G., Cornu, C., & **Deschamps, T.** (2015). *Impact de la proprioception sur le processus d'inhibition cognitive mis en jeu lors d'une tâche de contrôle postural statique*. Communication présentée au XVI^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Nantes (France), 26-28 octobre 2015. (position: 4/4)

- (AFF4) Daviaux, Y., Cremoux, S., Tallet, J., Amarantini, D., Cornu, C., & **Deschamps, T. (2015)**. *Impaired perception of reaching capabilities involves an atypical sensorimotor activity over the contralateral premotor area*. Communication présentée au 9th World Congress International Brain Research Organization, Rio de Janeiro, 7-11 July 2015. (position: 6/6)
- (AFF5) Magnard, J., Hristea, D., Paris, A., & **Deschamps, T. (2015)**. *Vieillesse et Maladie Chronique : y a-t-il une place pour l'activité physique? Exemple de l'insuffisance rénale chronique terminale*. Communication présentée au colloque « Longévité, Mobilité, Autonomie », Journée Scientifique de l'Université de Nantes, 12 juin 2015. (position: 4/4)
- (AFF6) Magnard, J., & **Deschamps, T. (2015)**. *Effets du traitement d'hémodialyse sur l'équilibre orthostatique de patients âgés insuffisants rénaux chroniques*. Communication présentée au XIV^{ème} congrès de la Société Francophone d'Analyse du Mouvement chez l'Enfant et l'Adulte, Genève, 4-6 février 2015. (position: 2/2)
- (AFF7) Hristea, D., Paris, A., Lefrançois, G., Volteau, C., Savoie, C., Ozenne, S., Testa, A., Coupel, S., Bertho, I., Legall, M., Magnard, J., & **Deschamps, T. (2014)**. *Randomized controlled trial on the effects of a six-month intra-dialytic physical activity program and adequate nutritional support on protein-energy wasting, physical functioning and quality of life*. Communication présentée au 51^{ème} congrès annuel de l'European Renal Association and European Dialysis and Transplant Association, Amsterdam, 31 may-3 June 2014. (position: 12/12)
- (AFF8) **Deschamps, T.**, Thomas-Ollivier, V., Fortes-Bourbousson, M., Sauvaget, A., Vanelle, J-M., & Vachon, H. (2013). *Patients dépressifs et troubles de l'équilibre : les effets d'un programme de marche active de deux mois sur le contrôle postural*. Communication présentée au 20^{ème} congrès de la Société francophone Posture, Equilibre, et Locomotion, Genève, 29-30 novembre 2013. (position: 1/6)
- (AFF9) Mignardot, J-B., **Deschamps, T.**, Barrey, E., Auvinet, B., Berrut, G., & Cornu, C. (2013). *L'analyse de la marche révèle des biomarqueurs précoces de survenue de la première chute chez le sujet âgé. Une étude de cohorte avec deux années de suivi prospectif*. Communication présentée au 20^{ème} congrès de la Société francophone Posture, Equilibre, et Locomotion, Genève, 29-30 novembre 2013. (position: 2/6)
- (AFF10) Hristea, D., Paris, A., Lefrançois, G., Magnard, J., & **Deschamps, T. (2013)**. *Randomized controlled trial on the effects of a six-month intradialytic physical ACTivity program and adequate NUTritional support on protein-energy wasting, physical functioning and quality of life in chronic hemodialysis patients ACTINUT*. Communication présentée à la 5^{ème} "Kidney Week", Atlanta, Etats-Unis, 5-10 novembre 2013. (position: 5/5)
- (AFF11) Fortes-Bourbousson, M., **Deschamps, T.**, Sauvaget, A., Vanelle, J-M., Doron, J., Vachon, H., & Thomas-Ollivier, V. (2013). *Psychological fluctuations over time: Comparison of four statistical operationalizations*. Communication présentée au 13th ISSP World Congress of Sport Psychology, Beijing (China), 21-25 July 2013. (position: 2/7)
- (AFF12) Thomas-Ollivier, V., **Deschamps, T.**, Sauvaget, A., Vanelle, J-M., Doron, J., Vachon, H., & Fortes-Bourbousson, M. (2013). *Variability and temporal instability as core dimensions of depressive rumination*. Communication présentée au 13th ISSP World Congress of Sport Psychology, Beijing (China), 21-25 July 2013. (position: 2/7)
- (AFF13) **Deschamps, T.**, Murian, A., & Temprado, J-J. (2008). *Effets du vieillissement sur la dynamique des coordinations inter-personnelles*. Communication présentée au X^{ème} Colloque International sur le Vieillesse Cognitif, Paris, 4-5 Septembre 2008. (position: 1/3)

- (AFF14) Murian, A., Deschamps, T., & Temprado, J-J. (2008). *Effets du vieillissement sur la complexité du système bimanuel dans une tâche de coordination*. Communication présentée au X^{ème} Colloque International sur le Vieillessement Cognitif, Paris, 4-5 Septembre 2008. (position: 2/3)
- (AFF15) Hamon, C., & Deschamps, T. (2008). *Les coordinations interpersonnelles au sein d'un double en badminton : un système dynamique entre coopération et compétition*. Communication présentée au Congrès National de la Société Française de Psychologie du Sport, Saint Pierre Quiberon, 26-28 mars 2008. (position: 2/2)
- (AFF16) Murian, A., & Deschamps, T. (2006). *The dynamics of the bimanual coordination and the concomitant attentional cost after a specific bilateral fatigue protocol*. Communication présentée au 11th annual Congress of the European College of Sport Science, Lausanne, 05-08 July 2006. (position: 2/2)
- (AFF17) Murian, A., & Deschamps, T. (2005). *Influence des dynamiques attentionnelle et musculaire sur la stabilité des patrons de coordination bimanuelle*. Communication présentée au 1^{er} Congrès Sport et Recherche en Pays de la Loire, Nantes, 23-24 mars 2005. (position: 2/2)
- (AFF18) Murian, A., Deschamps, T., & Bardy, B. (2003). *Influence de la dynamique de l'effort sur la stabilité des patrons de coordination bimanuelle*. Communication présentée au X^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Toulouse, 30 octobre-1^{er} Novembre 2003. In : Actes du congrès, pp. 358-359. (position: 2/3)
- (AFF19) Delignières, D., Caillou, N., & Deschamps, T. (2002). *Le bruit 1/f dans les coordinations bimanuelles : étude préliminaire*. Communication présentée aux Journées Nationales d'Etudes de la Société française de Psychologie du Sport, Limoges, 21-22 Mars 2002. (position: 3/3)
- (AFF20) Delignières, D., Deschamps, T., Legros, A., & Caillou, N. (2001). *Analyse des corrélations à long-terme dans les trajectoires du centre des pressions lors de la station debout immobile: La transition entre persistance et anti-persistance est-elle un artéfact statistique?* Communication présentée au IX^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Valence, 1-3 Novembre 2001. (position: 2/4)
- (AFF21) Deschamps, T., & Delignières, D. (2001). *The dynamics of phase transition in rhythmic interlimb coordinations: new models in prospects*. Communication présentée au IX^{ème} Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Valence, 1-3 Novembre 2001. (position: 1/2)
- (AFF22) Nourrit, D., Ruiz, C., Lauriot, B., Deschamps, T., Caillou, N., & Delignières, D. (1999). *L'effet de l'apport d'un feedback portant sur la variable collective pour l'apprentissage sur simulateur de ski*. Communication présentée au VIII[°] Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Macolin, 31 Octobre-3 Novembre 1999. (position: 4/6)
- (AFF23) Delignières, D., Nourrit, D., Deschamps, T., Lauriot, B., & Caillou, N. (1999). *Modélisation dynamique des mouvements rythmiques: une adaptation de la W-Method de Beek et Beek (1988)*. Communication présentée au VIII[°] Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Macolin, 31 Octobre-3 Novembre 1999. (position: 3/5)
- (AFF24) Nourrit, D., Caillou, N., Deschamps, T., Lauriot, B. & Delignières, D. (1999). *Expertise et invariance spatio-temporelle: une comparaison experts-novices en bowling*. Communication présentée au VIII[°] Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Macolin, 31 Octobre-3 Novembre 1999. (position: 3/5)

- (AFF25) Caillou, N., Nourrit, D., Lauriot, B., Deschamps, T., & Delignières, D. (1999). *Découplages articulaires lors des premières étapes de l'apprentissage dans une tâche d'équilibre*. Communication présentée au VIII^e Congrès International des Chercheurs en Activités Physiques et Sportives, Macolin, 31 Octobre-3 Novembre 1999. (position: 4/5)

Séminaires invités / Conférences

- Deschamps, T. (2016). *Activité physique et cognition*. Conférences "Activité physique et vieillissement", Projet de recherche « *Longévité, Mobilité, Autonomie* », Université du Mans, le 27 septembre 2016.
- Deschamps, T. (2016). *Analyse de la fonction motrice : des signatures révélatrices de notre présent*. Séminaire scientifique de l'UMR 1075 « COMETE », Université de Caen / Inserm, le 29 mars 2016 (Caen).
- Deschamps, T. (2006). « *Aptitudes et Habiletés Motrices Complexes chez l'Enfant : Développement et Entraînement* ». DRDJS de Nantes, le 18 mars 2006.
- Deschamps, T. (2004). « *Fatigue, effort et coordinations* ». Entretiens de l'INSEP, Coordination Motrices et Acquisition des Gestes Techniques Sportifs : Quoi de Neuf ? Paris, 14 janvier 2004.
- Deschamps, T. (2003). « *Effets des contraintes motivationnelles, énergétiques et émotionnelles sur la dynamique des coordinations motrices* ». Séminaire du Centre de Recherches en Sciences du Sport (UPRES - EA 1609), Université de Paris 11 Orsay, 13 novembre 2003.
- Deschamps, T. (2002). « *L'approche dynamique en action : intérêts et conséquences pratiques sur l'apprentissage moteur* ». IFEPS d'Angers, le 11 décembre 2002.

Coordination / Participation à des contrats de recherche

2014 - présent Région Pays de la Loire (AAP « Recherche 2013 ») - Projet interdisciplinaire LMA

Titre du projet : « *Longévité, Mobilité, Autonomie* » (13 axes de recherche)

Financement : 589 049€ (dont une allocation post-doctorale)

Porteurs du projet : Christophe CORNU & Gilles BERRUT

6 partenaires scientifiques principaux :

- Laboratoire « *Motricité, Interactions, Performance* » (E.A. 4334)
- INSERM U791 « *LIOAD* »
- UMR 6590 ESO « *Espaces et Sociétés* »
- UMR 6597 « *IRCCyN* »
- Laboratoire de Psychologie des Pays de la Loire (E.A. 4638)
- Laboratoire FRE 3706 « *Centre Nantais de Sociologie* » (CENS)

3 partenaires associés :

- Pôle Hospitalo-Universitaire de Gérontologie Clinique du CHU de Nantes
- UMR 6266 « *IDEES* » (Université du Havre)
- UMR 5194 « *PACTE* » (Université Pierre Mendès France)

Responsable de l'axe de recherche :

- *Etude des relations entre les propriétés biomécaniques du système musculo-articulaire de la cheville, le contrôle postural et fonctions (exécutives) d'inhibition*

Collaborateur sur 2 autres axes :

- *Etude des propriétés neurophysiologiques et mécaniques des unités motrices du soléaire activées par voie réflexe chez la personne âgée*
 - *Etude de l'impact de protocoles par vibration globale ou localisée sur la posture, la mobilité de personne âgée*
-

2011 - 2014

Région Pays de la Loire (AAP « *Expertise au profit du territoire 2010* »)

Titre du projet : « **Retarder la Perte d'Autonomie liée à l'Age par l'Activité Physique** »

Financement : 132 600€ (dont une allocation post-doctorale)

Porteurs du projet : Christophe CORNU & **Thibault DESCHAMPS**

2 partenaires scientifiques principaux :

- Laboratoire de Psychologie « *Processus de Pensée et Interventions* » (E.A. 2646), Université d'Angers
- Pôle de Gériatrie Clinique, Hôpital Bellier, Université de Nantes – CHU Nantes)

2 partenaires associés :

- Direction Régionale et Départementale de la Jeunesse et des Sports et de la Cohésion Sociale
- Observatoire Régional de la Santé des Pays de la Loire.

Résumé. L'originalité de ce projet résidait en une approche inter-disciplinaire visant à isoler des indices prédictifs fiables permettant (1) de mieux caractériser le processus général du vieillissement normal et/ou pathologique en envisageant conjointement l'évolution des dimensions sociales, cognitives, affectives, motrices et neuro-musculaires, et (2) de proposer des solutions adaptées à la nature précise de ces évolutions multifactorielles pour ralentir ce processus après avoir validé scientifiquement des tests simples, accessibles et novateurs, caractéristiques de capacités fonctionnelles altérées.

Bilan. Ce projet de recherche a fait l'objet de onze articles scientifiques acceptés dans des revues internationales, de cinq communications publiées avec comité de lecture, de 13 communications orales / affichées dans des congrès internationaux (Séoul, Genève, Rome, Amsterdam, Atlanta), et de trois journées scientifiques d'étude (Le Mans, Nantes)

Sept 2013

Institut de Recherche en Santé Publique

Titre du projet : « **Handicap et perte d'autonomie** »

Financement : 4000 €

Porteur du projet : **Thibault DESCHAMPS**

Encadrements et co-encadrements de travaux de recherche

Thèse de doctorant

- 2004-2007** Co-encadrement (50%) de la thèse de Mr **Alexandre MURIAN**
Titre de la thèse : « *Rôle de contraintes neuromusculaires sur le contrôle volontaire des coordinations sensorimotrices et la demande attentionnelle associée* », soutenue le 17 juillet 2007.
Directeur de thèse : Pr Arnaud GUÉVEL
- 4 articles publiés indexés ISI (A7, A8, A9, A10), 2 communications publiées indexées ISI (C1, C2), 8 communications orales internationales (O15_Int., O16_Int., O17_Int., O19_Int.) et nationales (O6_Nat., O7_Nat., O8_Nat., O9_Nat.), 5 communications affichées (AFF11, AFF12, AFF14, AFF15, AFF16), et 1 chapitre d'ouvrage (Ch2)
-
- 2012-15** Co-encadrement (50%) de la thèse de Mr **Yannick DAVIAUX**
Titre de la thèse : « *Intégration sensorimotrice et contexte somatosensoriel. Vers une meilleure compréhension des processus neuronaux impliqués dans le couplage action-perception* », soutenue le 18 septembre 2015.
Financement : Allocation de thèse « *Sciences humaines et sociales* » de la Région des Pays de la Loire.
Directeur de thèse : Pr Christophe CORNU
- 3 articles publiés indexés ISI (A17, A24, A32), 1 article soumis (AS4), 3 communications orales internationales (O1_Int., O3_Int., O6_Int.), et 1 communication affichée (AFF2),
-
- 2014 – présent** Co-encadrement (20%) de la thèse de Mademoiselle **Justine MAGNARD**
Titre de la thèse : « *Fonctions exécutives, intégration sensorimotrice et contrôle postural : pour une meilleure perception des possibilités d'action de la personne âgée* ».
Financement : Allocation de thèse ministérielle, dotation « *Président de l'Université de Nantes* » (AAP « Interdisciplinarité SHS-Santé »)
Directeurs de thèse : Pr Christophe CORNU (40%) - Pr Gilles BERRUT (40%)
- 1 article soumis (AS1), 1 communication orale internationale (O2_Int.) et nationale (O1_Nat.), et 1 communication affichée (AFF1)

- 2015-2016** Direction de Mademoiselle **Florane PASQUIER** (Master STAPS EPI, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *Effets du contexte postural, de la modalité de réponse et vibrations tendineuses sur les mécanismes d'inhibition cognitive* »
-
- 2013-2014** Direction de **Michael MACHIAH** (Master « *Psychology and langage sciences* », University College London)
Titre du mémoire : « *Psychomotricity: An Association Between Personality, Posture, Movement, and Visual Stimuli* »
-
- 2012-2013** Encadrement Mademoiselle **Justine MAGNARD** (Master STAPS EPI, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *Impact de l'exercice physique intra-dialytique sur des paramètres fonctionnelles de patients âgés hémodialysés dénutris* »
-
- 2011-2012** Co-direction de Mademoiselle **Sandra STÖSSEL** (Master STAPS EPI, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *Comparison of handgrip strength, endurance and fatigue among depleted patients with chronic obstructive pulmonary disease, non-small-cell lung cancer, breast cancer and healthy subjects* »
Co-directeur: Dr. M.P. Engelen, Center for Translational Research in Aging & Longevity, University of Arkansas for Medical Sciences (USA).
-
- 2011-2012** Co-direction de Mr **David GUERIN** (Master automatique et systèmes de production spécialité Robotique (Ecole centrale de Nantes)
Titre du mémoire : « *Caractérisation du stress humain par l'approche fractale* »
Co-directeur : Pr. Michel Guglielmi (IRCCyN UMR CNRS 6597)
-
- 2010-2011** Co-direction de Mr **Andrea COLLO** (Master automatique et systèmes de production spécialité Robotique (Ecole centrale de Nantes)
Titre du mémoire : « *Characterization of fractal fluctuations in a complex motor performance* »
Co-directeur : Pr. Michel Guglielmi (IRCCyN UMR CNRS 6597)
-

2003-2004 Co-direction de Mademoiselle **Perrine GUERIN** (DEA STAPS « *Habilités motrices et cultures sportives* », Université Paris-Sud XI)
Titre du mémoire : « *Optimisation et dynamique d'une coordination inter-segmentaire : effets de la pratique sur la stabilité vs. dépense énergétique* »
Co-directeur : Pr. B. Bardy

2002-2003 Co-direction de Mr **Alexandre MURIAN** (DEA STAPS « *Habilités motrices et cultures sportives* », Université Paris-Sud XI)
Titre du mémoire : « *Influence de la dynamique de l'effort sur la stabilité des patrons de coordination bimanuelle* »
Co-directeur : Pr. B. Bardy

Master 1^{ère} année / Maîtrise (uniquement orientation « Recherche »)

2015-2016 Encadrement de **Simon THIBAUT** (Master STAPS EPI, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *Quel est le processus cognitif touché par la fatigue musculaire lors de la réalisation d'une tâche d'attention sélective ?* »

2014-2015 Encadrement de **Florane PASQUIER** (Master STAPS EPI, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *Les effets de la fatigue et de la douleur induites par l'exercice excentrique sur la perception des possibilités d'action* »

2013-2014 Co-encadrement de **Angèle MERLET** (Master STAPS EPI, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *Propriétés neuromécaniques du réflexe de Hoffmann du muscle Soleus en station debout : effet de l'expertise* »
Co-encadrement : Pr. Christophe CORNU

2013-2014 Encadrement de **Safaa ABOUHANI** (Master STAPS EPI, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *L'impact d'un protocole excentrique sur la perception des affordances* »

2013-2014 Encadrement de **Pierre PRAGNERE** (Master STAPS EPI, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *Influence des dommages musculaires électro-induits sur la perception des capacités d'action* »

2011-2012 Encadrement de **Justine MAGNARD** (Master STAPS EPI, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *Effets d'un exercice physique ou cognitif intense et de l'heure de passation sur l'équilibre postural de sujets jeunes* »

- 2002-2003** Encadrement de **Perrine GUERIN** (Maîtrise « Education & Motricité, option Recherche, Université de Nantes)
Titre du mémoire : « *Analyse dynamique de la stabilité de la coordination entre le système respiratoire et les patterns de coordination bimanuelle sous contrainte attentionnelle* ».
-
- 2001-2002** Co-encadrement de **Sylvain REMBERT** ((Maîtrise « Education & Motricité, option Recherche, IFEPS d'Angers)
Titre du mémoire : « *Interférences entre différentes cadences de pédalage et tâche de coordination bimanuelle* »
Co-encadrement : René Arcelin (IFEPSA)
-
- 2001-2002** Encadrement de Mr **Alexandre MURIAN**
Titre du mémoire : « *Dynamique d'une tâche de coordination inter-segmentaire : hypothèse du coût attentionnel associé* »

Responsabilités diverses

- 2016-présent** **Responsable du site internet du laboratoire « Motricité, Interactions, Performance »** (création, mise en ligne et actualisation des informations relatives aux dernières publications, aux événements de diffusion de la culture scientifique, aux collaborations internationales...)
- 2014-15** **Membre du comité d'organisation du 16^{ème} congrès international de l'ACAPS** (26-28 octobre 2015, Nantes), en charge de la logistique (goodies, restauration, gestion des bénévoles, gestion des inscriptions, etc.) pour 410 congressistes, 5 conférenciers invités et près 180 communications orales scientifiques.
- 2013-présent** **Chargé de la Diffusion de la Culture Scientifique et Technique du laboratoire** (coordination et organisation de la Fête de la Science, Passeport Recherche, des Journées portes ouvertes, diffusion d'une lettre d'information trimestrielle sur les activités du laboratoire, Exposcience...)
- 2014-présent** **Chargé de mission** pour le laboratoire au sein du réseau d'acteurs institutionnels du plan régional « *Sport Santé Bien-être* » (ARS, CROS et CREPS).
- Fév. 2014** **Coordinateur du projet de recherche biomédicale** (CPP Ouest V Rennes, n°2013-A01714-41): *Adaptations neuromusculaires à l'exercice réalisé dans différentes modalités de contraction (concentrique vs. excentrique, isotonique vs. isocinétique) : Etude des effets de la fatigue et des dommages musculaires.*
 Etude monocentrique, quatre protocoles, 120 adultes sains inclus (période d'inclusion 01-03-14 – 01-12-15)

Chapitre 2 – Une trajectoire de chercheur

« Le commencement de toutes les sciences, c'est l'étonnement de ce que les choses sont ce qu'elles sont ».

Aristote, Métaphysique

Le démarrage est toujours difficile.

Difficulté des premiers mots, les uns invisibles, les autres déjà effacés, les prochains effaçables, et ceux qui donnent enfin le signal de départ à ce mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches.

Le premier départ a été ma naissance « heureuse qui, comme Ulysse, a fait son premier voyage en douceur angevine », au milieu d'une famille toute aussi douce et nombreuse de deux frères et de trois sœurs, dans un ordre aléatoirement contrebalancé : garçon, fille, garçon - celui-là, c'est moi-, fille, garçon, fille. Par ordre d'apparition à l'écran : Christophe, Claire, Thibault, Marie-Edith, Aurélien, Mathilde.

Plusieurs autres voyages, de nombreuses rencontres et quelques années plus tard [...]

Agé de 44 ans, 16 années d'activités professionnelles, je suis maître de conférences. Mes travaux scientifiques se situent dans le domaine du contrôle moteur et des neurosciences comportementales. Depuis quelques années, je me suis spécialisé dans l'analyse de marqueurs de la fonction motrice (marche, posture, initiation de pas) de la personne âgée, en tant que signatures potentiellement discriminatives des troubles cognitifs pathologiques et/ou d'un risque accru de (*la première*) chute.

Membre titulaire du laboratoire « *Motricité, Interactions, Performance* » (E.A. 4334), associé au thème 2 « *Coordinations motrices* » de son programme de recherche, l'approche pluridisciplinaire de mon activité de recherche (i.e. neurophysiologie, biomécanique et psychologie) me conduit à des (co)-encadrements réguliers d'étudiant(e)s en thèse ou en Master orientation recherche.

Points de départ significatifs de ma carrière, mon cursus universitaire en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives « *poitevines* », ma soutenance de thèse le 18 décembre 2000 (E.D. « *Sciences chimiques et biologiques pour la santé ; Sciences du mouvement humain* » de l'Université de Montpellier 1), et mon stage de recherche post-doctoral à la Faculty of Human Movement Sciences en 2001 (Amsterdam, Pays-Bas) se sont concrétisés par mon recrutement comme maître de conférences en septembre 2001 à l'UFR STAPS de l'Université de Nantes.

Cette arrivée sur Nantes a coïncidé avec la structuration de la recherche au sein de l'UFR STAPS, via la toute première labellisation du laboratoire « *Motricité, Interactions, Performance* » en tant que Jeune Equipe (2438) (2004-07). J'ai su activement participé au développement de l'axe thématique alors intitulé : « *Dynamique des coordinations motrices et processus de contrôle* ». Dans ce cadre, j'ai mené des travaux de recherche visant une meilleure compréhension du processus d'assemblage des synergies motrices, par l'analyse des effets de contraintes informationnelles, attentionnelles, énergétiques et neuromusculaires sur le contrôle de nos habiletés motrices. Cette étape s'est matérialisée par une première expérience d'encadrement de thèse (50%), soutenue par Alexandre MURIAN en juillet 2007.

Dans la continuité, et à titre d'exemples significatifs, j'ai développé des projets de recherche financés, collaboratifs et interdisciplinaires, autour des enjeux sociétaux liés à la mobilité et l'autonomie psychomotrice de la personne âgée, tels que « *Retarder la Perte d'Autonomie liée à l'Age par l'Activité Physique* » (2011-2015) ou « *Longévité, Mobilité, Autonomie* » (2014-présent). L'inscription de ce thème de recherche dans le programme scientifique actuel du laboratoire vise à répondre à des enjeux sociétaux liés à la santé et au bien-être, et à comprendre en quoi certaines caractéristiques individuelles du mouvement peuvent être révélatrices et/ou annonciatrices d'handicaps physiques (liés au vieillissement) ou psychologiques (e.g. ralentissement psychomoteur dans la dépression).

Cette activité scientifique se traduit par des collaborations opérationnelles *internationales* (e.g. Centre of Clinical Research Excellence in Spinal Pain, Injury and Health, School of Health and Rehabilitation Sciences Université du Queensland, *Australie*, depuis 2013 ; Centre for Neuroprosthetics (CNP) and Brain Mind Institute (BMI), Up-COURTINE Laboratory, Swiss Federal Institute of Technology de Lausanne, *Suisse*, depuis 2012), *nationales* (Toulouse NeuroImaging Center, Inserm, Université de *Toulouse*, depuis 2012; Département de Neurosciences, Division de Médecine Gériatrique, CHU

d'Angers, depuis 2011) et locales (Pôle Universitaire d'addictologie et psychiatrie du CHU de Nantes, depuis 2014 ; Etablissement de Santé « Expansion des Centres d'Hémodialyse de l'Ouest », depuis 2012).

Aussi mes travaux sont placés sous le signe de la pluridisciplinarité et de la complémentarité. J'apprécie les possibilités offertes par le statut d'enseignant-chercheur, et je crois aux bénéfices de la fertilisation croisée, qui permet d'apporter aux étudiants le meilleur de la recherche et de l'innovation pédagogique. Dans ma vie de chercheur, je m'efforce de publier régulièrement au meilleur niveau possible dans mon domaine, de pérenniser une activité de co-encadrements de doctorants, et de coordination et pilotage de projets de recherche.

Une partie de ces activités est synthétisée par ce présent mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches.

L'intérêt de ce mémoire, c'est l'incertitude qu'il soulève à la place de l'évidence, la curiosité interdisciplinaire qu'il ambitionne à la place d'une difficulté éprouvée, et la robustesse scientifique qu'il éprouve à la place d'ambitions scientifiques, teintées d'impatience et de nombreuses imperfections...

Faisons de ces sublimes mots empruntés à Henri Bergson le point de départ – si ce n'est le résumé parfait - de ce mémoire : ***appréhendons le moment présent.***

« Qu'est que, pour moi, que le moment présent ? le propre du temps est de s'écouler; le temps déjà écoulé est le passé, et nous appelons présent l'instant où il s'écoule. Mais il ne peut être question ici d'un instant mathématique. Sans doute il y a un présent idéal, purement conçu, limite indivisible qui séparerait le passé de l'avenir. Mais le présent réel, concret, vécu, celui dont je parle quand je parle de ma perception présente, celui-là occupe nécessairement une durée. Où est donc située cette durée? Est-ce en deçà, est-ce au delà du point mathématique que je détermine idéalement quand je pense à l'instant présent ? Il est trop évident qu'elle est en deçà et au delà tout à la fois, et que ce j'appelle « mon présent » empiète tout à la fois sur mon passé et sur mon avenir. Sur mon passé d'abord, car « le moment où je parle est déjà loin de moi »; sur mon avenir ensuite, car c'est sur l'avenir que ce moment est penché, c'est à l'avenir que je tends, et si je pouvais fixer cet indivisible présent, cet élément infinitésimal de la courbe du temps,

*c'est la direction de l'avenir qu'il montrerait. Il faut donc que l'état psychologique que j'appelle « mon présent » soit tout à la fois une perception du passé immédiat et une détermination de l'avenir immédiat. Or le passé immédiat, en tant que perçu, est, comme nous le verrons, sensation, puisque toute sensation traduit une très longue succession d'ébranlements élémentaires; et l'avenir immédiat, en tant que se déterminant, est action ou mouvement. **Mon présent est donc à la fois sensation et mouvement** ; et puisque mon présent forme un tout indivisé, ce mouvement doit tenir à cette sensation, la prolonger en action. D'où je conclus que mon présent consiste dans un système combiné de sensations et de mouvements. **Mon présent est, par essence, sensori-moteur** ».*

Henri Bergson, Matière et mémoire, (1939)

Les évidences de ce présent sensori-moteur

Qui suis-je ? Qui es-tu ? Suivez le mouvement !

Dès lors qu'on répond être enseignant-chercheur à l'UFR STAPS, et devoir préciser « dans le domaine des sciences du sport », seule l'acception de performance sportive est spontanément évoquée et questionnée par nos curieux interlocuteurs, étrangers au domaine.

Si elle est légitimement associée à celle de résultat, de réussite ou d'échec lors de compétitions sportives, la notion de performance dite *motrice*, dans son acception de réalisation des nos actions quotidiennes, n'est pas sans peser sur nos questionnements scientifiques actuels. En première lecture, aussi peu convaincante soit-elle à ce stade, il s'agit **d'interroger en quoi l'évaluation et la caractérisation de notre motricité fonctionnelle peuvent être révélatrices, annonciatrices, voire prédictives d'adaptations sensori-motrices, cognitives et psychologiques propices à la santé et au bien-être.**

Lorsqu'on fait un focus très rapide sur cette notion de performance sportive, plusieurs mesures et niveaux d'analyse de cette performance sportive sont très régulièrement investigués et évalués. Peut-être spontanément les plus connus sont les analyses notationnelles et statistiques d'indicateurs de performance qui peuvent être relevés lors des situations de jeu, et d'associer ces différents indicateurs au résultat de la confrontation, soit une victoire ou une défaite (e.g. Higham *et al.*, 2014 ; Ortega *et al.*, 2009).

Une autre façon d'appréhender la performance sportive est de caractériser les facteurs physiologiques, biomécaniques et/ou psychologiques de la performance, en tant que déterminants à la réussite (e.g. Turner *et al.*, 2014). Un très bon exemple est celui des déterminants de la performance pour un 2000 mètres en aviron, avec l'idée que cette performance, analysée sur les finalistes de différents championnats du monde, était directement dépendante de la vitesse d'avancement du bateau. Dans ce cadre, Ingham *et al.* (2002) ont démontré que la vitesse du bateau pouvait être hautement prédite sur la base de quatre variables physiologiques liées la puissance développée par le rameur à différentes concentrations de lactate ou à la consommation maximale d'oxygène. Ces seules quatre variables expliquent plus de 98% de la variance de la performance analysée.

Bien évidemment, on retrouve exactement les mêmes logiques dans les activités sportives ouvertes, à fortes dimensions stratégiques, dès lors qu'on se focalise sur les déterminants psychologiques, tels que ceux liés aux capacités attentionnelles de l'athlète ou encore sa capacité à percevoir, traiter les bonnes informations présentes dans son environnement physique et social, proche ou lointain, et ce dans un temps parfois très contraint. Par exemple, une plus forte capacité d'inhibition cognitive et une plus grande attention sont reconnues pour être des déterminants essentiels à la performance de haut-niveau en escrime (Di Russo *et al.*, 2006 ; Hijazi, 2013). Cette même logique permet d'investiguer les déterminants de la performance dès lors que les athlètes se retrouvent dans un contexte compétitif, potentiellement anxiogène. Par exemple, le temps de fixation visuelle du panier lors d'une situation de lancer-franc en basket-ball est très largement réduit en situation anxiogène, cette diminution étant spécifiquement associée à une baisse significative du pourcentage de réussite au tir (e.g. Wilson *et al.*, 2009).

Enfin, relatons un dernier exemple significatif, tant il interpelle très souvent nos étudiants quelque peu (trop) crédules. A des fins de prédiction de l'accès à l'expertise sportive, Vestberg *et al.* (2012) ont mené un suivi prospectif de trois ans de 57 joueurs de football après une évaluation initiale à t_0 d'un certain nombre de leurs capacités cognitives essentielles, telles que la flexibilité mentale (i.e. capacité à déplacer son attention entre différents stimuli) ou encore la capacité à inhiber des informations inappropriées. Les résultats ont révélé que plus les performances cognitives étaient élevées à t_0 , plus elles étaient prédictives de l'accès à des hauts niveaux de jeu à t_{+3ans} .

Comme si les mécanismes sous-jacents au contrôle de nos mouvements et à l'expertise perceptivo-cognitive étaient *automatiquement* liés...

L'acceptation de notre quotidien sensori-moteur

La notion de performance prend une toute autre acception dès lors qu'on se focalise sur **notre présent sensori-moteur**, notre motricité quotidienne comme se lever, porter un objet, se déplacer, ou encore franchir un obstacle. Par exemple, pour certaines personnes âgées dites fragiles, se lever d'une chaise, faire quelques pas constituent une réelle performance, non sans conséquences positives sur leurs activités quotidiennes et leur autonomie sociale (e.g. Hristea, Deschamps *et al.*, 2016 [A26]*).

Comme pour le très jeune enfant que nous avons tous été. Nous l'avons oublié, mais se mettre debout, ou mieux encore marcher, a eu des incidences sur notre indépendance physique, notre autonomie vis-à-vis des adultes ou des enfants plus âgés. Se déplacer seul nous a donné la possibilité de choisir nos centres d'intérêt, d'explorer d'autres possibilités d'action, d'aller vers les uns et s'éloigner des autres...

L'exploration des relations entre ses possibilités d'action et les risques potentiels liés à son environnement est en marche ! Librement.

Aussi cette introduction marque toute l'importance de l'analyse **de la performance motrice, de ce qu'on sait faire** (ou ce qu'on estime être capable de faire ou pas) **au temps t_0 ... sur notre santé future.**

Les trajectoires motrices et cognitives à tout âge

Pour légitimer ce présent sensori-moteur comme annonciateur, voire prédictif de notre devenir, appuyons nous sur certaines études prospectives récentes ou autres méta-analyses significatives.

Avec un suivi d'au moins 6 ans (jusqu'à plus de 20 ans) de 34 485 personnes âgées de 65 ans ou plus (âge moyen : 73.5 ± 5.9 ans), Studenski *et al.* (2011) se sont intéressés aux relations entre la vitesse de marche préférentielle du participant¹ – évaluée à t_0 - et le taux de survie à t_{+5ans} et t_{+10ans} . Quel que soit l'âge initial du participant, le taux de survie augmente en fonction de la vitesse de marche, avec une augmentation significative pour tout incrément de 0.1 m/s de la vitesse. Par exemple, arrivés à 75 ans, la probabilité de survie après 10 ans de suivi passe de 19% pour les vitesses de marche très lentes (i.e. 0.2 m/s ou 0.72 km/h) à 87% pour les vitesses de marche les plus élevées chez les hommes (1.6 m/s ou 5.76 km/h) (de 35% à 91% chez les femmes) (*Figure 1*). Aussi l'ensemble de leurs résultats démontre la pertinence de la vitesse de marche préférentielle de la personne âgée, comme étant une signature motrice solidement prédictive du risque de décès.

¹ Présentement, cette vitesse de marche préférentielle a été évaluée lors de tests de marche, départ arrêté, qui se déroulaient sur une distance de 4 mètres ou 6 mètres.

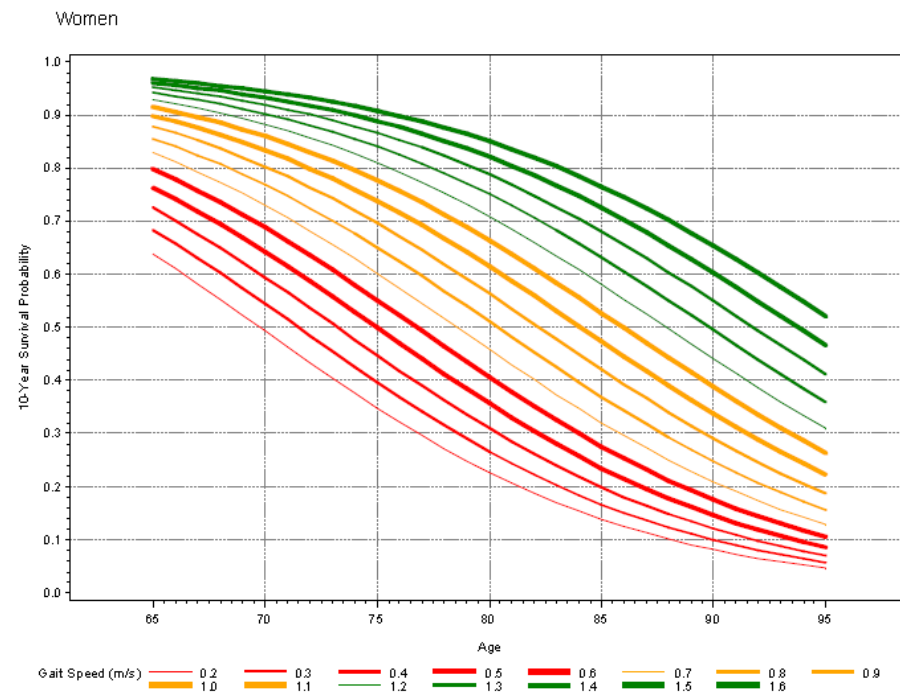
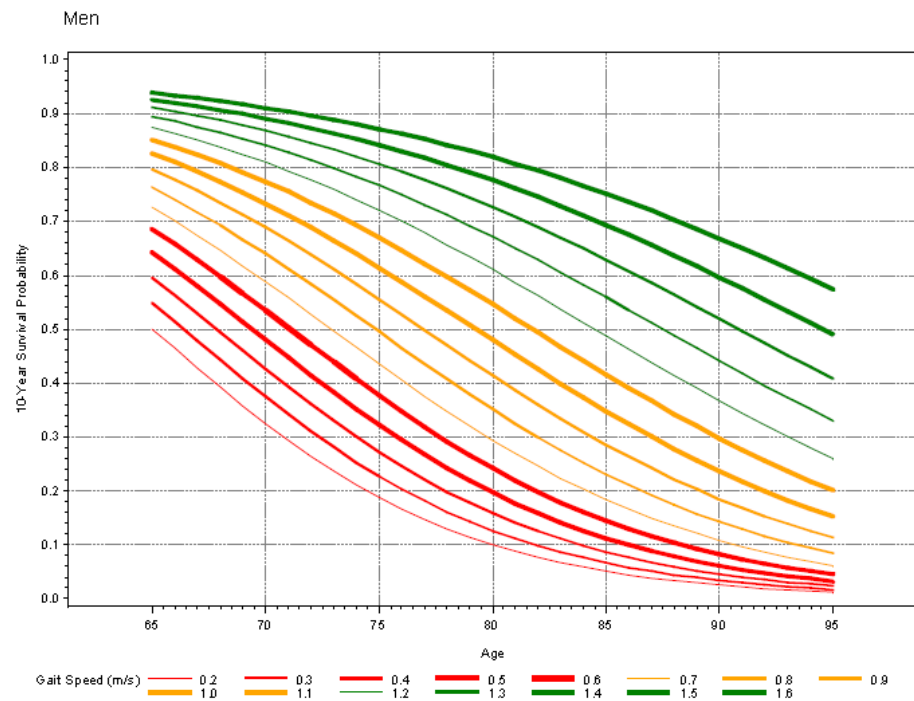


Figure 1 : Probabilité de survie à $t_{+10\text{ans}}$, en fonction de l'âge et de la vitesse de marche préférentielle évaluée à t_0 (d'après Studenski et al., 2011).

Adoptant la même philosophie prospective, Yaffe *et al.* (2016) se sont récemment focalisés sur la trajectoire cognitive de 9704 femmes âgées de 65 ans ou plus (âge moyen : 70.7 ± 3.9 ans) et le risque de décès, après un suivi de 25 ans. Deux tests cognitifs, le Mini-Mental State Examination (MMSE)² et le Trail Making Task partie B (TMTB)³, ont été administrés 6, 8, 10, 15 et 20 ans après une première évaluation à t_0 . Le risque de décès (toutes causes confondues) a été mis en relation avec les trajectoires cognitives (analysées par quintiles), définies par l'évolution des performances cognitives entre l'évaluation initiale et celle passée 80 ans. Leurs résultats montrent que les personnes âgées avec le déclin cognitif le plus important (quintile 1) présentent un risque accru de décès ($HR_{MMSE}^4 = 1.28$; $HR_{TMTB} = 1.43$). Les femmes âgées au moindre déclin cognitif (quintile 5) présentent une diminution réelle de risque de décès ($HR_{MMSE} = 0.73$; $HR_{TMTB} = 0.61$).

Aussi un fort déclin de la cognition en général, et les plus importantes altérations des fonctions exécutives en particulier, sont fortement associés à de forts taux de mortalité chez la personne âgée. Cela assied ce présent cognitif comme étant prédictif de notre santé future, tout en questionnant le potentiel modifiable de ce facteur de risque lors du vieillissement.

Les preuves scientifiques s'accumulent et s'imposent d'elles-mêmes : ces signatures motrices et cognitives sont *intimement* liées, avec la nécessité d'études tournées vers une meilleure connaissance des mécanismes sous-jacents à ces interrelations fonctionnelles. Pour une circularité ontologique qu'on espère vertueuse.

Si une locomotion ralentie chez des personnes âgées entre 60 et 75 ans constitue une signature fortement prédictive de différentes formes de démence (Beauchet *et al.*, 2016), les personnes âgées à forte quantité d'activité physique régulière présentent un moindre risque de déclin cognitif (Yaffe *et al.*, 2001). Comme les fonctions exécutives, processus cognitifs de haut niveau, ne sont pas sans jouer un

² Test classique d'évaluation des fonctions cognitives pour un dépistage rapide des déficits cognitifs (Flostein *et al.*, 1975).

³ Test d'évaluation des fonctions exécutives ; en particulier une moindre performance dans la partie B de ce TMT serait le résultat de différents mécanismes déficitaires, comme des déficits de flexibilité, de planification, d'inhibition des automatismes ou encore un ralentissement moteur (Lezak, 2004).

⁴ HR : Hazard Ratio (ou rapport de risques instantanés). Un HR de 0.5 signifie que, sous traitement, intervention, déclin ou différences initiales, le risque instantané de décès est seulement la moitié du risque (instantané) sans déclin. Le HR correspond au risque de survenue de l'événement (e.g. décès). Aussi un effet bénéfique d'un traitement ou d'une cognition « en bonne santé » se traduit par une valeur inférieure à 1.

rôle essentiel dans la régulation de la marche chez la personne âgée (Atkinson *et al.*, 2007 ; Ble *et al.*, 2005), le risque d'une future chute est potentiellement prédit par de moindres performances « exécutives » évaluées à t_{-5ans} (Mirelman *et al.*, 2012).

Terminons cette première boucle sensori-motrice par la très jolie méta-analyse de Verghese *et al.* (2016) récemment publiée dans JAMDA. Ils se sont focalisés sur l'apparition (ou non) d'une marche ralentie chez la personne âgée (> 65 ans), au regard de quinze facteurs *modifiables* (par des interventions préventives) de risque de survenue de ce ralentissement. Deux évaluations de la vitesse de marche préférentielle de 2306 participantes ont été réalisées à quatre ans d'intervalle.

243 participants ont présenté un ralentissement de la marche à t_{+4ans} (critère retenu : vitesse de marche diminuée de plus d'un écart-type des valeurs moyennes calculées en fonction de l'âge et du genre). Leurs résultats montrent que l'inactivité physique, les troubles cognitifs, la faiblesse musculaire, l'historique de chutes, une vision altérée, l'obésité (i.e. indice de masse corporelle > 30 kg/m²) et encore la douleur expliquent à eux seuls plus de 77% du risque d'apparition d'une marche ralentie⁵. A noter que les symptômes dépressifs n'apparaissent pas comme un facteur prédictif de l'apparition de ce ralentissement moteur, comme cela a pourtant été démontré dans des études prospectives de longue durée (e.g. Sanders *et al.*, 2012).

⁵ Outre le fait que chacun de ces facteurs soit significativement associé à un risque accru d'une locomotion ralentie à t_{+4ans} .

L'organisation de ce mémoire

Rappelons ces évidences introductives : nous ne marchons pas tous à la même vitesse, nous ne nous tenons pas tous de la même manière. Et avec l'âge et/ou certains troubles cognitifs / psychiatriques (e.g. démence, dépression), il est normal de constater un ralentissement de la foulée, une régulation posturale plus précaire, et/ou des déficits attentionnels plus fréquents. Centrés autour de l'analyse des caractéristiques posturo-locomotrices de la personne âgée⁶, nos récents travaux autorisent la conclusion que la façon dont une personne âgée se déplace et/ou régule sa position orthostatique peut trahir un risque accru d'une future chute, voire un déclin cognitif précoce, vers la maladie d'Alzheimer (Deschamps *et al.*, 2014 [A15]* ; Mignardot *et al.*, 2014 [A14]*, 2014 [A19]*).

Pour l'essentiel, ces travaux ont permis l'identification d'une signature motrice significative des altérations du contrôle postural associées aux troubles cognitifs, en particulier chez les patients âgés déments (i.e. forte association entre troubles cognitifs et performance posturale dégradée). Aussi ils pointent l'importance clinique de l'évaluation des dysfonctionnements cognitivo-moteurs pour la prévention des chutes des personnes âgées en bonne santé ou atteints d'Alzheimer (Mignardot *et al.*, 2014 [A19]*). Ces évaluations psychomotrices trouvent toute leur utilité pour la planification de programmes d'interventions préventives spécifiques (activité physique adaptée, électro-stimulation musculaire localisée, e.g. Deschamps *et al.*, 2015 [A23]* ; Magnard *et al.*, 2013 [A12]* ; Mignardot *et al.*, 2015 [A22]*), et prolonger autant que possible l'autonomie des personnes âgées et/ou atteintes de pathologies sévères (e.g. gain en autonomie motrice, meilleur contrôle postural et qualité de vie accrue).

Cette veine de travaux se prolonge actuellement à travers le travail de thèse de Justine MAGNARD (oct. 2014 - présent), qui interroge l'activité cognitive de la personne âgée et les processus de contrôle neurophysiologique lors d'une tâche d'initiation d'un pas volontaire, en réaction à une tâche d'inhibition cognitive (suivi longitudinale sur une année de personnes âgées en bonne santé, dysexécutives et/ou ayant déjà chuté) (cf. Chapitre 4).

En écho à des enjeux liés à la santé déclinés dans le programme scientifique du laboratoire, un autre axe de recherche – *non présentement détaillé dans ce mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches* - que j'anime depuis quatre ans est de questionner les mécanismes sous-jacents à l'origine

⁶ Cet axe de recherche, structuré à travers des projets de recherche-action impliquant de nombreux partenaires académiques de la région Pays de la Loire (laboratoires Nantais, Angevin et Manceau, en lien avec le Pôle Hospitalo-universitaire de Gériatrie de Nantes, et la Division de médecine gériatrique du CHU d'Angers) a pour ambition de mieux caractériser les mécanismes sous-jacents à l'altération des capacités neuromusculaires, sensori-motrices, cognitives et psychologiques au cours de l'âge.

du décalage entre l'estimation de ses possibilités d'action et ses capacités réelles du sujet, lors d'une tâche de saisie manuelle (Daviaux *et al.*, 2016 [A24]*), de franchissement d'une haie (Daviaux *et al.*, 2014 [A17]*) ou de saut en longueur sur une jambe (Deschamps *et al.*, 2014 [A26]* ; Deschamps *et al.*, 2016 [A27]*). S'il est reconnu que le décalage entre la perception des possibilités d'action et la performance réelle est dépendant des propriétés informationnelles de l'environnement physique (objets, surface, autres personnes...), nous avons pu montrer que les variables telles que l'anxiété, la douleur ou encore la fatigue (attentionnelle ou musculaire) modifiant l'état psychologique et/ou physiologique du sujet pèsent sur la perception des informations nécessaires au contrôle optimisé de l'action visée.

Pour l'essentiel, deux niveaux de résultats peuvent être succinctement rapportés. En appréhendant les corrélats corticaux associés à ce couplage perception-action (i.e. décalage entre perception des possibilités d'action et ses capacités réelles) à partir de mesures de l'activité électroencéphalographique (EEG), les résultats obtenus dans une tâche de pointage d'un objet placé à distances variables démontrent que la plasticité de la représentation sensorimotrice du corps serait à l'origine de la détérioration du couplage perception-action, détérioration observée lorsque le sujet présente des niveaux d'anxiété élevée (Daviaux *et al.*, 2016 [A24]*; Daviaux *et al.*, 2016 [A32]*). Aussi en cohérence avec le premier axe de recherche susmentionné, nous suggérons que l'incapacité (ou difficulté) du sujet âgé à actualiser ce qu'elle croit être capable de faire avec ce qu'elle est réellement capable serait source d'un risque de chute accru. Ces hypothèses cliniques permettraient d'investiguer les processus neuromusculaires (mesures fonctionnelles, e.g. force musculaire) et/ou cognitifs (fonctions exécutives, statut cognitif, peur de chuter, représentation du schéma corporel ...) qui sous-tendent ce défaut d'actualisation cognitive, en particulier chez la personne âgée (e.g. Hackney & Cinelli, 2013 ; Luyat *et al.*, 2008 ; Sakurai *et al.*, 2013).

La seconde veine de travaux se focalise sur l'effet de la douleur aiguë, expérimentalement induite, sur la perception de nos possibilités d'action dans une tâche motrice complexe (Deschamps *et al.*, 2014 [A16]*, Deschamps *et al.*, 2016 [A27]*). Nous démontrons que de jeunes sujets actifs, pour lesquels une douleur a été induite au niveau de la jambe effectrice de la tâche de saut en longueur sur un pied, actualisent précisément leurs possibilités d'action : la réduction de la performance réelle liée à la douleur induite est significativement associée à une re-calibration de la perception de nos capacités motrices. L'ensemble des résultats observés est actuellement discuté à travers l'investigation de la capacité cognitive d'actualisation des possibilités d'action chez des individus différenciés par leur l'état cognitif/émotionnel (e.g. catastrophisation), leur expertise sportive (Weast *et al.*, 2011), leur condition physique (Bhalla & Proffitt, 1999), et/ou avec des douleurs chroniques (qui présentent des défauts d'actualisation de leur perception d'action, e.g. Witt *et al.*, 2009).

Enfin, une dernière thématique de recherche fait l'objet de travaux récents. Initiée par Véronique THOMAS-OLLIVIER, membre titulaire du laboratoire, cette thématique s'inscrit dans les domaines de la psychiatrie et de la santé mentale et s'intéresse à l'étude des troubles dépressifs majeurs, non sans conséquence sur le fonctionnement psychomoteur et le déclin cognitif. En effet, les troubles dépressifs sévères s'accompagnent bien souvent d'anomalies motrices, caractérisées par un ralentissement psychomoteur, une locomotion plus lente, un équilibre altéré, et un risque accru de chuter (e.g. Deschamps *et al.*, 2015 [A23]* ; Deschamps *et al.*, 2016 [A31]*). Centrés sur une meilleure compréhension des épisodes dépressifs sévères et persistants, les objectifs de cet axe de recherche ambitionnent de faire évoluer les connaissances fondamentales et appliquées liées aux effets de la stimulation magnétique transcrânienne répétée (rTMS), sur le ralentissement psychomoteur de patients atteints d'une dépression clinique (Thomas-Ollivier, Deschamps *et al.*, 2016 [A25]*). Il s'agit de modéliser les relations entre le ralentissement psychomoteur et l'efficacité de la rTMS dans la prise en charge des troubles dépressifs sévères (i.e. caractérisation de la dimension prédictive du statut psychomoteur initial sur l'efficacité de la rTMS).

La plupart de ces différentes thématiques de recherche et autres enjeux scientifiques associés seront présentés plus en détails dans **la synthèse des travaux de recherche (Chapitre 3)** ou lors de la déclinaison **des projets de recherche**, présents et futurs (**Chapitre 4**).

Le positionnement philosophique de ce mémoire

Nos trajectoires motrices et cognitives sont intimement liées. Aux conséquences présentement avérées, des cinétiques parfois finement identifiées⁷, ces signatures peuvent être appréhendées à différents niveaux d'analyse. Aussi ce déclin de la fonction motrice, telle que l'habileté à produire de la force ou encore la capacité aérobie, et des fonctions cognitives de base, telles qu'activer, maintenir ou encore traiter une information, invitent à une vision tournée vers une conception multi-niveaux. Cette dernière ambitionne **une compréhension plus intégrée qui traverse les analyses comportementales, mécanistiques fonctionnelles et/ou neurobiologiques** (Li *et al.*, 2001). Par exemple, la vision neurobiologique attribue un dysfonctionnement du cortex préfrontal (notamment une diminution en récepteurs dopaminergiques et leur sensibilité aux signaux afférents et subséquentement une moindre différenciation de ces mêmes signaux) aux différents déficits cognitifs liés à l'âge. Une

⁷ e.g. Öberg *et al.*, 1993, 1994 pour les paramètres de marche ; Lindle *et al.*, 1997 pour la force musculaire ; Park *et al.*, 1996 pour la mémoire de travail ou la vitesse de traitement perceptif.

conséquence mécanistique directe serait une moindre capacité d'élaboration de connaissances au cours du vieillissement de par une moindre régulation attentionnelle en direction des informations pertinentes et des réponses (motrices) appropriées (e.g. Li, & Sikström, 2002).

Les déficits cognitifs sont-ils la cause ou la conséquence des troubles moteurs ?

Face à cette question, il est parfois bien difficile de séparer les causes et les conséquences. Il est certes possible de dépasser cette circularité par la mise en place d'études longitudinales qui suivent les mêmes individus sur plusieurs années.

Aussi complexe soit-elle, cette causalité circulaire⁸ entre différents niveaux d'organisation de systèmes ne pose aucune priorité ontologique d'un niveau d'organisation sur l'autre dans la compréhension des processus par lesquels évoluent, se stabilisent ou se transforment ces trajectoires psychomotrices. Aussi l'hypothèse défendue ici ce que notre qualité de vie dépende étroitement de notre présent sensori-moteur. Chaque posture, chaque déplacement, chacun de nos mouvements résultent de processus contrôlés / automatiques « exécutifs », de l'entrée en activité des circuits neuronaux, certes spécialisés, implantés dans notre cortex cérébral, mais partagés. Il importe de comprendre les contraintes que notre motricité d'homme neuronal impose à nos activités quotidiennes, qu'elles soient cognitives, émotionnelles, vitales.

Dans ce cadre, il ne doit pas être surprenant que le chercheur enseignant la psychologie aux primo-entrants L1 STAPS, s'oriente et se focalise aussi sur les mécanismes cérébraux associés aux mécanismes qui sous-tendent la motricité humaine. Il est difficile d'imaginer une psychologie contemporaine qui, visant la recherche de lois universelles, s'interdirait la découverte des fondations de ces lois dans l'organisation des circuits neuronaux qui sous-tendent ces comportements. Pour la recherche des lois de transition entre les différents niveaux enchâssés d'organisation du cerveau : de la

⁸ Que certains pourraient appeler interdisciplinaire tant les disciplines sont pleinement attachées à des objets spécifiques de recherche... Et si elle était juste science au sens noble du terme, une question scientifique, dans le fait qu'elle structure une façon de raisonner, un programme cohérent plus ou moins sophistiqué. Cette ambition scientifique ne repose pas sur une chasse gardée disciplinaire, faussement identitaire d'un épanouissement intellectuel personnel, mais sur une meilleure caractérisation et compréhension décloisonnées *et* de la structure *et* de la fonction du comportement psychomoteur au cours du temps.

psychologie comportemental vers la neurobiologie et de la neurobiologie vers la psychologie comportementale.⁹

Aucune résistance identitaire. Aucune révolution disciplinaire. Une position assumée. Une trajectoire personnelle, qui inscrit le savoir scientifique dans une relation au plaisir et à une ambition raisonnablement raisonnée.

⁹ e.g. Sullivan *et al.* (2009) ou Zwergal *et al.* (2012), sur la caractérisation de trajectoires motrices (locomotion – contrôle postural) interfacées avec leurs substrats neuro-anatomiques et les capacités cognitives de participants d'âges différents.

Chapitre 3 - Synthèse de l'activité de recherche

Cette synthèse s'est structurée autour de travaux menés dans le cadre de projets de recherche-action de la région des Pays de la Loire¹⁰, en collaborations essentielles avec le **Pr. Christophe CORNU** (EA 4334 « *Motricité, Interactions, Performance* », Université de Nantes) et le **Pr. Gilles BERRUT** (Pôle Hospitalo-Universitaire de Gériatrie Clinique du CHU de Nantes ; Gérontopôle Autonomie Longévité des Pays de la Loire).

Organisées autour de nombreux partenaires académiques de la région Pays de la Loire (laboratoires Nantais, Angevin et Manceau, en lien avec le Pôle Hospitalo-universitaire de Gériatrie de Nantes, et la Division de médecine gériatrique du CHU d'Angers), les ambitions *passées et actuelles* sont de mieux caractériser les mécanismes sous-jacents à l'altération des capacités neuromusculaires, sensori-motrices, cognitives et psychologiques au cours de l'âge. Ces nouvelles connaissances visent à mieux annoncer, préparer et retarder la perte d'autonomie et l'entrée dans la dépendance psychomotrice et socio-économique des personnes âgées. Cette logique prédictive se fonde également sur l'étude *actuelle ou future* de l'impact d'interventions spécifiques via les propriétés restauratrices et préventives d'activités physiques spécifiquement adaptées aux populations vieillissantes et/ou pathologiques.

Enjeux spécifiques

Selon l'Organisation mondiale de la Santé (OMS, 2007), passé 65 ans, environ 30% des personnes âgées vont chuter *au moins* une fois dans l'année, et cette probabilité de chuter augmente avec l'âge¹¹. Ce n'est pas non sans conséquences lorsque survient cette chute : *au niveau médical*, puisque elle est source majeure de morbidité et de mortalité ; *au niveau psychologique*, puisque si

¹⁰ Projet régionaux « *Retarder la Perte d'Autonomie liée à l'Age par l'Activité Physique* » (RP3AP – 2011-15) et « *Longévité, Mobilité, Autonomie* » (LMA - 2014-17).

¹¹ Selon Tinetti et al. (1998), une chute se définit par « le fait de tomber au sol de manière inopinée non contrôlée par la volonté, non due à un facteur intrinsèque majeur (e.g. accident vasculaire cérébral) ou à un environnement hautement à risque (e.g. chute de ski) ».

aucune blessure sérieuse n'est constatée à la suite d'une chute, la subséquente peur de chuter peut être source de mobilisation à domicile ou d'institutionnalisation ; et *au niveau social*, puisque 40 % des patients hospitalisés pour chute quittent définitivement leur domicile, orientés vers une institution dans les mois qui suivent, avec tout ce que cela implique sur le plan individuel, familial et de la collectivité (Arfken *et al.*, 1994; Tinetti *et al.*, 1994a; Tinetti & Williams, 1997; Vu *et al.*, 2008).

Quelques rappels de données parfois impressionnantes (OMS, 2012) :

- Les chutes sont la deuxième cause de décès accidentels ou de décès par traumatisme involontaire dans le monde. Selon les estimations, 424 000 personnes perdent la vie chaque année à la suite de chutes, dont plus de 80% dans les pays à faible revenu ou à revenu intermédiaire.
- Chaque année sont enregistrés 37,3 millions de chutes suffisamment graves pour nécessiter des soins médicaux environ 40%).
- Après hospitalisation, 30 à 40% de ces chuteurs nécessitent un transfert définitif vers un centre de soins.
- Le coût moyen par traumatisme dû à une chute d'une personne de 65 ans ou plus est pour le système de santé de la République finlandaise et de l'Australie, de 3611 et 1049 dollars américains respectivement.
- En France, selon les données du centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès (Aouba *et al.*, 2011), les chutes constituent la première cause de mort par accident de la vie courante en France métropolitaine avec 5 563 décès en 2008.¹² Avec une réalité un peu cynique, ces chutes tuent plus que les accidents de voiture.
- Le coût financier des chutes est considérable. A titre d'exemple, le coût médical de ces chutes en France a été estimé à 1 milliard 67 millions d'euros en 1993 (pour plus de 2 milliards aujourd'hui), évaluation qui ne prenait pas compte les aides au domicile ou l'entrée en institution (Stephan *et al.*, 1995).

¹² D'autres études annoncent des chiffres entre 9000 et 12000 décès annuels attribuables aux conséquences directes des chutes, soit plus de 30 décès chaque jour (e.g. Rapport Société française de documentation et de recherche en médecine générale - Haute Autorité de santé « *Prévention des chutes accidentelles chez la personne âgée* », 2005 ; Rapport Inserm – Expertise collective « *Activité physique et prévention des chutes chez les personnes âgées* », 2014).

Aussi chercher à lutter ou à retarder la survenue de ces chutes – et tout particulièrement *celle de la toute première chute* - par l'identification d'indicateurs annonciateurs de ce risque de chute, constitue un enjeu majeur de santé publique. Centrale à ces travaux de recherche, cette logique prédictive du risque de chute chez la personne âgée en bonne santé ou présentant une trajectoire pathologique (e.g. démence) reposait essentiellement sur l'analyse comportementale de leurs caractéristiques posturo-locomotrices, constitutives de deux bases de données :

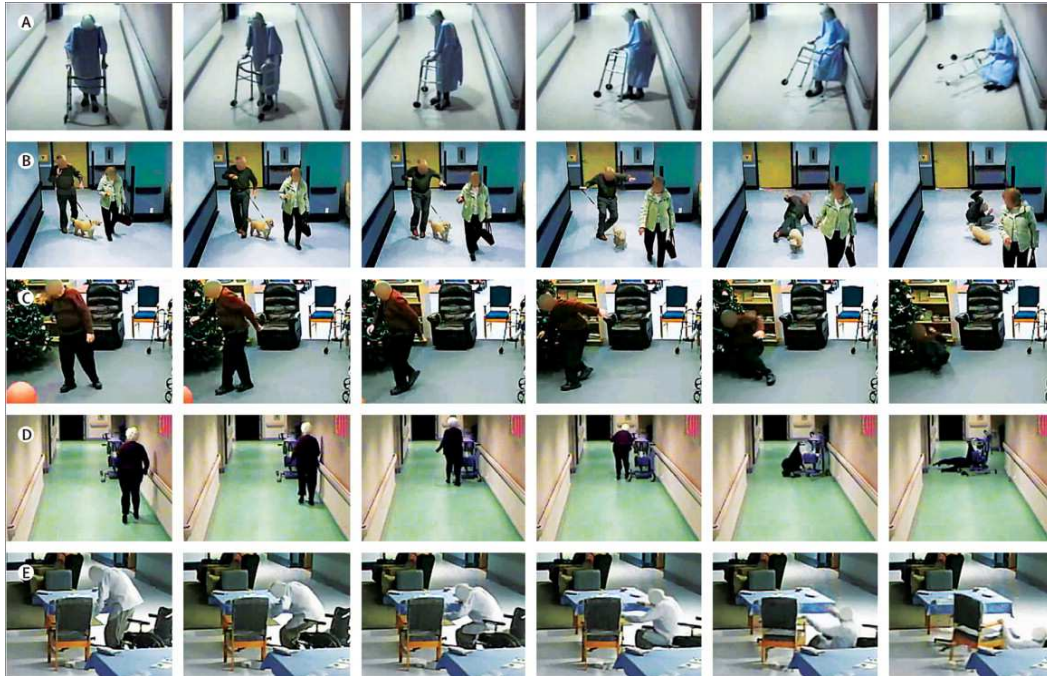
- (1) **Base PREPA** « *Facteurs prédictifs du risque de première chute chez les personnes âgées* » (étude prospective observationnelle multicentrique) (Coordination : Pôle Hospitalo-Universitaire de Gériatrie Clinique du CHU de Nantes).
- (2) **Base GAIT** « *Gait and Alzheimer Interactions Tracking* » (étude transversale observationnelle) (Département de Neurosciences, Division de Médecine Gériatrique du CHU d'Angers).

L'analyse de la marche préférentielle peut-elle nous permettre de dégager des marqueurs spécifiques prédictifs du risque de survenue de la première chute ?

Deschamps, T., Le Goff, C., Berrut, G., Cornu, C., & Mignardot, J-B (2016). A decision model to predict the risk of the first fall onset. *Experimental Gerontology*, 81, 51-55. [A28]

Mignardot, J-B., **Deschamps, T.**, Barrey, E., Auvinet, B., Berrut, G., Cornu, C., Constans, T. & De Decker, L. (2014). Gait disturbances as specific predictive markers of the first fall onset in elderly people: A two-year prospective observational study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6:22. [A14]

D'après une très jolie étude observationnelle publiée dans *The Lancet* (Robinovitch *et al.*, 2013), la marche vers l'avant¹³ représente la circonstance la plus fréquente de survenue des chutes chez la personne âgée (*Figure 2*). En outre, toute forme d'altérations de la locomotion (vitesse ralentie, augmentation de la variabilité de la durée du pas ou encore une symétrie médio-latérale modifiée) a été très clairement associée à un risque accru de chute (Auvinet *et al.*, 2003; Brach *et al.*, 2005; Maki, 1997; Rubenstein *et al.*, 1988; Tinetti *et al.*, 1988; Toebes *et al.*, 2012; Vasallo *et al.*, 2003; Verghese *et al.*, 2009; Weiss *et al.*, 2013).



*Figure 2 : Exemples de chutes chez les personnes âgées résidentes dans des établissements de soins de longue durée (d'après Robinovitch *et al.*, 2013).*

¹³ Soit 24% des chutes observées, mais aussi lorsque la personne âgée se tient tranquillement debout (13%) ou tente de s'asseoir (12%).

Par exemple, Mirelman *et al.* (2012) ont suivi 256 personnes âgées (âge moyen : 76.4 ± 4.5 ans ; 61% de femmes) lors d'une étude avec un recueil prospectif des chutes dans les 5 ans suivants une évaluation initiale de la marche, en simple ou double tâche (calcul mental à rebours de 3 en 3 en commençant par un nombre à trois chiffres). Ajustés en fonction de l'âge, du genre, du niveau d'éducation, de la force maximale volontaire de serrement, de l'indice de masse corporelle, et de l'historique de chutes l'année précédant les évaluations initiales, les résultats démontrent que le niveau initial de variabilité de la marche évaluée double tâche est fortement prédictif d'une future chute.

Cependant, à notre connaissance, aucun suivi prospectif de cohorte n'avait permis de confirmer ces résultats chez des personnes âgées entre 65 et 75 ans, *n'ayant jamais préalablement chuté*. Si nous soutenions l'hypothèse que la vitesse moyenne de marche et la variabilité de la durée du pas devaient constituer les paramètres les plus discriminatifs des chuteurs vs. non-chuteurs, l'originalité de cette étude clinique multicentrique avec suivi prospectif sur deux années reposait sur l'analyse d'une cohorte particulière, encore « inconnue ». En outre, une fois les relations prédictives établies entre des patrons spécifiques de marche et les chutes recensées, nous nous sommes attachés à caractériser et quantifier le délai entre l'examen de marche à t_0 et la chute potentielle, à travers des analyses statistiques assez originales.

Si tant est que notre modestie scientifique nous autorise cette lecture.

Pour ce faire, de nombreuses caractéristiques physiques et cliniques de base, clairement identifiées comme facteurs de chute (e.g. Bloch *et al.*, 2013 ; Gillespie *et al.*, 2012) ont été évaluées chez 259 personnes âgées de 66 à 75 ans, vivants à domicile, et n'ayant jamais préalablement chuté (Tableau 1) : la prise de médicaments¹⁴ [OR = 4.24 (3.06-5.88)], la performance au test d'équilibre sur une jambe (> 5 secondes) [OR = 2.26 (1.79-2.85)], l'indice de masse corporelle [OR = 2.05 (1.70-2.48)], les antécédents de fracture (i.e. chirurgie sur membres inférieurs lors des cinq dernières années) [OR = 1.89 (1.53-2.34)], les éventuels troubles du rythme cardiaque (normalité de l'électrocardiogramme) [OR = 1.42 (1.14-1.75)], une vision altérée (évaluée via un score global d'acuité visuelle) [OR = 1.49 (1.39-1.59)], le statut cognitif [OR = 1.96 (1.80-2.14)] (évalué via le MMSE et la

¹⁴ Sont indiqués entre crochets les Odds Ratio (intervalle de confiance à 95%) issus de la méta-analyse de Bloch *et al.* (2013). *Petit rappel à titre d'exemple* : un Odds Ratio (OR) > 1 signifie que les chutes sont plus fréquentes dans le groupe d'individus âgés qui prend des médicaments que dans un groupe âgé qui ne prend pas de médicaments (d'où la prise de médicament est un facteur de risque de chute). La variable qui présente un OR < 1 est considérée comme un facteur préventif, tel que l'activité physique [OR = 0.79 (0.71-0.88)].

Batterie Rapide d'Efficiency Frontale – BREF¹⁵) et le niveau d'activité physique quotidienne (inférieure à 30 minutes par jour) [OR = 1.32 (1.01-1.72)].

Tableau 1 : Caractéristiques initiales (moyenne \pm écart-type (SD), ou pourcentage) des 259 participants n'ayant jamais préalablement chuté, et des quatre groupes stratifiés a posteriori du suivi de deux ans, en fonction de la temporalité de la survenue (ou pas) de la première chute : non-chuteurs (n = 187), chuteurs entre 0 et six mois (n = 20), chuteurs entre le sixième et le douzième mois (n = 26) et chuteurs (n = 26) lors de la seconde année.

	Full sample (n = 259)	Non fallers (n = 187)	Fallers (+0 to +6 months) (n = 20)	Fallers (+6 to +12 months) (n = 26)	Fallers (+12 to +24 months) (n = 26)
Gender (woman, %)	152(58.7)	115(61.5)	10(50)	12(46.2)	15(57.7)
Age (years \pm SD)	69.5 \pm 2.6	69.4 \pm 2.5	71.1 \pm 2.7	69.3 \pm 2.8	69.2 \pm 2.5
Body mass index (kg.m ⁻² \pm SD)	26.1 \pm 3.6	26 \pm 3.6	26.6 \pm 3.8	26.2 \pm 3.8	26.5 \pm 3.2
Taking medications (%)	209(81)	145(78)	17(85)	24(92.3)	24(92.3)
Daily physical activity > 30 min (%)	201(77.6)	148(79)	15(75)	20(76.9)	18(69.2)
Global visual acuity score (a.u. \pm SD)	1.7 \pm 5.9	1.7 \pm 6.0	0.6 \pm 0.2	2.9 \pm 9.5	0.9 \pm 0.8
MMSE (score/30 \pm SD)	27.2 \pm 2.5	27.1 \pm 2.4	27.1 \pm 3.0	27.4 \pm 2.5	27.1 \pm 2.4
FAB (Score/18 \pm SD)	13.9 \pm 2.7	13.8 \pm 2.6	13.4 \pm 2.6	14.2 \pm 3.3	13.9 \pm 3.1
One leg standing > 5 s (%)	225(87.2)	164(87.5)	16(80)	22(84.6)	23(88.4)
No lower limb surgery (%)	220(85.3)	160(85.4)	15(75)	22(84.6)	23(88.4)
Not abnormal electrocardiogram (%)	202(78.3)	151(80.6)	13(65)	18(69.2)	20(76.9)

Ces mêmes participants ont ensuite réalisé quatre tests de 30 mètres de marche libre à vitesse préférentielle, dans un couloir suffisamment long, sans obstacle, pour se garantir une analyse sur 20 secondes des patrons locomoteurs réguliers et stables. Au total 1036 essais ont été réalisés, soit approximativement 30 kilomètres et 60000 foulées. Les participants étaient équipés au niveau de l'espace intervertébral L3-L4 d'un accéléromètre tridimensionnel (Locometrix®, [Figure 3](#)). Validés pour ce type d'études (e.g. Auvinet *et al.*, 1999, 2002), ces accéléromètres cranio-caudal, antéro-postérieur et médio-latéral enregistraient à chaque essai 22 variables synthétisant le comportement locomoteur, telles que la vitesse de marche, fréquence, durée, longueur ou encore variabilité des pas (voir Mignardot *et al.*, 2014 [\[A14\]](#)* pour plus de détails).

¹⁵ En anglais la Frontal Assessment Battery – FAB – (Dubois *et al.*, 2000)

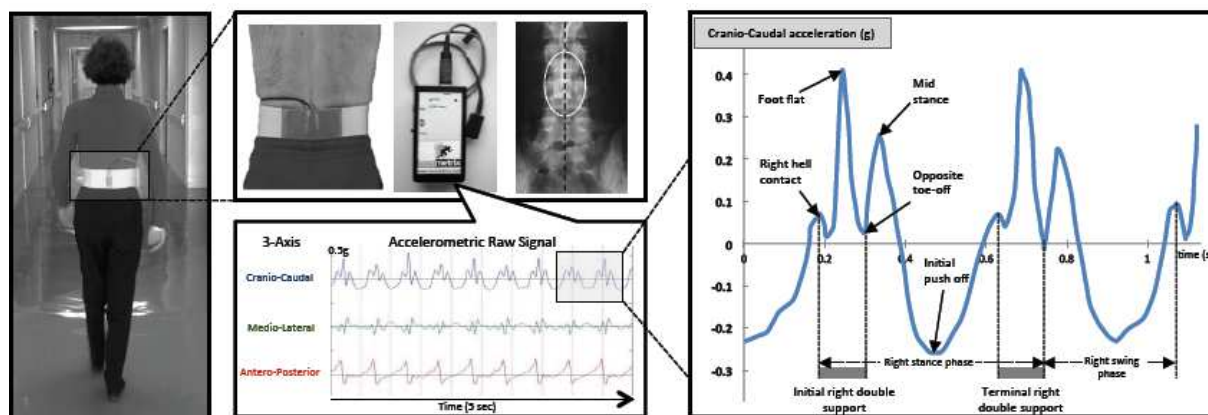


Figure 3 : Le capteur accélérométrique 3D était placé au niveau de l'espace intervertébral L3-L4, participant via une ceinture élastique entourant la taille des participants. Ces accéléromètres étaient connectés à un enregistreur de données positionné dans la partie supérieure de la ceinture. Il était demandé aux participants de marcher à vitesse préférentielle dans un long couloir sur une distance de 30 mètres. Les signaux bruts d'accélération craniale-caudale, médio-latérale et antéro-postérieure étaient collectés par le dispositif 3D. Ensuite, le logiciel associé permettait de calculer 22 variables associées aux patrons locomoteurs (cinétique, régularité, etc.).

Suite à ces évaluations initiales, tous les participants ont été suivis prospectivement pendant deux ans, avec un recueil de la survenue (ou pas) de la toute première chute. Pour ce faire, des appels téléphoniques standardisés (e.g. Stalenhoef *et al.*, 2002) ont été mis en place tous les mois lors de la première année, et tous les trois mois lors de la seconde année. Au total, 72 chuteurs¹⁶ (27.4% de la cohorte étudiée) ont été recensés : 20 chuteurs lors des six premiers mois (7.72%), 26 entre le sixième et le douzième mois (10.04%) et 26 nouveaux chuteurs (10.04%) lors de la seconde année du suivi prospectif.

Une analyse en composantes principales nous a permis d'extraire trois clusters indépendants de variables, représentatifs de 57.2% de la variance totale¹⁷. Afin d'identifier la nature des variables spécifiquement associées à ces trois CP, nous avons retenu celles pour lesquelles la corrélation significative était supérieure à $r > 0.5$ (*Figure 4*).

¹⁶ Seulement trois de ces 72 chuteurs ont été identifiés comme sujets multi-chuteurs lors de ces 2 ans de suivi.

¹⁷ A noter ces trois premières composantes principales (CP) se suffisaient à elles-mêmes pour résumer l'ensemble des données récoltées, la très forte corrélation à $r = 0.92$ ($p < 0.001$) entre le vecteur propre résultant des trois CP et celui représentatif de l'ensemble des CP (i.e. 100% de la variance totale) validant méthodologiquement cette conclusion.

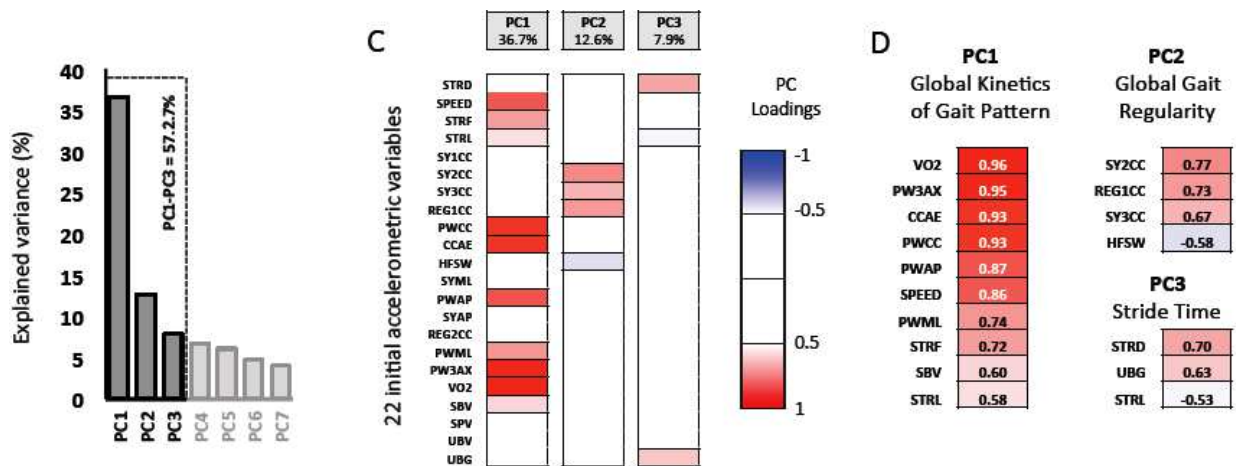


Figure 4 : Les trois composantes principales (CP) retenues représentaient 57.2% de la variance totale. Au centre de la figure sont listées les 22 variables « accélérométriques » collectées à chaque test de marche préférentielle. Seules étaient considérées comme corrélées à une CP les variables pour lesquelles son degré de relation avec cette même CP était significativement supérieur à $|r| > 0.5$. Le code couleur illustre le niveau de corrélation de ces variables avec les CP. Trois groupes de variables nous ont permis de caractériser la cinétique globale du patron locomoteur (CP1 – 36.7% de la variance), le niveau de régularité de la marche (CP2 – 12.6% de la variance) et le temps de temps (CP2 – 7.9% de la variance)

L'échantillon total a ensuite été stratifié en quatre sous-groupes, définis en fonction de la date de survenue de la première chute au cours du suivi : chute de t_0 à $t_{+6\text{mois}}$ (F_{0-6M}), chute entre $t_{+6\text{mois}}$ et $t_{+12\text{mois}}$ (F_{6-12M}), chute entre $t_{+12\text{mois}}$ et $t_{+24\text{mois}}$ (F_{12-24M}), et le groupe de non-chuteurs (NF).

Les analyses de variance réalisées sur chacune des trois CP ont révélé que la CP1 (i.e. vitesse, puissance mécanique et coût métabolique de la marche) discriminait essentiellement le groupe F_{0-6M} par rapport au reste de l'échantillon. Le groupe F_{6-12M} était essentiellement discriminé sur la CP2 (i.e. régularité des pas). Le groupe F_{12-24M} ne différait sur aucune des CP par rapport aux 3 autres groupes ($p > 0.05$) (**Figure 5**).

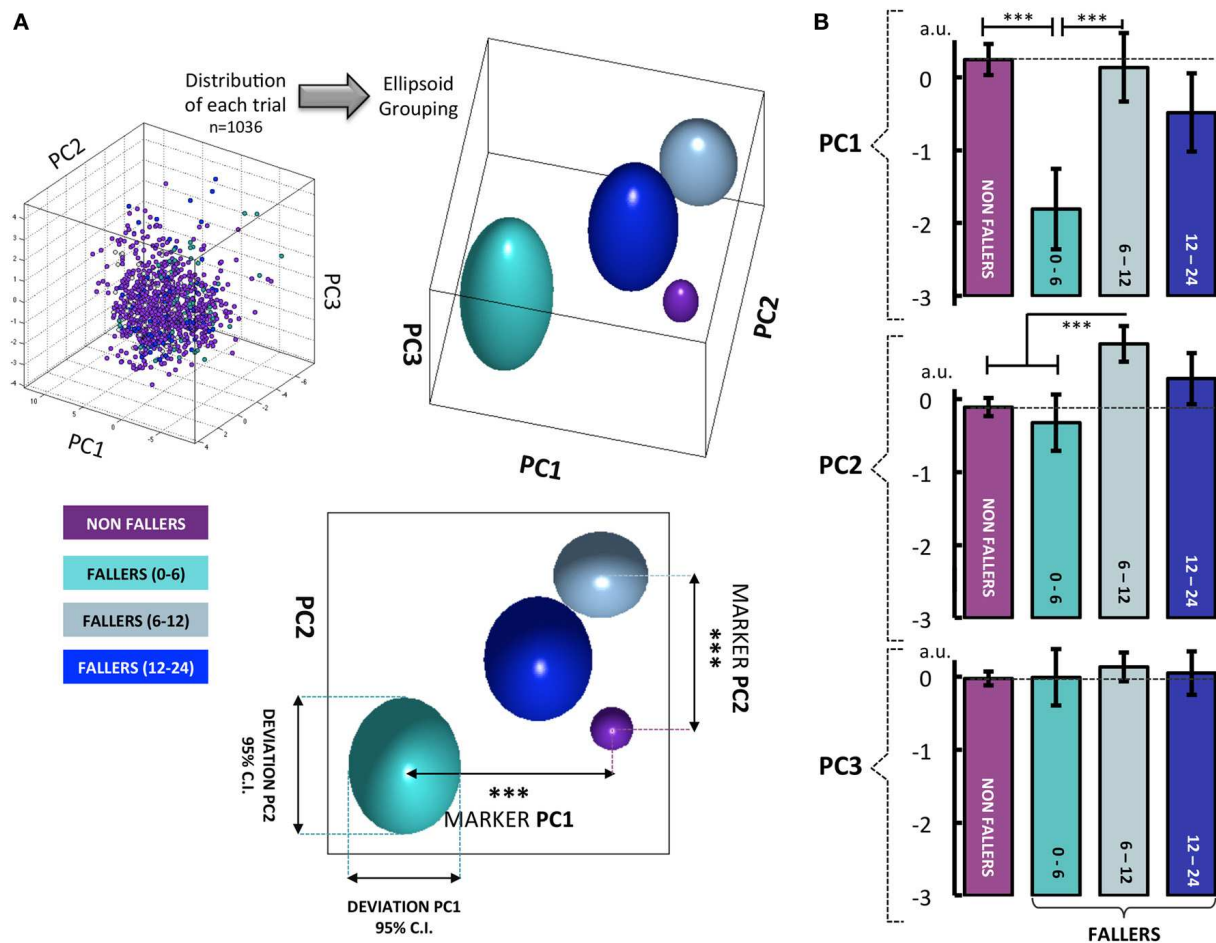


Figure 5 : **A.** Visualisation des résultats en 3D définies par les trois CP (57.2% de variance expliquée), illustrant de fortes différences entre les quatre groupes : chute de t_0 à $t_{+6\text{mois}}$ (**Fallers 0-6**), chute entre $t_{+6\text{mois}}$ et $t_{+12\text{mois}}$ (**Fallers 6-12**), chute entre $t_{+12\text{mois}}$ et $t_{+24\text{mois}}$ (**Fallers 12-24**), et le groupe de non-chuteurs (**Non Fallers**). Pour la CP1, les participants qui sont tombés entre 0 et 6 mois présentent des patrons locomoteurs clairement différents avec les trois autres groupes. Le même constat peut être fait pour le groupe chuteurs entre 6 et 12 mois pour la CP2. Avec la CP3, aucune différence entre les groupes n'a pu être observée. A noter que le groupe de chuteurs 12-24 mois présente un profil locomoteur assez similaire à celui observé chez les non-chuteurs. **B.** L'ensemble de ces constats visuels ont été confirmés par une analyse de variance, avec groupe ($\times 4$) comme variable inter-sujets. Les histogrammes représentent le vecteur propre moyen pour chacun des groupes (\pm intervalles de confiance à 95%). Note. *** $p < 0.001$.

L'association prédictive de ces trois CP significatives à un risque accru de la toute première chute a été testée par des analyses de l'aire sous la courbe (ROC-UAC). Aussi la sensibilité du modèle résultant (i.e. la capacité du modèle à prédire les chuteurs véritablement chuteurs) et sa spécificité (i.e. la prédiction des erronés, des faux chuteurs), marqueurs de la qualité et de la justesse prédictive du modèle, affichaient des résultats significatifs. En résumé, notre modèle permettait de distinguer les chuteurs des non-chuteurs avec une justesse à hauteur d'environ de 70% (Figure 6).

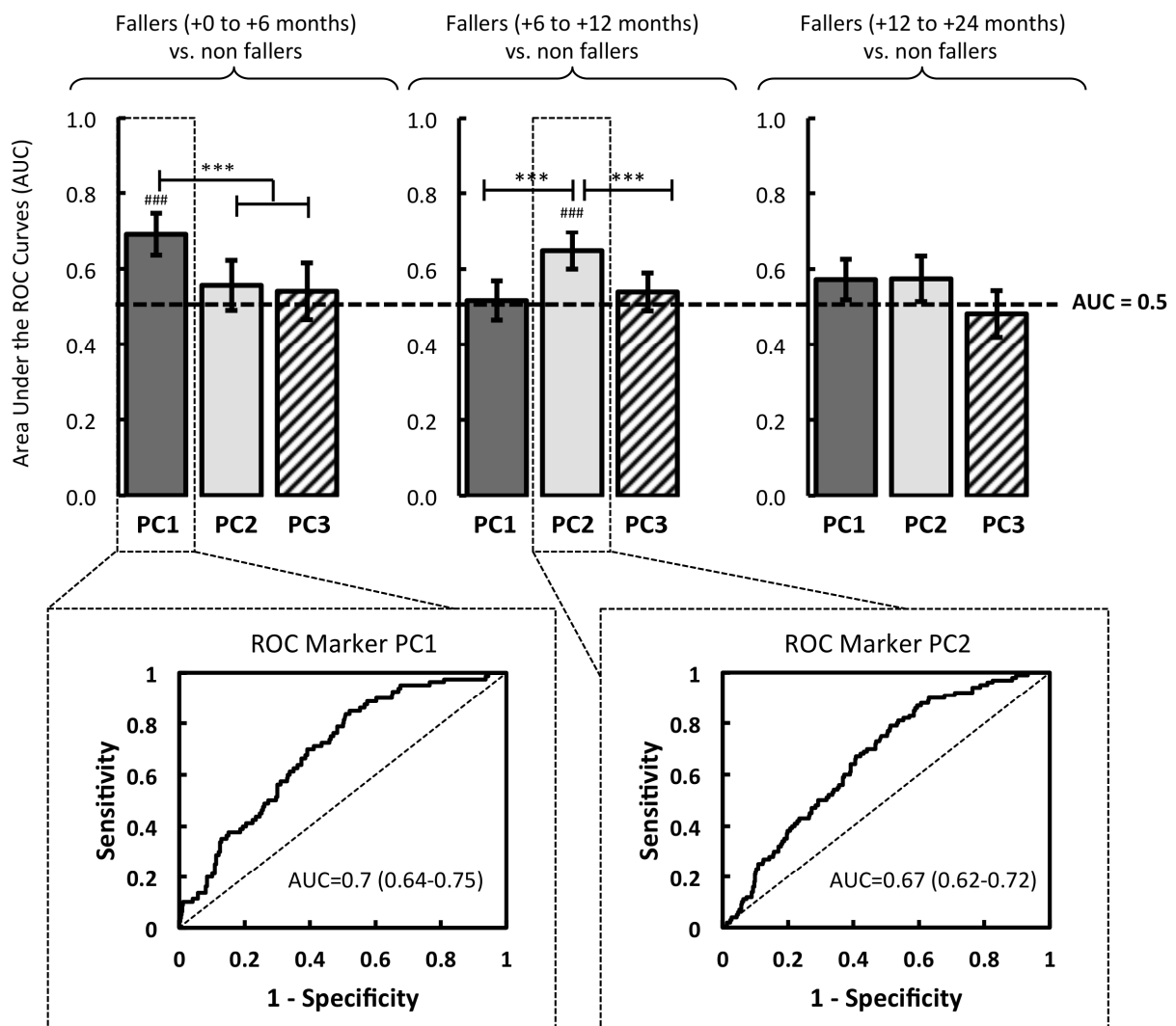


Figure 6 : Basée sur des régressions logistiques réalisées avec les vecteurs propres des trois composantes principales retenues, la qualité des modèles prédictifs a été évaluée via les aires sous les courbes récepteur-opérateur (ROC) (Area under the curve – AUC), en fonction des trois groupes de chuteurs (chuteurs entre t_0 et $t_{+6\text{mois}}$, chuteurs entre $t_{+6\text{mois}}$ et $t_{+12\text{mois}}$, et chuteurs entre $t_{+12\text{mois}}$ et $t_{+24\text{mois}}$). Les AUC significatives sont représentées via ### ($p < 0.01$). Note. *** ($p < 0.001$) indique une différence significative entre les modèles.

Enfin, les OR ont été déterminés via des régressions logistiques univariées, après un processus de dichotomisation du vecteur propre continu de chaque CP. Basée sur la détermination de l'indice de Youden (Shapiro, 1999 ; Greiner *et al.*, 2000), cette dichotomisation consiste à déterminer une valeur seuil à partir d'un processus de maximisation de la sensibilité et spécificité du modèle. Les résultats ont révélé des OR = 3.89 (2.16-5.89) ($p < 0.001$) et OR = 3.6 (2.16-5.89) ($p < 0.001$) pour la CP1 et CP2 respectivement.

Ce que faut retenir de ces premières analyses...

Au terme de ce suivi de cohorte très originale au regard de la littérature abondante sur le risque de chute (i.e. personnes âgées entre 65 et 75 ans et *n'ayant jamais préalablement chuté*), nous avons pu démontrer que les participants caractérisés par une hypokinésie de la marche par rapport à des valeurs normatives présentent un risque élevé de chute dans les six premiers mois suivant les évaluations initiales. Une irrégularité dans les foulées sans hypokinésie constitue un signe avant-coureur du risque de chute à moyen terme (entre 6 et 12 mois après le test de marche préférentielle).

A partir de 65 ans, l'analyse de la marche du sujet âgé semble un outil particulièrement robuste pour caractériser le comportement locomoteur de futurs chuteurs et estimer le moment de survenue de la première chute à court (0 à 6 mois) et moyen terme (6 à 12 mois). Aussi nous avons suggéré que la réalisation d'un test de marche standardisé, au moins une fois par an, pouvait constituer une stratégie efficace de prévention de la toute première chute.

A noter que la prédiction de la toute première chute à plus long terme (i.e. au-delà d'un an) semble difficile au regard de la seule évaluation initiale des caractéristiques de marche du sujet âgé. Des analyses complémentaires¹⁸ suggèrent que la prise de médicaments et le niveau de déstabilisation posturale soient des facteurs de risque importants à considérer conjointement.

¹⁸ Considérant l'ensemble des caractéristiques de base (issues des domaines anthropométriques, socio-éducatives, neurologiques, cardio-vasculaires, psycho-cognitifs, posturographiques...), nous avons cherché à d'identifier quelles variables sont significativement associées à la chute, notre variable d'intérêt dichotomique (chuteur vs. non chuteur). Pour chaque variable, une régression logistique a été réalisée ; seules les variables pour lesquelles $p < 0.05$ ont été retenues : quatre variables liées à *la marche*, deux variables liées au *comportement postural orthostatique* (issues de l'analyse de la trajectoire du centre de pression collectée), et *la prise de médicaments* (oui vs. non). Ensuite nous avons testé la qualité prédictive du modèle en intégrant ces 7 variables, via l'analyse des courbes ROC. Les résultats ont révélé que l'aire sous la courbe ROC était significative : en résumé, ce premier modèle permettait de distinguer les chuteurs des non chuteurs avec une justesse à hauteur de 70% environ (Deschamps *et al.*, 2013, [C9]).

Soutenu par la consistance statistique de ces premiers résultats (Mignardot *et al.*, 2014 [A14]*), un intérêt supposé à l'application d'un modèle en routine clinique pour l'estimation de la probabilité de la survenue de la première chute a été envisagé. Même si l'association entre de nombreuses caractéristiques cliniques et le risque de chute chez la personne âgée a été largement démontrée, un modèle prédictif de la toute première chute, facile d'utilisation clinique, restait à construire.

Aussi 426 personnes âgées qui n'avaient jamais préalablement chuté ont été évaluées à t_0 pour un recueil de 73 variables comprenant des mesures médicales, orthopédiques, neurologiques, cognitives et physiques (Tableau 2).

Tout événement de chute a été enregistré lors d'un suivi prospectif sur 12 mois ($N_{\text{chuteurs}} = 82$). D'une façon très originale, nous avons utilisé une procédure d'apprentissage statistique dite « *arbre de décision* » (e.g. Kotsiantis, 2007), pour construire le premier modèle prédictif du risque de la première chute chez les personnes âgées (Figure 7). L'originalité et la force de nos analyses résident 1/ dans un modèle de prédiction facile d'utilisation, avec l'idée de "follow the guide" pour tous les professionnels intéressés par son utilisation, et 2/ la construction de ce modèle avec un sous-ensemble de données (training set), confirmé avec un autre sous-ensemble de data (test set), avec une haute qualité prédictive des chuteurs (82%) (voir Deschamps *et al.*, 2016 [A28]* pour détails)

Ce que faut retenir

Cette très haute précision de classification des chuteurs, validée sur un sous-ensemble indépendant de la cohorte, a permis la construction d'un arbre de décision composé de très peu de variables : nutrition (×3), contrôle postural (×3), déficiences orthopédiques (×3) ou sensorielles (×2) (Figure 7).

Aussi ces analyses offrent un outil qui pourrait facilement aider la communauté gériatrique à affiner l'évaluation du risque de la première chute chez la personne âgée, et de prioriser ainsi les stratégies de prévention des chutes.

Tableau 2 : Caractéristiques initiales de l'échantillon testé (n = 426), en fonction de leur statut « chuteur vs. non-chuteur » à t+12mois (suivi prospectif). * En gras sont précisées les différences significatives entre les deux groupes.

	Fallers (n = 82)	Non-fallers (n = 344)	Total (n = 426)
<i>Baseline characteristics</i>			
Female gender, n (%)*	41 (50.0)	224 (65.1)	265 (62.2)
Age (years), mean ± SD ^{a (1, 2, 3)}	69.5 ± 2.8	69.5 ± 2.6	69.5 ± 2.6
Taking medications (yes), n (%)	72 (87.8)	267 (77.6)	339 (79.6)
Family status (in couple vs. single), n (%)	65 (79.3)	283 (82.3)	348 (81.7)
<i>Postural balance</i>			
Eyes open			
Area (95% confidence ellipse) (mm ²)	167 ± 135.6	152 ± 106	154.8 ± 112.3
COP mediolateral length (mm)	240.6 ± 85.2	241 ± 92.3	240.9 ± 90.9
COP antero-posterior length (mm)	270.3 ± 93.3	274.2 ± 103	273.4 ± 101.1
Eyes closed			
Area (95% confidence ellipse) (mm ²)	285.3 ± 296.1	247.4 ± 176.2	254.7 ± 204.9
COP mediolateral length (mm)	344.5 ± 160.5	347.3 ± 158.3	346.8 ± 158.6
COP antero-posterior length (mm)	448.7 ± 210.3	454.3 ± 218	453.2 ± 216.3
<i>Body composition and anthropometry</i>			
Body mass index (kg/m ²), mean ± SD	26.4 ± 4	26 ± 3.7	26.1 ± 3.7
Weight (kg), mean ± SD	70.2 ± 12	70.9 ± 12.4	70.7 ± 12.3
Height (cm), mean ± SD	162.9 ± 9.5	164.6 ± 8.6	164.3 ± 8.8
Right brachial circumference, mean ± SD	28.9 ± 3.3	29 ± 3.3	29 ± 3.3
Calf brachial circumference, mean ± SD	36.1 ± 3.3	35.9 ± 3.1	36 ± 3.1
Mini-nutritional assessment score (/30 points), mean ± SD	27.5 ± 1.7	28 ± 4.2	27.9 ± 3.9
Fat mass (kg), mean ± SD	21.4 ± 7	20.3 ± 6.6	20.5 ± 6.7
Lean mass (kg), mean ± SD	48.4 ± 9.7	50.4 ± 9.7	50 ± 9.7
Total body water (kg), mean ± SD	35.7 ± 6.9	37.2 ± 7.1	36.9 ± 7.1
<i>Physical lifestyle and autonomy</i>			
Index of independence in activities of daily living (Katz index/6), mean ± SD	5.8 ± 0.4	5.9 ± 0.3	5.9 ± 0.3
Daily life activities (/27 = without aid), mean ± SD	26.6 ± 1	26.7 ± 1.1	26.7 ± 1.1
Physical activity (walk) >= 30 min/day, n (%)	64 (78.0)	280 (81.4)	344 (80.8)
One leg standing >5 s (yes), n (%)	75 (91.5)	323 (93.9)	398 (93.4)

	Fallers (n = 82)	Non-fallers (n = 344)	Total (n = 426)
<i>Vision</i>			
Visual Object and Space Perception Battery, (/10 points), mean ± SD	8.8 ± 1.5	8.6 ± 1.8	8.7 ± 1.7
Distance visual acuity (right eye) (/10), mean ± SD	8.2 ± 3.2	8.3 ± 2.5	8.3 ± 2.6
Distance visual acuity (left eye) (/10), mean ± SD	8.1 ± 3	8.2 ± 2.5	8.2 ± 2.6
Near visual acuity (right eye) (/10), mean ± SD	23.6 ± 36.6	20.1 ± 17.8	20.8 ± 22.6
Near visual acuity (left eye) (/10), mean ± SD	17.5 ± 7.3	18.4 ± 9	18.2 ± 8.7
Vision with glasses (yes), n (%)	81 (98.8)	343 (99.7)	424 (99.5)
Glasses (bifocal/progressive lenses), n (%)	70 (85.4)	303 (88.1)	373 (87.6)
Cataract (yes), n (%)	18 (22.0)	86 (25.0)	104 (24.4)
<i>Hearing</i>			
Hearing surgery (yes), n (%)	2 (2.4)	16 (4.7)	18 (4.2)
Hearing aid (right ear), n (%)	3 (3.7)	10 (2.9)	13 (3.1)
Hearing aid (left ear), n (%)	4 (4.9)	12 (3.5)	16 (3.8)
Hearing deficiency (>30 dB) (yes), n (%)	69 (84.1)	275 (79.9)	344 (80.8)
Presbycusis (yes), n (%)	68 (82.9)	274 (79.7)	342 (80.3)
<i>Cardiovascular</i>			
Normal electrocardiogram (yes), n (%)	69 (84.1)	289 (84.0)	358 (84.0)
Systolic blood pressures (supine/standing ratio), mean ± SD	0.99 ± 0.09	0.9 ± 0.08	0.9 ± 0.08
<i>Orthopedy</i>			
Orthopedic surgery of lower limbs, n (%)	15 (18.3)	55 (16.0)	70 (16.4)
Spinal surgery, n (%)	8 (9.8)	14 (4.1)	22 (5.2)
Paralyzing sciatica, n (%)	5 (6.1)	15 (4.4)	20 (4.7)
Herniated disc, n (%)	10 (12.2)	35 (10.2)	45 (10.6)
Coxarthrosis, n (%)	6 (7.3)	35 (10.2)	41 (9.6)
Knee osteoarthritis, n (%)	10 (12.2)	38 (11.0)	48 (11.3)
Limited hip range of motion, n (%)	8 (9.8)	21 (6.1)	29 (6.8)
Limited knee range of motion, n (%)	1 (1.2)	19 (5.5)	20 (4.7)
Frozen ankles, n (%)	3 (3.7)	2 (0.6)	5 (1.2)
Orthopedic shoes, n (%)	3 (3.7)	5 (1.5)	8 (1.9)
Feet pathology, n (%)	30 (36.6)	108 (31.4)	138 (32.4)

	Fallers (<i>n</i> = 82)	Non-fallers (<i>n</i> = 344)	Total (<i>n</i> = 426)
<i>Neurology</i>			
Sensory features			
Stroke, n (%)	3 (3.7)	8 (2.3)	11 (2.6)
Dizziness, n (%)	9 (11.0)	32 (9.3)	41 (9.6)
Romberg's test (positive result), n (%)	27 (32.9)	100 (29.1)	127 (29.8)
Left distal hypopallesthesia of medial malleolus, n (%)	4 (8.5)	42 (12.2)	46 (11.5)
Left distal hypopallesthesia of lateral malleolus, n (%)	12 (14.6)	42 (12.2)	54 (12.7)
Left distal hypopallesthesia of heel, n (%)	18 (22.0)	55 (16.0)	73 (17.1)
Left distal hypopallesthesia of foot arch, n (%)	10 (12.2)	40 (11.6)	50 (11.7)
Right distal hypopallesthesia of medial malleolus, n (%)	9 (11.0)	57 (16.6)	66 (15.5)
Right distal hypopallesthesia of lateral malleolus, n (%)	5 (6.1)	51 (14.8)	56 (13.1)
Right distal hypopallesthesia of heel, n (%)	17 (20.7)	61 (17.7)	78 (18.3)
Right distal hypopallesthesia of foot arch, n (%)	10 (12.2)	51 (14.8)	61 (14.3)
Left distal hypoesthesia of medial malleolus, n (%)	3 (3.7)	10 (2.9)	13 (3.1)
Left distal hypoesthesia of lateral malleolus, n (%)	3 (3.7)	8 (2.3)	11 (2.6)
<i>Neurology</i>			
Sensory features			
Left distal hypoesthesia of heel, n (%)	3 (3.7)	34 (9.9)	37 (8.7)
Left distal hypoesthesia of foot arch, n (%)	4 (4.9)	17 (4.9)	21 (4.9)
Right distal hypoesthesia of medial malleolus, n (%)	1 (1.2)	8 (2.3)	9 (2.1)
Right distal hypoesthesia of lateral malleolus, n (%)	1 (1.2)	9 (2.6)	10 (2.3)
Right distal hypoesthesia of heel, n (%)	3 (3.7)	33 (9.6)	36 (8.5)
Right distal hypoesthesia of foot arch, n (%)	3 (3.7)	20 (5.8)	23 (5.4)
Executive functions			
Frontal assessment battery (Score/18 ± SD)	14.8 ± 2.3	14.6 ± 2.4	14.7 ± 2.4
Gear wheel test, (yes), n (%)	0 (0.0)	2 (0.6)	2 (0.5)
Repeat three words ("lemon, key, balloon"), (yes), n (%)	82 (100.0)	343 (99.7)	425 (99.8)
Spell the word "world" backwards, (yes), n (%)	76 (92.7)	328 (95.3)	404 (94.8)
Recall the three words ("lemon, key, balloon") without aid			
0 word, n (%)	1 (1.2)	3 (0.9)	4 (0.9)
1 word, n (%)	10 (12.2)	39 (11.3)	49 (11.5)
2 words, n (%)	25 (30.5)	87 (25.3)	112 (26.3)
3 words, n (%)	46 (56.1)	215 (62.5)	261 (61.3)

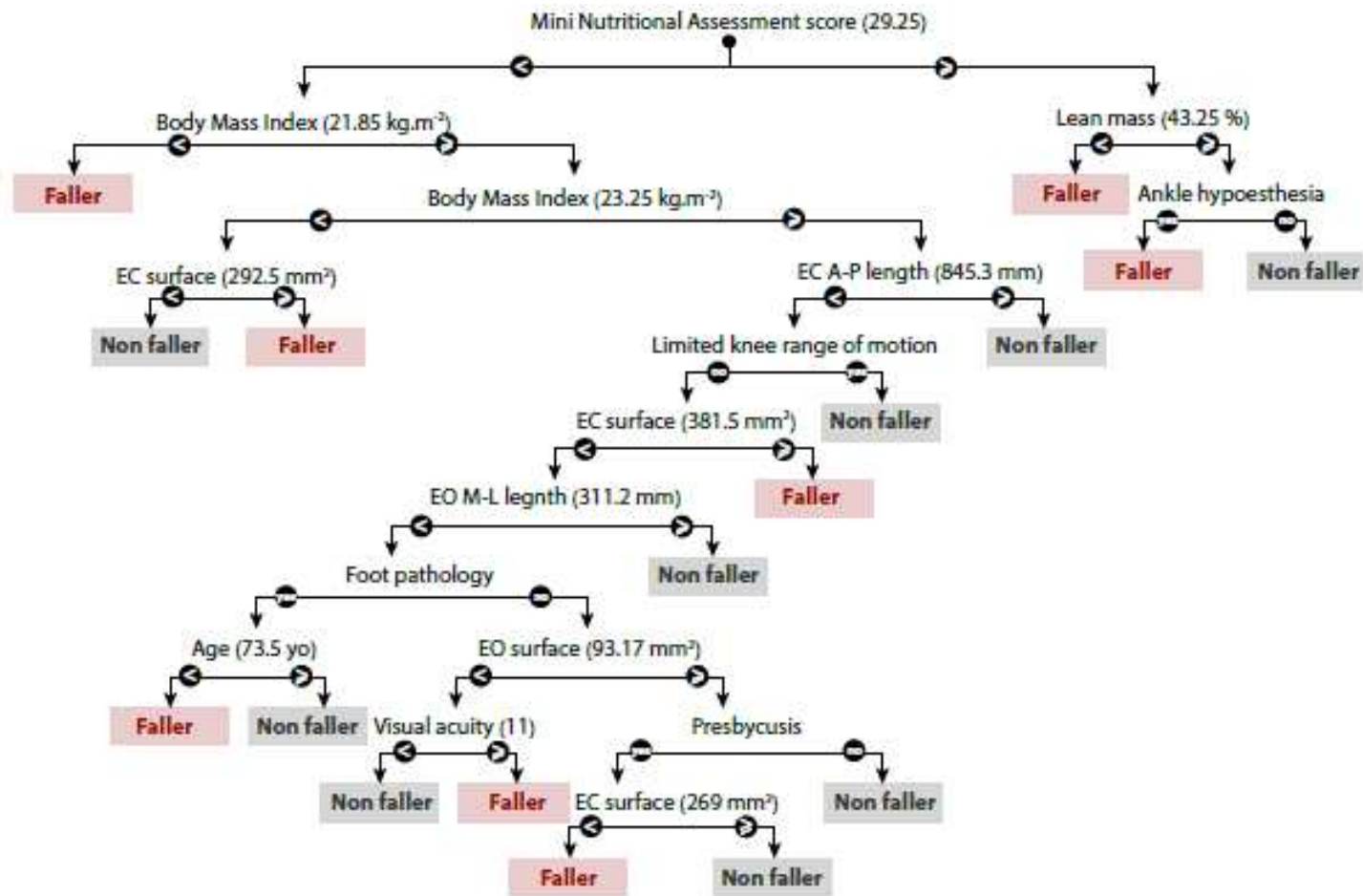


Figure 7 : Architecture de « l'arbre de décision », qui dessine objectivement les règles de décision « Si – Alors » du premier modèle prédictif du risque de la première chute chez les personnes âgées.

L'analyse de l'équilibre postural peut-elle nous permettre de dégager des marqueurs spécifiques annonciateurs du risque de chute et/ou d'un déclin cognitif ?

Deschamps, T., Beauchet, O., Annweiler, C., Cornu, C., & Mignardot, J-B. (2014). Postural control and cognitive decline in older adults: position versus velocity implicit motor strategy. *Gait & Posture*, 39 (1), 628-630. [A15]

Mignardot, J-B., Beauchet, O., Annweiler, C., Cornu, C., & **Deschamps, T.** (2014). Postural sway, falls and cognitive status: a cross-sectional study among older adults. *Journal of Alzheimer's Disease*, 41(2), 431-439. [A19]

Dans une seconde série de travaux menés en collaboration avec la division de médecine gériatrique du CHU d'Angers, nous nous sommes focalisés sur ***l'impact du déclin cognitif sur la fonction motrice de la personne âgée, et le risque de chute associé***. En effet, une plus forte prévalence à la chute a été observée chez les personnes âgées aux fonctions cognitives altérées, allant d'un déficit cognitif léger (statut dit MCI¹⁹) à la démence (i.e. maladie d'Alzheimer) (Morris *et al.*, 1987 ; Tinetti *et al.*, 1988). Dans ce contexte, des modifications des patrons de marche ont été associées aux déficits cognitifs, suggérant l'existence d'une signature motrice typique d'une locomotion à risque chez les MCI ou les patients légèrement ou moyennement déments (MMAD²⁰) (e.g. Beauchet *et al.*, 2011). De même, un contrôle postural déficient a souvent été rapporté dans la littérature chez ces mêmes patients (Leandri *et al.*, 2009 ; Rolland *et al.*, 2009 ; Verghese *et al.*, 2013). Aussi l'ensemble de ces données nous laissait à penser que l'identification des stratégies implicites de contrôle postural constituait une caractéristique clinique de dysfonctionnement cognitif précoce, et potentiellement pertinent pour discriminer les personnes à risque de chute ou pas.

Le premier versant de ce travail visait à explorer l'impact du déclin cognitif sur les stratégies implicites de contrôle postural statique chez les personnes âgées, en bonne santé, présentant des déficits cognitifs légers (MCI) ou des symptômes de démence (MMAD). En effet, le contrôle postural a longtemps été considéré comme basé sur un contrôle de la position du sujet (position mesurée par le déplacement du centre de pression - COP) : la station debout serait préservée par la mobilisation de processus de contrôle dès lors la position excéderait un certain seuil, de manière à maintenir la

¹⁹ Mild Cognitive Impairments

²⁰ Mild-to-Moderate Alzheimer Disease

projection du centre de gravité à l'intérieur du polygone de sustentation²¹. Aussi nous nous sommes basés sur l'idée forte, selon laquelle le contrôle de l'équilibre orthostatique serait basé *sur un contrôle de la vitesse*, plutôt que de la position (Delignières *et al.*, 2011 ; Jeka *et al.*, 2004). Cette hypothèse suggère que les oscillations posturales ne sont contrôlées que lorsqu'un certain seuil de vitesse du déplacement du COP est dépassé²². Les séries temporelles de vitesse du COP apparaissent ainsi bornées par deux limites inférieures et supérieures, reflétant ce contrôle intermittent. De ce point de vue, les limites qui bornent la dynamique de la vitesse semblaient pouvoir fournir des variables particulièrement pertinentes pour rendre compte des stratégies implicites plus ou moins efficaces de contrôle postural. Dans ce cadre, l'hypothèse soutenue était que le déclin cognitif affecte ce contrôle (intermittent) postural, caractérisé par des limites bornées plus élevées de la vitesse du COP.

Intégrées au sein d'une étude transversale, 175 personnes âgées « *non-chuteuses* » ont été recrutées au CHU d'Angers, avec 50 sujets en bonne santé [CHI²³] (âge moyen 76.4 ± 4.8 ans; 30% de femmes), 64 MCI (âge moyen 77.5 ± 6.3 ans; 39% de femmes) et 61 MMAD (âge moyen 78.44 ± 3.97 ans; 62% de femmes). Ces trois groupes étaient équivalents en âge et en indice de masse corporelle. Pour le recueil des données relatives au déséquilibre postural, il était demandé aux participants de se tenir debout sur une plateforme de force lors de deux essais de 51.2 secondes, les yeux ouverts ou les yeux fermés. Les variables dépendantes retenues ont été la moyenne et l'écart-type de la position et de la vitesse de déplacement, ainsi que la moyenne des extrema absolus de vitesse (**Average Absolute Maximal Velocity - AAMV**). La détermination de ce paramètre AAMV se calcule facilement à partir des séries temporelles de la vitesse, en repérant les minima et le maxima de la série au sein de fenêtres distinctes de 2 secondes. Les valeurs absolues de ces extrema sont ensuite moyennées. Cette AAMV

²¹ Le COP est une des variables les plus utilisées en posturologie. Il correspond au point d'application de la force résultante de réaction au sol, barycentre des forces verticales de réaction réparties sur l'ensemble de la surface de contact pieds/sol. Enregistrée via une plateforme de force, à titre d'exemple, la quantité de déplacement du COP (en mm) est un indice du niveau de stabilité posturale : plus cette quantité est élevée, plus la performance posturale serait altérée. L'équilibre statique est maintenu lorsque la somme des forces et des moments de force agissant sur le corps du sujet est nulle. D'un côté, on trouve l'action de la force gravitationnelle concentrée au centre de masse du corps (COM) du sujet (i.e. cette force agit de manière à attirer ce corps au centre de la terre). De l'autre côté, le corps est maintenu en équilibre orthostatique par les forces de réaction, réparties entre les aires de contact du sujet et de l'environnement (i.e. pieds / sol). Comme le centre de masse est situé au dessus du sol, dès que les forces de réaction au sol et la force gravitationnelle ne sont plus parfaitement alignées (i.e. la position du COM est différente de celle du COP, voir *Figure 8*), un moment de force tend à précipiter la chute de l'individu (chute vers l'avant si le COM est devant le COP, et chute vers l'arrière si le COM est derrière le COP). L'alignement *toujours* imparfait de ces deux forces provoque donc une certaine instabilité posturale.

²² Dit autrement, les déséquilibres posturaux ne seraient pas liés au contrôle de la position du COP, mais bien davantage dépendants du contrôle de la vitesse de déplacement du COP. Ce qui serait contrôlé ne serait pas la position ou le déplacement du COP, *mais la vitesse à laquelle il se déplace*.

²³ Cognitively Healthy Individuals

représente une estimation empirique des limites qui bornent la vitesse du COP, et apparaît très sensible à toute forme de perturbation (Delignières *et al.*, 2011).

L'analyse de variance avec le groupe ($\times 3$: CHI, MCI vs. MMAD) comme facteur inter-sujets, a systématiquement révélé un effet du facteur principal « *Groupe* » sur l'ensemble des variables liées à la vitesse du COP, avec une augmentation significative de la variabilité de la vitesse et des AAMV, en fonction du niveau des altérations cognitives des participants (*Tableau 3*). Ces résultats ont mis en évidence un contrôle actif et efficace, via un processus de correction, de la vitesse du COP pour les personnes âgées en bonne santé, contrairement aux stratégies implicites de contrôle des déplacements du COP²⁴ observées chez les participants présentant des déficits cognitifs légers (MCI) ou des symptômes légers ou modérés de démence (MMAD).

Ce qu'il faut retenir

Les variables posturales liées à la vitesse, et tout spécifiquement celles qui bornent les limites de vitesse (AAMV) apparaissent d'un intérêt clinique majeur, tant pour l'identification d'une nouvelle signature d'un dysfonctionnement cognitif précoce, que pour le diagnostic des personnes âgées au risque accru de chute.

Tels se sont positionnés les objectifs scientifiques du second versant de cet axe de recherche.

²⁴ Caractérisées par une correction beaucoup plus tardive (i.e. extrema plus élevés) de la vitesse de déplacement du COP.

Tableau 3 : Caractéristiques de bases et posturales (moyenne - intervalles de confiance à 95%) en fonction des trois groupes (CHI, MCI et MMAD). Les résultats statistiques significatifs issus de l'analyse de variance sont indiqués en gras.

Outcomes (significant values)	CHI, mean [95% CI]	MCI group, mean [95% CI]	MMAD group, mean [95% CI]	F	p
<i>Baseline characteristics</i>					
Age (years)	76.42 [75.04–77.79]	77.51 [75.93–79.09]	78.4 [77.39–79.42]	2.031	0.134
Body mass index (kg/m ²)	26.05 [25.18–26.91]	26.28 [25.43–27.13]	26.62 [25.39–27.85]	0.311	0.733
<i>COP position-based variables</i>					
Eyes open					
Mean position_AP (mm)	-18.15 [-23.43; -12.86]	-15.68 [-20.46; -10.91]	-18.86 [-24.18; -13.55]	0.451	0.637
SD position_AP (mm)	5.23 [4.8; 5.66]	5.62 [5.22; 6.02]	6.06 [5.36; 6.76]	2.286	0.105
Mean position_ML (mm)	-0.006 [-3.46; 3.47]	-1.24 [-3.7; 1.21]	-0.07 [-3.12; 3.27]	0.254	0.776
SD position_ML (mm)	3.3 [2.9; 3.69]	3.19 [2.85; 3.53]	3.76 [3.34; 4.19]	2.553	0.081
Eyes closed					
Mean position_AP (mm)	-12.36 [-17.67; -7.05]	-12.15 [-16.99; -7.3]	-15.19 [-20.65; -9.73]	0.438	0.646
SD position_AP (mm)	5.53 [4.94; 6.11]	5.5 [5.04; 5.96]	6.42 [5.76; 7.08]	3.431	0.035^b
Mean position_ML (mm)	-0.406 [-4.28; 3.46]	-1.64 [-4.79; 1.49]	0.78 [-2.9; 4.46]	0.503	0.605
SD position_ML (mm)	3.04 [2.69; 3.38]	3.02 [2.62; 3.43]	3.93 [3.4; 4.46]	5.576	0.005^{b,c}
<i>COP velocity-based variables</i>					
Eyes open					
Mean velocity (mm/s)	10.33 [9.21; 11.46]	12.34 [11; 13.68]	14.64 [12.97; 16.31]	8.576	0.000^{a,b,c}
SD velocity (mm/s)	6.8 [6.04; 7.57]	8.06 [7.14; 8.99]	6.8 [8.5; 8.99]	8.025	0.000^{a,b,c}
Mean velocity_AP (mm/s)	8.11 [7.22; 9.01]	9.63 [8.57; 10.69]	11.52 [10.22; 12.82]	8.782	0.000^{b,c}
Mean velocity_ML (mm/s)	4.8 [4.19; 5.41]	5.81 [5.1; 6.52]	6.75 [5.89; 7.61]	6.376	0.002^{a,b}
AAMV_AP (mm/s)	15.65 [13.62–17.68]	19.29 [16.49–22.09]	23.07 [20.47–25.67]	7.861	0.001^{a,b,c}
AAMV_ML (mm/s)	9.64 [8.1–11.19]	11.58 [9.94–13.22]	12.86 [11.38–14.34]	3.966	0.021^b
Eyes closed					
Mean velocity (mm/s)	12.34 [10.8; 13.87]	14.78 [12.69; 16.87]	18.05 [15.69; 20.41]	7.217	0.001^{a,b,c}
SD velocity (mm/s)	8.52 [7.42; 9.62]	9.89 [8.38; 11.4]	11.88 [10.26; 13.51]	5.05	0.007^{b,c}
Mean velocity_AP (mm/s)	10.08 [8.77; 11.39]	11.85 [10.21; 13.5]	14.66 [12.79; 16.52]	7.392	0.001^{b,c}
Mean velocity_ML (mm/s)	5.23 [4.58; 5.89]	6.53 [5.42; 7.64]	7.81 [6.61; 9.02]	5.555	0.005^b
AAMV_AP (mm/s)	19.83 [17.05–22.62]	24.62 [20.42–28.81]	29.44 [25.71–33.17]	6.223	0.002^{a,b,c}
AAMV_ML (mm/s)	10.96 [9.17–12.76]	13.13 [10.68–15.57]	15.13 [13–17.25]	3.382	0.036^b

COP: center of pressure; AP: anteroposterior; ML: mediolateral; SD: standard deviation; AAMV: average absolute maximal velocity; CHI: cognitive healthy individual; MCI: mild cognitive decline; MMAD: mild and moderate dementia.

^a Significant difference between CHI and MCI groups.

^b Significant difference between CHI and MMAD groups.

^c Significant difference between MCI and MMAD groups.

Au regard de la littérature, les altérations du contrôle postural liées au déclin cognitif (Deschamps *et al.*, 2014 [A15] *) sont assez classiquement associées à une augmentation du risque de chute chez la personne âgée. Aussi mieux comprendre cette association ne serait pas sans conséquence positive sur les stratégies de prévention des chutes. Aussi notre objectif était d'examiner le lien entre **les variables posturales liées à la vitesse, le statut cognitif, et l'historique de chute** chez des participants âgés en bonne santé [CHI], présentant des déficits cognitifs légers (MCI) et des patients atteints de symptômes légers ou modérés de démence (MMAD).

611 personnes âgées (âge moyen 77.2 ± 7.9 ans; 51.8% d'hommes) ont été répartis entre trois catégories : CHI, MCI et MMAD (*Tableau 4*). En calculant la moyenne des extrema absolus de vitesse (AAMV), les limites bornées de la vitesse du COP ont été déterminées lorsqu'il était demandé aux participants de se tenir debout sur une plateforme de force lors de deux essais de 51.2 secondes, les yeux ouverts ou les yeux fermés (*Figure 8*). En tant que caractéristiques de base, significativement différentes entre les groupes (cf. *Tableau 4*), l'âge, le genre, le niveau d'éducation, l'indice de masse corporelle, la prise ou non de médicaments psychoactifs, le nombre de médicaments par jour, le niveau maximal de force manuelle, et le temps au Timed Up & Go ont été intégrés à l'analyse statistique en tant que covariants, à savoir une analyse de covariance multivariée (avec les deux AAMV collectées dans les conditions posturales « yeux ouverts » et « yeux fermés » dans l'axe antéropostérieur, comme variables dépendantes ; cf. Deschamps *et al.*, 2014 [A15] *).

Les résultats statistiques ont clairement démontré que les plus hautes AAMVs qui bornent la vitesse du COP étaient associées *au niveau d'altérations cognitives* ($p = 0.048$) (i.e., plus faibles limites chez les CHI et les MCI en comparaison aux patients déments MMAD), et *au risque de chute* ($p = 0.03$) (i.e., plus hautes limites chez les chuteurs, +3.5% en moyenne) (*Tableau 5*). A noter qu'aucune interaction statistique *Statut cognitif* \times *Historique de chute* n'a été observée ($p = 0.66$). Globalement, toute augmentation de s AAMVs liée au statut « chuteur » était statistiquement identique pour chacun des trois groupes catégorisés (CHI, MCI et MMAD).

Tableau 4 : Caractéristiques initiales des participants en fonction de leur statut cognitif (n = 611)

	Total	CHI (n = 228)	MCI (n = 140)	MMAD (n = 243)
Age (years), mean \pm SD ^{a(1,2,3)}	77.2 \pm 7.9	72.5 \pm 6.1	74.7 \pm 7.3	83 \pm 5.8
Female gender, n (%) ^{a(2,3)}	290 (47.5)	92 (40.3)	48 (34.3)	150 (61.7)
BMI (kg/m ²), mean \pm SD	26.3 \pm 4.1	26 \pm 3.4	26.4 \pm 4.7	30.7 \pm 9.9
Education level* (/4), n (%) ^{a(1,2,3)}	1 = 33 (5.4); 2 = 307 (50.2); 3 = 172 (28.1); 4 = 64 (16.2)	1 = 1 (2.3); 2 = 77 (33.8); 3 = 86 (37.7); 4 = 64 (28.1)	1 = 4 (2.8); 2 = 75 (53.6); 3 = 42 (30); 4 = 19 (13.6)	1 = 28 (11.5); 2 = 155 (63.8); 3 = 44 (18.1); 4 = 16 (6.6)
Use of psychoactive drugs (yes), n (%) ^{a(2,3)}	82 (13.4)	12 (5.3)	12 (8.6)	58 (23.9)
Medications (total number/day), mean \pm SD ^{a(2,3)}	4.2 (3.2)	3.1 (2.7)	3.6 (3.1)	5.6 (3.1)
Maximal Handgrip Strength (kg), mean \pm SD ^{a(2,3)}	26.1 \pm 10.3	30.7 \pm 9.9	29.5 \pm 9.9	19.7 \pm 7.6
Timed Up and Go (s), mean \pm SD ^{a(2,3)}	13.9 \pm 6.7	10.8 \pm 3.8	11.9 \pm 4.3	17.9 \pm 7.8
MMSE, mean \pm SD ^{a(1,2,3)}	24.1 \pm 5.2	28 \pm 2.3	26.1 \pm 2.4	19.3 \pm 4.4
FAB, mean \pm SD ^{a(1,2,3)}	14 \pm 3.6	16.5 \pm 1.7	14.9 \pm 2.1	11.1 \pm 3.5
Eyes open AAMV AP (mm.s ⁻¹), mean \pm SD ^{a(2,3)}	18.8 \pm 9.3	15.9 \pm 7.5	17.8 \pm 9.3	22.2 \pm 9.6
Eyes closed AAMV AP (mm.s ⁻¹), mean \pm SD ^{a(2,3)}	22.7 \pm 12.6	19.7 \pm 10.3	22.1 \pm 14.8	26 \pm 12
Falls in previous year, n (%) ^{a(2,3)}	230 (37.6)	74 (32.4)	38 (27.1)	118 (48.6)

χ^2 or univariate one-way analyses of variance with HSD-Tukey *post-hoc* test were used to compare CHI, MCI, and MMAD groups. CHI, cognitive healthy individual; MCI, mild cognitive impairment; MMAD, mild-to-moderate dementia; BMI, body mass index; MMSE, Mini-Mental State Examination; FAB, Frontal Assessment Battery; AP, anteroposterior direction; AAMV, absolute average maximal velocity. *Categorical variable in four points: 1/no school; 2/secondary school certificate 3/graduate degree; 4/university degree. ^aMain effect of cognitive status. ¹Significant difference between CHI and MCI groups. ²Significant difference between CHI and MMAD groups. ³Significant difference between MCI and MMAD groups.

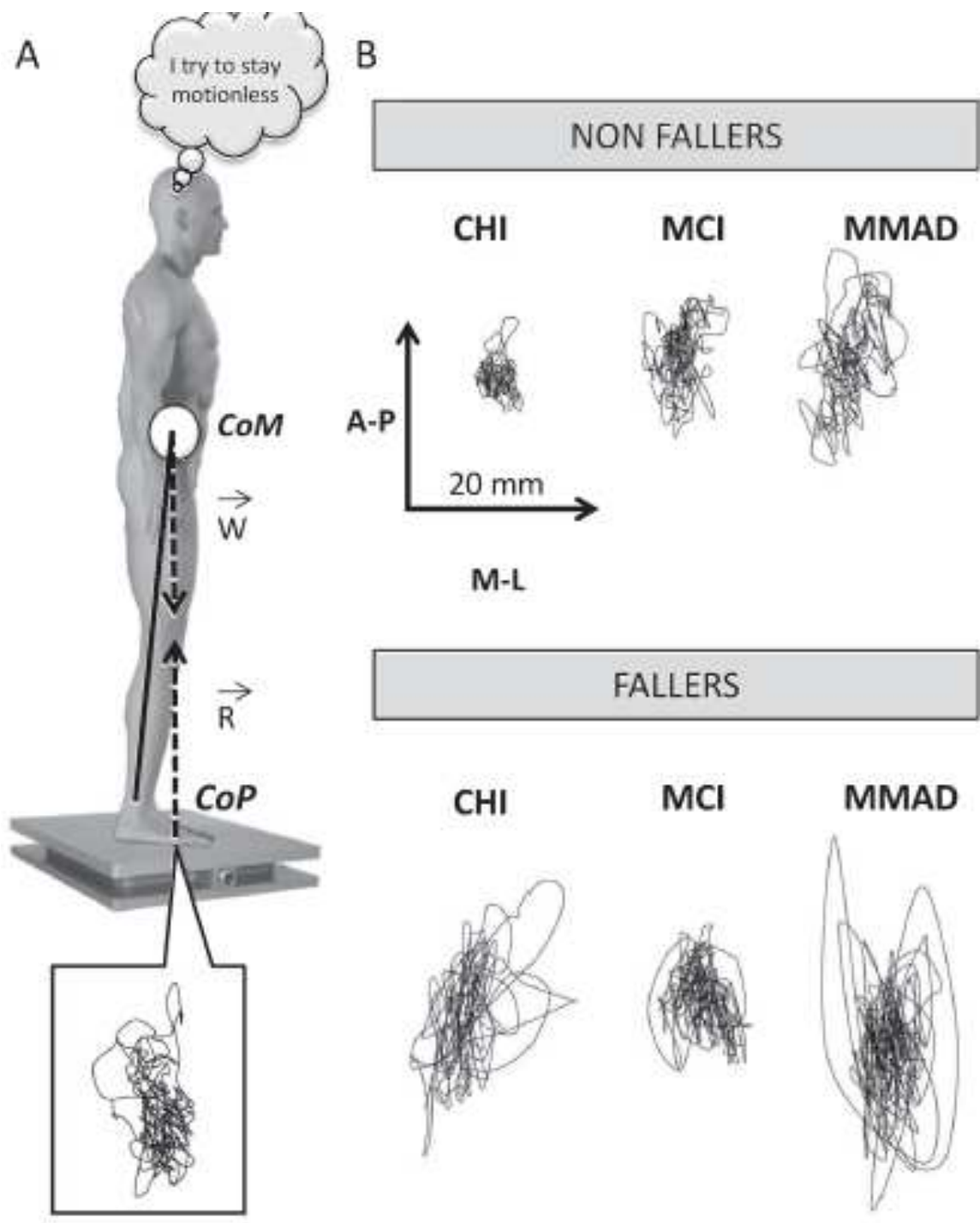


Figure 8 : Exemple de trajectoires du centre de pression (COP) enregistrées par une plateforme de force (A), en fonction du statut cognitive (CHI, MCI, et MMAD) et le risque de chute (chuteurs vs. non chuteurs) (B).

Note. CHI, cognitive healthy individual; MCI, mild cognitive impairment; MMAD, mild-to-moderate dementia; AP, axe antero-postérieur; ML, axe medio-latéral.

Tableau 5 : Mean values (standard deviations) for center-of-pressure velocity-based variables (average absolute maximal velocity –AAMV- in eyes open and eyes closed conditions in anteroposterior direction) according to cognitive status (i.e., CHI, MCI and MMAD) and history of falls in the past year (i.e., fallers vs. non-fallers) adjusted on baseline characteristics. F and P values are from multivariate analysis of covariance. Significant results are indicated in bold type (i.e., $p < 0.05$). CHI: Cognitive healthy individual; MCI: Mild Cognitive Impairment; MMAD: Mild-to-Moderate Dementia.

Between-participant variables	F values	p-value	eta ²	Eyes open AAMV (mm·s ⁻¹)	Eyes closed AAMV (mm·s ⁻¹)
Cognitive status	2.391	0.048	$p\eta^2 = 0.009$		
<i>CHI</i>				15.9 (7.5)	19.7 (10.3)
<i>MCI</i>				17.8 (9.3)	22.1 (14.8)
<i>MMAD</i>				22.2 (9.6)	26 (12)
Fall history (yes versus no)	3.437	0.033	$p\eta^2 = 0.011$		
<i>Non-fallers</i>				17.9 (8.7)	22.4 (12.6)
<i>Fallers</i>				20.3 (10)	23.3 (12.2)
Cognitive status × fall history	0.595	0.666	$p\eta^2 = 0.002$		
<i>CHI – Non-fallers</i>				15.5 (6.7)	19.2 (10.3)
<i>Fallers</i>				17.6 (8.8)	20.7 (10.4)
<i>MCI – Non-fallers</i>				17.5 (9.5)	22 (14.5)
<i>Fallers</i>				18.3 (8.9)	22.2 (15.8)
<i>MMAD – Non-fallers</i>				21.8 (8.7)	26.6 (12.3)
<i>Fallers</i>				22.5 (10.6)	25.2 (11.7)
COVARIATES*					
Female gender	8.817	0.000	$p\eta^2 = 0.029$		
Age	5.452	0.005	$p\eta^2 = 0.018$		
Education level	0.34	0.712	$p\eta^2 = 0.001$		
Body mass index	5.47	0.004	$p\eta^2 = 0.018$		
Use of psychoactive drugs	0.056	0.000	$p\eta^2 = 0.001$		
Medications (total number/day)	1.03	0.003	$p\eta^2 = 0.008$		
Maximal handgrip strength	0.941	0.391	$p\eta^2 = 0.003$		
Timed Up & Go	1.684	0.186	$p\eta^2 = 0.006$		

*Overall to be a female, advanced in age, with increased body mass index, taking a greater number of medications per day tend to enhance the bounding limits of COP velocity dynamics, indicative of reduced postural control.

Aussi identifier les personnes âgées avec ou sans troubles cognitifs, qui sont à risque de chute ou pas, via une évaluation des signatures posturales, apparaît très utile pour la planification de mesures de prévention des chutes (Franssen *et al.*, 1999 ; Shin *et al.*, 2011). Par exemple, les stratégies de contrôle postural des patients atteints de démence légère ou modérée pourraient être positivement modifiées par un programme de marche, reconnue comme une intervention sécuritaire d'optimisation du processus de recalibration des entrées sensorielles²⁵. Précisément les effets d'un exercice, telle une marche active, amélioreraient la capacité du système nerveux à mieux prédire les patrons d'activation musculaire nécessaires à une marche efficiente. Ce système de contrôle par anticipation (ou de commande prédictive – *feedforward control process*) peut se ré-étalonner / s'actualiser sur la base d'informations sensorielles stimulantes issues du système périphérique (Seidler *et al.*, 2004). Grâce à une activité physique adaptée, le système nerveux central serait (reviendrait) plus efficient dans sa capacité à prédire la réponse motrice optimale, de par un processus de contrôle par anticipation optimisé (e.g. Blanchette *et al.*, 2012), et dans sa capacité à se protéger des possibles altérations du contrôle postural (et le risque de chute associé) avec l'avancée en âge (Doumas & Krampe, 2010 ; Horak, 2006). Cette proposition a récemment été validée chez des patients atteints d'une dépression sévère (Deschamps *et al.*, 2015 [A23] *).

Ce qu'il faut retenir

Cette étude a permis l'identification des limites qui bornent la vitesse du COP, en tant que signature significative des altérations du contrôle postural associées aux troubles cognitifs, en particulier chez les patients âgés déments (i.e. forte association entre troubles cognitifs et performance posturale dégradée). Ce résultat est d'importance clinique pour l'évaluation de l'équilibre postural et la prévention des chutes des patients âgées atteints d'Alzheimer, afin de planifier des programmes de prévention sur le long terme.

²⁵ Les principales informations sensorielles mobilisées pour la régulation de la posture statique / dynamique proviennent des systèmes visuel, vestibulaire et proprioceptif (Horak & Macpherson, 1996). Ces informations permettent au système nerveux central de déterminer la position et l'orientation des différents segments corporels les uns par rapport aux autres, mais aussi par rapport à l'environnement externe. La contribution relative de ces informations au contrôle postural change en fonction des conditions environnementales ; ce phénomène est appelé « *repondération sensorielle* » (Nasher & Berhoz, 1978).

Une synthèse agrémentée de travaux connexes

Au cœur de ces travaux, notre ambition interdisciplinaire visait à isoler des signatures motrices prédictives fiables caractérisant – pour une part- le processus général de vieillissement normal et/ou pathologique en proposant une analyse concomitante des différents niveaux enchâssés d'organisation qui le sous-tendent (i.e., dimensions sociales, affectives, cognitives, motrices et neuromusculaires) (e.g. Mignardot *et al.*, 2014 [A14]*). Cette même logique a organisé des études connexes, animées par des pré-requis méthodologiques testés chez des sujets jeunes (Deschamps *et al.*, 2013 [A13]*), et l'identification de signatures annonciatrices d'altérations de la fonction motrice de personnes âgées atteintes de pathologies chroniques.

Par exemple, en collaboration avec l'établissement de Santé « Expansion des Centres d'Hémodialyse de l'Ouest – ECHO²⁶ », nous avons eu l'opportunité de co-coordonner un essai clinique randomisé contrôlé « ACTINUT » dont l'objectif principal était d'évaluer les effets (anaboliques) d'un exercice physique intra-dialytique (sur bicyclette ergométrique) combiné à un support diététique sur la déplétion protéino-énergétique²⁷, les performances physiques et la qualité de vie de patients hémodialysés chroniques âgés et dénutris (<http://clinicaltrials.gov>: NCT01813851). Sans entrer dans les détails, cette veine de travaux nous a permis de démontrer les bienfaits d'une activité physique adaptée sur la fonction motrice (amélioration de la vitesse de marche, contrôle postural non dégradé) et la qualité de vie²⁸ des patients très fragiles, puisque hémodialysés, âgés et dénutris (Magnard *et al.*, 2013 [A12]*; Hristea, Deschamps *et al.*, 2016 [A26]*). Ces travaux nous ont conduits à appeler et

²⁶ Cf. <http://www.echo-dialyse.fr/> pour tous les détails sur cet établissement privé de santé, à caractère associatif de type "loi 1901" qui participe à des missions d'intérêt collectif. L'ECHO propose sur 36 sites, les traitements de l'insuffisance rénale, dont 9 centres d'hémodialyse (Angers, Nantes, Le Mans, Les Sables d'Olonne...).

²⁷ définie comme une réduction de la masse protéique corporelle (perte de masse musculaire) et des réserves énergétiques (Fouque *et al.*, 2008). Il a été montré qu'elle était un facteur indépendant de morbidité et de mortalité chez les patients traités par hémodialyse chronique (USRDS, 1999). Les critères diagnostiques de déplétion protéino-énergétique sont : **1/** des anomalies biologiques : albuminémie < 38g/l (méthode colorimétrique), préalbuminémie < 300mg/l, cholestérol total < 1g/l ; **2/** une diminution de la masse corporelle : IMC < 23 kg/m², perte de poids non intentionnelle > 5% sur 3 mois ou > 10% sur 6 mois, Pourcentage de masse grasse < 10% ; **3/** une diminution de la masse musculaire : perte de masse musculaire > 5% sur 3 mois ou 10% sur 6 mois, diminution de la circonférence du bras > 10% par rapport au percentile 50% de la population de référence, un index de créatinine diminué ; **et 4/** une diminution non intentionnelle des apports nutritionnels : apports en protéines < 0.8 g/kg/jour depuis au moins 2 mois, apports caloriques < 0.25 kcal/kg/j. Le diagnostic de DPE requiert la présence concomitante d'au moins un élément dans trois des quatre groupes de critères diagnostiques. Parmi les multiples causes de la DPE on retient des apports nutritionnels insuffisants, la sédentarité, liée en partie à l'immobilisation pendant la séance de dialyse, ainsi que l'état catabolique et l'état inflammatoire induits par la dialyse (Fouque *et al.*, 2007).

²⁸ Ce résultat est loin d'être anecdotique tant les scores de qualité de vie (questionnaire SF36) sont hautement prédicteurs d'hospitalisations et de mortalité (Kalantar-Zadeh *et al.*, 2001).

revendiquer la nécessité d'implémenter des programmes d'activité physique intra-dialytique adaptée auprès des patients souffrant d'insuffisance rénale chronique, des plus jeunes enfants en attente d'une éventuelle greffe aux patients âgés les plus fragilisés (Deschamps, 2016 [A29] *).

En parallèle à ces objectifs principaux, nous nous sommes toujours intéressés à des patients âgés atteints d'insuffisance rénale chronique (âge moyen 70.4 ± 13.7 ans), sous hémodialyse, caractérisés par une fonction motrice dégradée (Johansen *et al.*, 2003) et un nombre de chutes plus important qu'une population âgée en bonne santé (Cook *et al.*, 2006). Notre objectif était d'examiner les stratégies de contrôle postural chez ces patients hémodialysés, comme une signature objective de leurs capacités fonctionnelles. Une nouvelle fois, nos résultats ont montré que l'évaluation clinique du contrôle actif de la vitesse du centre de pression (via l'analyse des patrons de résultats statistiques des AAMV) constituait la mesure la plus représentative du niveau d'altérations de la fonction motrice (Magnard *et al.*, 2014 [A20] *). Cette signature constitue un indice pertinent pour rendre compte de l'effet négatif de la session d'hémodialyse sur le contrôle postural et le risque de chute associé de patients hémodialysés âgés (Magnard *et al.*, 2015 [A21] *).

Enfin, l'opportunité nous a été offerte de proposer des solutions adaptées (i.e. programme d'activité physique adaptée, sollicitations localisées) visant la protection et le ralentissement de la diminution progressive de performances fonctionnelles liée au vieillissement normal ou pathologique (e.g. Hristea, Deschamps *et al.*, 2016 [A26]*). A titre d'exemple significatif, nous nous sommes intéressés à un programme d'entraînement par stimulation musculaire électro-induite (NMES²⁹) afin de limiter le déficit de contrôle postural classiquement observé chez les personnes âgées (Mignardot *et al.*, 2015 [A22]*). En effet, le vieillissement physiologique se traduit – entre autres- par un affaiblissement progressif des muscles et tendons, perturbant *de facto* l'équilibre postural, non sans conséquence sur le risque de chute (cf. études précédentes).

Neuf femmes âgées dites fragiles, résidant dans un établissement pour soins de longue durée, ont suivi un entraînement de NMES des muscles fléchisseurs plantaires de la jambe pendant quatre semaines (trois sessions par semaine d'une durée de 25 minutes). Les différents paramètres étudiés (force de contraction maximale isométrique ; raideur musculo-tendineuse, limite de stabilité posturale) ont été récoltés avant et après le protocole de NMES, et mis en comparaison avec ceux récoltés chez un groupe de 7 personnes âgées « non entraînées » vivant à domicile, et considérées comme le groupe contrôle. Globalement, les résultats montrent un effet positif du protocole d'électrostimulation musculaire, tant sur la capacité de production de force, sur la transmission de cette force et sur les

²⁹ Neuromuscular Electrical Stimulation.

limites de stabilité posturale. L'optimisation du contrôle postural résultante de ce protocole NMES est significativement associée aux modifications positives des propriétés de la jonction musculo-tendineuse du triceps surae. Aussi la stimulation musculaire électro-induite semble être une solution pertinente pour contrecarrer la faiblesse neuromusculaire liée au processus de vieillissement (Mignardot, Deschamps *et al.*, 2015 [A22] *).

Ce qu'il faut retenir

Ce travail met en lumière l'efficacité d'un protocole d'électro-stimulation musculaire localisée en « soulageant » certaines altérations fonctionnelles liées au vieillissement, de par son impact sur les propriétés musculaires et biomécaniques intrinsèques pour lesquelles toute amélioration présentement observée est immédiatement associée à un gain fonctionnel (plus grande force, contrôle postural optimisé, réduction du risque de chute).

En résumé

- Des signatures motrices typiques de la marche ou de l'équilibre postural des personnes âgées en bonne santé ou atteintes de symptômes pathologiques (e.g. démence) ont été clairement identifiées.
- Ces différents indices sont facilement accessibles en milieu clinique, à travers de simples tests de marche ou encore d'évaluation de l'équilibre statique les yeux ouverts / fermés.
- Mise en évidence de la pertinence de ces signatures caractéristiques de la fonction motrice (marche, posture) de la personne âgée, potentiellement discriminatives des troubles cognitifs pathologiques et/ou d'un risque accru de chute.
- Ces résultats sont d'importance clinique pour l'évaluation des dysfonctionnements cognitivo-moteurs et la prévention des chutes chez les personnes âgées, afin de planifier des programmes d'interventions préventives spécifiques (activité physique adaptée, électro-stimulation musculaire localisée), et prolonger autant que possible l'autonomie des personnes âgées.

Chapitre 4 – Projets de recherche

Mobilité et cognition : approche interconnectée à des fins préventive et thérapeutique

De très nombreuses études épidémiologiques ont validé les interrelations entre la mobilité (i.e. contrôle du mouvement) et la cognition, en particulier avec l'avancée en âge (e.g. Monterro-Odasso *et al.*, 2012). Par exemple, les personnes âgées présentant des problèmes cognitifs ont 10 à 15 fois plus de risques de développement de la maladie d'Alzheimer, associés à fort risque de déficits moteurs et de chute (Boyle *et al.*, 2006 ; Muir *et al.*, 2012 ; Petersen, 2012). Pourtant, jusque très récemment, les cliniciens et les chercheurs considéraient, évaluaient et traitaient les dysfonctionnements cognitifs et moteurs en tant que problèmes distincts. Cette approche s'est vraisemblablement traduite par des manques dans notre compréhension des interactions cognitivo-motrices et des possibles mécanismes sous-tendant les trajectoires invalidantes avec l'avancée en âge (Monterro-Odasso *et al.*, 2015).

Cognition et mouvement partagent des facteurs comportementaux et étiologiques communs, non sans nouvelles perspectives préventives et thérapeutiques. D'un point de vue mécanistique, les réseaux corticaux qui contrôlent le mouvement, se superposent aux réseaux impliqués dans la performance cognitive ; la (très fréquente) coexistence d'une marche ralentie et d'une démence chez un même individu a clairement été associée à des changements de régions cérébrales spécifiques (Alan *et al.*, 2005 ; Camicioli *et al.*, 1998 ; Rosano *et al.*, 2006). Une modification de l'intégrité structurale des fibres de la substance blanche qui connectent les différentes régions cérébrales est reconnue comme prédictive d'une marche ralentie aboutissant à des troubles cognitifs, moteurs et de l'humeur (Rosano *et al.*, 2008 ; Tian *et al.*, 2015).

Aussi un langage commun est nécessaire entre cliniciens et chercheurs (et entre chercheurs de diverses « obédiences » disciplinaires). Peu importe la porte d'entrée³⁰, pourvu que les convives autour de la table partagent les mêmes convictions, essentielles pour caractériser les relations dynamiques entre cognition et mobilité³¹ : 1/ Cognition et contrôle du mouvement constituent une même entité (clinique) de recherche, au-

³⁰ Telle que la fonction neuromusculaire (sarcopénie, production et transmission de la force musculaire – [axe 1](#) du programme scientifique du laboratoire « MIP »), les coordinations musculaires, les entrées sensorielles, les fonctions exécutives ou encore les troubles de l'humeur ([axe 2](#) du programme)...Autant de portes d'entrée possibles, aux hypothèses spécifiques à leur niveau d'analyse.

³¹ Vers quelle épidémiologie des relations entre mouvement (mobilité) et cognition. Une mobilité dégradée est-elle prédictive du déclin cognitif ? Pour mieux comprendre la neurobiologie du déclin moteur, ou encore de l'effet de l'exercice physique sur la cognition de populations fragiles... Quelle méthodologie scientifique, quel niveau d'analyse, quelles mesures communes, autant d'enjeux actuels et futurs sur les interrelations mobilité et cognition chez la personne âgée.

delà des enjeux singuliers et spécifiques ; **2/** Des évaluations standardisés communes aux chercheurs engagés dans les domaines de la motricité humaine et des processus cognitifs sont nécessaires (e.g. vitesse de marche en situation de double tâche) ; **3/** Des détections, interventions et évaluations précoces du déclin cognitivo-moteur apparaissent essentielles ; et **4/** Les interventions via l'exercice doivent viser non seulement les modifications corticales structurelles, mais également traverser la sphère bio-psycho-sociale de nos cocitoyens âgés et/ou présentant des pathologies plus ou moins sévères.

Aussi les futures études, s'inscrivant dans une approche unifiée de mesures de performance physique / motrice et cognitives, associées à de la neuroimagerie, semblent riches de promesses, pour une collaboration pleine et entière entre les différentes disciplines scientifiques. Dans ce contexte, je propose de développer des travaux s'inscrivant dans la continuité de ceux déjà réalisés (**chapitre 3**), centrés sur l'analyse des altérations psychomotrices, comme signatures potentiellement prédictives d'un futur meilleur...ou pas.

La présentation de trois projets de recherche est volontairement non-exhaustive ; d'autres axes de recherche participent à mon activité scientifique actuelle et/ou future (e.g. activité physique et patients hémodialysés³²; perception des possibilités d'action, fatigue et douleur³³), et structurent tout autant cet « éclectisme » scientifique. Pour ma curiosité personnelle, teintée d'une désinvolture contemplative.

« [...], je sais que tout aspiration est belle. Celle de la liberté et celle de la discipline. Celle de la science qui examine et celle du respect qui accepte et fonde. Celle des hiérarchies qui divinise et celle du partage qui distribue. Celle du temps qui permet la méditation et celle du travail qui remplit le temps. Celle de l'amour par l'esprit qui châtie la chair et grandit l'homme, et celle de la pitié qui panse la chair. Celle de l'avenir à construire et celle du passé à sauver. Celle de la guerre qui plante les graines, et celle de la paix qui les récolte ».

Antoine de Saint-Exupéry, Citadelle (1948, chap. XIV)

³² Porté par l'ECHO, une demande d'accompagnement financier auprès de l'agence régional de la santé de Pays de la Loire est en cours, visant la mise en place d'un programme d'activité physique adaptée, personnalisé, régulier, chez les patients hémodialysés chroniques (Deschamps, 2016 [A29]*), afin d'améliorer leur qualité de vie et maintenir/optimiser leur autonomie physique.

³³ En collaboration avec le Pr. F. Hug (Univ. Nantes) et Dr. Kylie TUCKER du « *Centre of Clinical Research Excellence in Spinal Pain, Injury and Health, School of Health and Rehabilitation Sciences* » (Université du Queensland, Australie) (e.g. Tucker, K., Maker, F., Deschamps, T., & Hug, F. (soumis) [AS2]).

Inhibition cognitive, proprioception et capacité d'initiation de pas de la personne âgée

Ce projet de recherche constitue un des 13 axes de recherche du projet interdisciplinaire régional « [Longévité, Mobilité, Autonomie](#) » (porteurs du projet : Pr. Christophe CORNU & Gilles BERRUT ; 2014-17), en collaboration avec l'**Unité d'Investigation de Gérontologie Clinique** (CHU Nantes, Hôpital Bellier) et le **Gérontopôle Autonomie Longévité des Pays de la Loire** présidé par le Pr Gilles BERRUT (gériatre).

A travers la thèse de Justine MAGNARD (oct. 2014 - présent), ce travail interroge l'activité cognitive de la personne âgée et les processus de contrôle neurophysiologique lors d'une tâche d'initiation de pas, en réaction à une tâche d'inhibition cognitive (suivi longitudinal sur un an de personnes âgées en bonne santé, dysexécutives et/ou ayant déjà chuté).

Ce projet a été validé le 3 février 2016 par le comité de protection des personnes Ouest IV – Nantes (« *Etude du processus d'inhibition cognitive chez la personne âgée* » - Essai CPP-MIP-009 - N° ID RCB : 2015-A01042-47).

Présentation et justification de la recherche

Comme maintes fois évoqué lors de ce mémoire, la littérature a clairement mis en évidence le fait que la cognition et le contrôle postural s'appuient sur des mécanismes communs (e.g. Kerr *et al.*, 1985). Pourtant, les relations potentiellement conflictuelles engendrées par ce partage (Woolacot & Shumway-Cook, 2002), notamment chez la personne âgée, ne sont pas sans conséquence sur le risque de chute. Ainsi, les objectifs de ce projet sont de mieux caractériser le rôle des fonctions exécutives³⁴ dans le contrôle de la motricité de la personne âgée *présentant ou non un syndrome dysexécutif*, et d'investiguer si l'évaluation conjointe de ces mécanismes constitue une signature sensible et pertinente pour discriminer une personne chuteuse d'une personne non-chuteuse. Ces visées théoriques et appliquées visent à mieux comprendre le déclin lié à l'âge des mécanismes centraux (i.e. fonctions exécutives, processus d'inhibition cognitive) et périphériques (i.e. processus neurophysiologiques) à l'origine des modifications du processus de repondération des informations sensorielles nécessaires à une motricité/contrôle postural efficiente.

³⁴ Classiquement, ces fonctions exécutives sont regroupées en trois grandes catégories de processus spécifiques (e.g. Miyake *et al.*, 2000) : l'inhibition cognitive de réponses prédominantes, la mémoire de travail (i.e. capacité de mise à jour d'informations) et la flexibilité cognitive (i.e. capacité à déplacer son attention entre différents stimuli).

Expérimentalement, la relation entre fonction motrice et processus cognitifs est classiquement explorée via le paradigme de la double tâche (Abernethy, 1988 ; Beauchet & Berrut, 2006), où les participants doivent réaliser simultanément une tâche motrice fonctionnelle (e.g. se tenir debout, marcher à vitesse préférentielle) et une tâche cognitive nécessitant un traitement central d'informations (e.g. compter de 3 en 3). Par exemple, dans l'étude de Redfern *et al.* (2002), les participants jeunes et âgés se trouvaient en condition de double tâche : réaliser une tâche de temps de réaction (TR) tout en se tenant debout sur une surface instable. Dans ce cadre, le potentiel déclin des performances posturales et/ou des performances cognitives (TR plus longs) constitue la preuve que la réalisation simultanée de ces tâches induit une concurrence dans l'attribution des ressources cognitives nécessaires à leurs réalisations. Les capacités de contrôle postural/moteur de la personne âgée sont apparues comme étant particulièrement affectées en situation de double tâche. Parmi les hypothèses explicatives avancées, certains changements induits par le vieillissement (neuro-dégénération structurelle, modifications neurochimiques) entraîneraient, par le biais d'une intégration moins efficace des informations visuo-spatiales et sensorimotrices, une modification de l'activation du système moteur (Ward & Frackowiak, 2003).

La dégradation du contrôle postural observée chez la personne âgée a été associée au déclin des fonctions exécutives (Redfern *et al.*, 2001 ; Yogev *et al.*, 2008). En effet, il est reconnu que les fonctions exécutives déclinent avec l'âge, vraisemblablement en raison de la détérioration de certains circuits corticaux tel que le cortex préfrontal dorso-latéral (Andres & Van der Linden, 2000 ; Phillips & Della Sala, 1988). L'inhibition cognitive est classiquement définie comme l'habilité de contrôle volontaire sur les réponses automatiques ou prépondérantes, essentielle à l'adaptation à un environnement en constante évolution (Mendelson *et al.*, 2010). Récemment, deux composantes distinctes du processus d'inhibition ont été identifiées : l'inhibition perceptive vs. motrice (Nausser & Halperin, 2003). Tout d'abord, l'inhibition perceptive (IP) correspond à l'habilité de retenir intentionnellement une réponse évidente, prépondérante mais en dehors des exigences de la tâche. Il s'agit pour le sujet de réagir le plus rapidement possible à l'apparition d'un stimulus visuel (une flèche noire dirigée vers la droite ou vers la gauche apparaissant soit à droite ou à gauche de l'écran) en inhibant les caractéristiques spatiales de la flèche (*Figure 9-A*). L'inhibition motrice (IM) renvoie à l'habilité de réfréner une réponse motrice évidente mais non appropriée à la situation en cours. Le sujet doit réagir le plus rapidement possible à l'apparition d'un stimulus visuel (une flèche noire dirigée vers la droite ou vers la gauche apparaissant systématiquement au centre de l'écran) en ne considérant que le sens de la flèche (*Figure 9-B*). Il semblerait que ces processus d'inhibition perceptive et motrice mettent en jeu des mécanismes cognitifs distincts, qui peuvent être évalués séparément via une batterie de tests développée par Nausser et Halperin (2003). Expérimentalement, cette batterie permet de manipuler le niveau de congruence des stimuli visuels auxquels les sujets doivent répondre, ainsi que le degré de conflit perceptif et moteur engendré. Précisément, dans l'étude de Jennings *et al.* (2011), les participants, assis devant un ordinateur, devaient réagir le plus rapidement possible à l'apparition d'un stimulus visuel en appuyant sur un des deux

boutons presseurs qu'ils tenaient dans les mains. Ce stimulus était une flèche noire dirigée vers la droite ou vers la gauche, dont les caractéristiques spatiales permettaient de manipuler l'IP (lieu d'apparition de la flèche soit à droite ou à gauche de l'écran) ou l'IM (lieu d'apparition de la flèche systématiquement au centre de l'écran), dans des conditions congruentes (la réponse devait correspondre à la direction de la flèche ; si la flèche est dirigée vers la droite de l'écran, le sujet appuyait sur le bouton de droite) ou non-congruentes (si la flèche est dirigée vers la droite de l'écran, le sujet appuyait sur le bouton de gauche) (*Figure 9*).

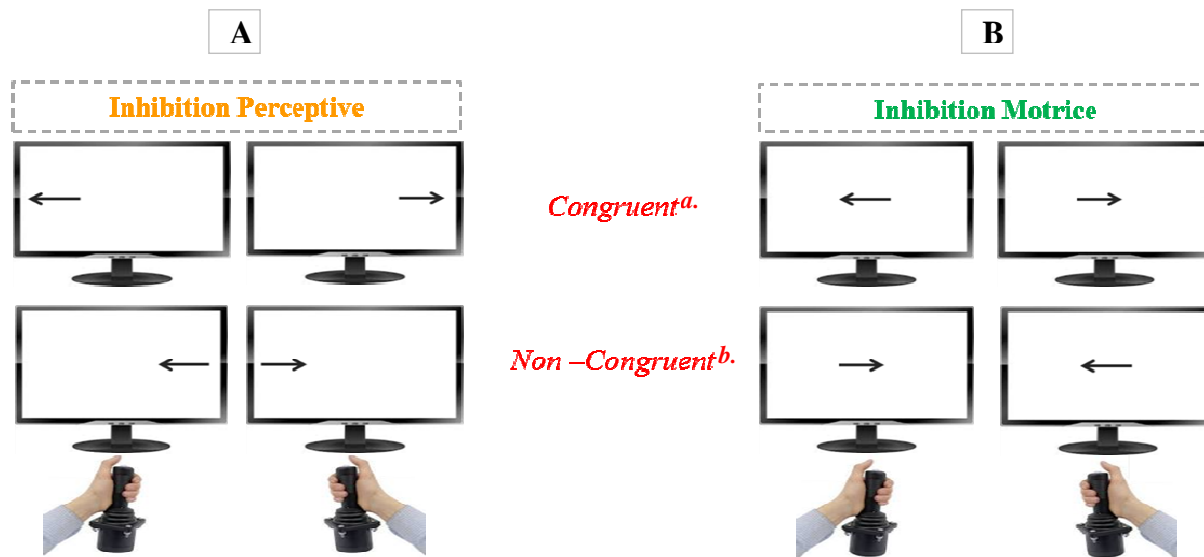


Figure 9. Illustration d'une tâche de temps de réaction de choix impliquant de l'inhibition perceptive [A] ou de l'inhibition motrice [B] développé par Jennings et al., (2011). **a.** Les conditions congruentes n'entraînent pas de conflit : les réponses motrices requises sont donc en accord avec les stimuli visuels présentés. **b.** Les conditions non-congruentes entraînent conflit car les réponses motrices requises ne sont pas en accord avec les stimuli visuels présentés.

En testant l'effet de l'âge sur les performances d'inhibition perceptive et motrice, toute une série de travaux (Jennings et al., 2011 ; Mendelson et al., 2010 ; Redfern et al., 2009) a systématiquement rapporté une différence significative entre des sujets jeunes et les sujets âgés en ce qui concerne ces deux composantes d'inhibition cognitive évaluées en configuration « assise » ; une altération des capacités d'IM et d'IP était observé chez la personne âgée. D'après Mendelson et al. (2010), ce déficit d'inhibition cognitive observé chez la personne âgée, placée en situation orthostatique (posture + tâche d'inhibition), nécessiterait que la personne âgée alloue davantage de ressources cognitives au contrôle de sa posture par rapport à une personne jeune. En outre, il est néanmoins important de noter que les TR en condition d'inhibition perceptive étaient positivement corrélés au déséquilibre postural chez la personne âgée. Aucune relation entre les TR en condition d'inhibition motrice et l'instabilité posturale n'a été observée, marquant le possible rôle (attentionnel) spécifique de l'inhibition perceptive dans la régulation posturale. Autrement dit, la repondération sensorielle

nécessaire à un contrôle postural efficient nécessiterait un contrôle inhibiteur (perceptif) efficient des informations proprioceptives (Redfern *et al.*, 2009).

Avec l'avancée en âge, la qualité des informations proprioceptives afférentes est dégradée (Brocklehurst *et al.*, 1982 ; Skinner *et al.*, 1984). Ce déficit proprioceptif observé chez la personne âgée serait, entre autres, lié à une altération des systèmes *périphériques* tels que la diminution de la sensibilité des mécanorécepteurs plantaires, facteur fortement corrélé aux paramètres fonctionnels (Menz *et al.*, 2005). Par ailleurs, il est soutenu que la personne âgée présente une moindre capacité *centrale* à compenser / ignorer les informations sensorielles non pertinentes pour la réalisation d'une tâche motrice (Sturnieks *et al.*, 2008). En appliquant des stimuli vibratoires au niveau des chevilles lors d'une tâche d'équilibre statique, Hay *et al.* (1996) ont observé que la personne âgée présentait des difficultés à remobiliser les informations proprio-musculaires une fois l'arrêt des vibrations. En d'autres termes, la personne âgée était incapable de retrouver le même niveau de contrôle de stabilité posturale, contrairement aux jeunes adultes. Aussi les altérations posturales classiquement observées chez la personne âgée ne seraient pas uniquement liées aux détériorations périphériques des systèmes sensoriels, mais également à un déficit central caractérisé par la difficulté d'intégration des informations proprioceptives et une incapacité à faire face rapidement à une quelconque privation/perturbation sensorielle (Hay *et al.*, 1996). Ce déficit proprioceptif, associé à la difficulté centrale à ignorer les informations sensorielles non pertinentes, perturberait le processus de repondération sensorielle indispensable à la résolution des conflits posturaux rencontrés.

Expérimentalement, il est possible de modifier, réduire ou rétablir les informations proprioceptives issues du complexe pieds / chevilles / muscles posturaux de manière non-invasive via l'utilisation de vibrations tendineuses localisées (VTL). La manipulation des informations proprioceptives afférentes via ces VTL modifie la représentation géométrique du corps (Longo & Haggard, 2010). Plus précisément, de par une sollicitation/excitation des fibres afférentes la, l'application de VTL entraîne une illusion de mouvement, modifiant ainsi la verticalité perçue des individus. Par exemple, un stimulus vibratoire appliqué au niveau des tendons d'Achille d'un individu se tenant debout va perturber son contrôle postural en entraînant une illusion de mouvement vers l'arrière (e.g. Adamcova & Hlavacka, 2007 ; Barberi *et al.*, 2013 ; Kavounoudias *et al.*, 1999). Les perspectives ouvertes par ces récents travaux nous ont amené à questionner les potentielles interactions entre des déficits sensorimoteurs périphériques (intrinsèques ou expérimentalement induits via des VTL) et les processus différenciés d'inhibition perceptives, mécanismes reconnus comme étant associés et potentiellement à l'origine de la dégradation du contrôle postural chez la personne âgée.

Dans ce contexte, l'objectif de ce projet de recherche est double : 1) caractériser l'impact du déclin lié à l'âge sur mécanismes centraux (i.e. fonctions exécutives) mais également périphériques (i.e. processus neurophysiologiques) à l'origine des modifications du processus de repondération des informations sensorielles nécessaires à une motricité/contrôle postural efficiente, et 2) d'investiguer la pertinence clinique

de l'évaluation conjointe de ces différents mécanismes pour discriminer plus finement le risque de chute chez la personne âgée.

Aussi quatre groupes de sujets ont été envisagés pour appréhender la part de la dysexécution et de la proprioception dans la réalisation de cette tâche d'initiation de pas :

1/ Afin d'investiguer l'impact de la qualité du processus d'inhibition sur nos variables motrices d'intérêt (e.g. temps de mouvement total d'initiation de pas), un groupe des sujets âgés (> 65ans) présentant un syndrome dysexécutif (noté Exe-) sera comparé à un groupe de sujets âgés présentant des fonctions exécutives dans la normalité (noté Exe+).

2/ Afin de caractériser l'impact d'un système proprioceptif modifié en fonction de l'âge sur le niveau de performances d'inhibition perceptive et motrice, un groupe de sujets jeunes (18-30 ans) constituera notre groupe « *contrôle proprioceptif* ». Aussi l'hypothèse d'une dégradation du niveau de performances d'inhibition (perceptive) dans un contexte proprioceptif volontairement perturbé (via la manipulation de vibrations tendineuses localisées) est également postulée chez des sujets jeunes.

3/ Enfin, il apparait que cette évaluation simultanée du contrôle postural et des processus d'inhibition cognitive constitue un outil très sensible et efficace à la discrimination des personnes âgées chuteuses vs. non-chuteuses (Schoene *et al.*, 2014). Aussi un groupe de sujets âgés chuteurs (chute non-grave dans l'année précédant l'inclusion) sera comparé à celui des sujets âgés non chuteurs Exe- et Exe+ (hypothèse : les performances d'initiation de pas, dans une configuration d'entrées proprioceptives modifiées, sont plus finement annonciatrices d'un risque accru de chute de la personne âgée).

Activité corticale et processus d'inhibition. *Investigation chez le sujet jeune et le sujet âgé sain en fonction du contexte proprioceptif*

En lien avec le projet susmentionné, ce projet de recherche ambitionne de caractériser les patrons d'activation corticale des sujets jeunes et âgés placés en situation d'équilibre dynamique (initiation de pas), en réponse à des temps de réaction de choix (avec ou sans inhibition cognitive), sans ou avec perturbation proprioceptive (via les vibrations localisées).

Collaborations : Cédric Albinet (MCF-HDR), Département de Psychologie, [Laboratoire SCoTE](#), Institut National Universitaire Champollion, Albi ; Pr. Michel Audiffren et Nounagnon Agbangla (ATER), UFR STAPS, [Centre de Recherches sur la Cognition et l'Apprentissage \(CeRCA\) \(UMR7295\)](#) (équipe « *Attention et Contrôle* »), Université de Poitiers.

Bien qu'aucune étude n'ait encore investigué les aires corticales spécifiquement recrutées lors des tâches d'inhibition perceptive et motrice, de nombreux travaux dans le domaine de la neuroimagerie (via les techniques Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle, Tomographie par Émission de Positrons, MagnétoEncéphaloGraphie) ont investigué l'activité corticale associée à une inhibition plus « globale », évaluée notamment via le test de Stroop, la tâche de Go/NoGo ou encore la tâche Flanker (e.g. Rubia *et al*, 2001 ; Turner & Spreng, 2012 ; Zhu *et al*, 2010). Par exemple, le cortex préfrontal (notamment l'aire dorsolaterale), l'aire motrice supplémentaire, le cortex cingulaire antérieur, le gyrus frontal inférieur droit ou encore les aires pariétales inférieures semblent être particulièrement impliqués dans le contrôle inhibiteur. L'effet du vieillissement sur les structures activées lors d'une tâche d'inhibition a été largement documenté dans la littérature. En effet, il est couramment rapporté que la personne âgée recrute les mêmes aires corticales qu'un jeune adulte, mais également des aires complémentaires, souvent situées dans l'hémisphère opposé (Colcombe *et al*, 2005). Ce pattern d'activation corticale, caractérisé par cette réduction de l'asymétrie hémisphérique chez les sujets âgés, refléterait une compensation du système nerveux central pour assister les régions du cortex initialement recrutées et particulièrement affectées par l'avancée en âge (Cabeza, 2002 ; Cabeza *et al*, 2002). Par ailleurs, les aires corticales impliquées dans le traitement des informations proprioceptives semblent être, pour une part, communes à celles impliquées dans l'inhibition cognitive autant chez le sujet jeune que chez le sujet âgé. En effet, l'activation du cortex somatosensoriel et du cortex moteur primaire lors du traitement proprioceptif est accompagnée, entre autres, par une activation du cortex préfrontal dorsolateral, de l'aire motrice supplémentaire, du gyrus frontal inférieur ou encore du cortex pariétal inférieur (Goble *et al*, 2011 ; Goble *et al*, 2012). Ces quelques données suggèrent que les mécanismes de traitement inhibiteur et proprioceptif engagé, pour une part, des aires corticales communes.

Détectant les changements des concentrations en oxyhémoglobine et déoxy-hémoglobine relatifs à l'activité corticale, la spectroscopie proche infrarouge (near-infrared spectroscopy, NIRS) est une technique

d'imagerie cérébrale considérée comme un outil sans risque, puisque qu'aucun champ magnétique, ni onde radiofréquence, ni encore d'injection de traceur ou de substance radioactive dans le sang ne sont utilisés. Malgré son utilisation assez récente (Meek *et al.*, 1998), la NIRS est déjà reconnue comme un outil pertinent pour l'exploration des aires corticales impliquées dans les fonctions exécutives (Morigushi & Hiraki, 2013 ; Albinet *et al.*, 2014) et plus particulièrement dans l'inhibition cognitive (e.g. Dupuy *et al.*, 2015).

Plus directement en lien avec nos contraintes posturales, Huppert *et al.* (2013) ont clairement démontré la pertinence de l'utilisation de la NRIS pour investiguer les processus cognitifs (e.g. inhibition) lors de tâches motrices attentionnellement coûteuses telles que la marche ou une initiation de pas (Koenraadt *et al.*, 2014 ; Suzuki *et al.*, 2008). En outre, des études récentes montrent des différences de performance cognitive et d'activation corticale, mesurée par la NIRS, entre les sujets jeunes et âgés (Laguë-Beauvais *et al.*, 2013, 2015 ; Ohsugi *et al.*, 2013). Aussi la sensibilité avérée de cette technique d'investigation des patrons d'activation corticale aux effets de l'âge augure de belles perspectives à plus ou moins long terme.

A court terme, en lien avec l'augmentation de l'activation préfrontale associée au traitement de stimuli visuels à partir desquels les sujets devaient initier un pas vers la droite ou la gauche (Turner *et al.*, 2013)³⁵, les conclusions de travaux très récents³⁶ suggèrent fortement la bascule d'un mode de contrôle plus automatique de l'équilibre postural vers un mode de contrôle attentionnellement coûteux avec l'avancée en âge (e.g. Baudry, 2016). En particulier, cette transition s'exprime par un fort coût cognitif nécessaire au traitement (plus déficitaire) des entrées sensorielles (i.e. moindre afflux afférent proprioceptif vers le cortex, Toledo *et al.*, 2016a, 2016b). Dans ce contexte, plusieurs étapes sont envisagées. La première consisterait à évaluer les patrons d'activation des participants jeunes et âgés en situation d'équilibre postural statique, en situation de double tâche (e.g. tâche n-back), avec et sans perturbation proprioceptive. En effet, selon Baudry (2016), le vieillissement repose davantage sur des mécanismes supraspinaux associés avec une moindre sollicitation des entrées afférentes la nécessaire au contrôle de l'activité musculaire liée à position orthostatique. Or les vibrations localisées tendineuses à hautes fréquences ont la conséquence de perturber le contrôle postural, de par une sollicitation/excitation des fibres afférentes la, entraînant une illusion de mouvement, et modifiant ainsi la verticalité perçue des individus (Adamcova & Hlavacka, 2007; Kavounoudias *et al.*, 1999). Aussi il s'agirait de caractériser un contrôle descendant supraspinal potentiellement plus marqué en condition de perturbation proprioceptive, en particulier chez la personne âgée (seconde étape). Conformément aux travaux de Huppert *et al.* (2013), nos investigations se focaliseraient en priorité sur l'aire de Brodmann 46 (cortex préfrontal dorsolatéral), et les aires de Brodmann 4 (cortex moteur primaire) et 6 (cortex prémoteur et aire

³⁵ Augmentation d'autant plus importante que les jeunes participants étaient placés en condition incongruente (i.e. à l'apparition d'une flèche orientée vers la droite, le sujet devait répondre par un pas vers la gauche)

³⁶ Travaux pour lesquels la porte d'entrée est clairement neurophysiologique.

motrice supplémentaire). En fonction des premiers résultats, une tâche d'initiation de pas (en configuration congruente vs. incongruente) pourrait être plus spécifiquement testée.

A moyens termes, les objectifs de ce projet de recherche seraient d'identifier les aires corticales spécifiquement activées lors de l'inhibition perceptive et motrice afin de déterminer si ces processus sont associés à des substrats neuroanatomiques distincts (i.e. hypothèse de Nassauer & Halperin, 2003). Dans cette même optique, étant donné que les patterns d'activation corticaux évoluent avec l'avancée en âge, il s'agirait de tester l'effet de l'âge sur les structures corticales activées par ces processus dissociés d'inhibition perceptive et motrice, et évaluer si une symétrie hémisphérique est également observée lors de ces inhibitions spécifiques. Enfin, afin de tester l'hypothèse formulée par Redfern et *al.* (2009) concernant l'implication spécifique de l'inhibition perceptive dans le traitement des informations proprioceptives, la modification de l'activité corticale lors de l'inhibition perceptive et motrice (et également les performances motrices associées), pourra être questionnée en fonction du contexte proprioceptif (neutre vs. altéré via des vibrations tendineuses localisées).

Le RAlentissement Psychomoteur comme facteur prédictif de réponse à la STimulation magnétique transcrânienne répétée (rTMS) dans les troubles DEpressifs : le projet RAPSTIDE

La stimulation magnétique transcrânienne répétée (rTMS) est une technique non invasive de neurostimulation qui constitue une alternative thérapeutique efficace dans le cadre du traitement de diverses affections psychiatriques, notamment la dépression résistante. Si les propriétés thérapeutiques de la technique ne sont plus à démontrer, de nombreuses questions restent posées sur facteurs prédictifs de réponse, ainsi que sur les paramètres optimaux à utiliser. Ce déficit de connaissances justifie l'engagement de recherches visant la confrontation de ces techniques à la réalité clinique afin de mieux caractériser les paramètres qui détermineraient des stratégies efficaces de prescription. Aussi le pari scientifique du projet de recherche présentement décliné est **d'interroger la valeur diagnostique, pronostique et heuristique du ralentissement psychomoteur dans le cadre du traitement de la dépression par rTMS.**

Porteurs du projet : Véronique Thomas-Ollivier (MCF), laboratoire « *Motricité, Interactions, Performance* » (E.A. 4334), en étroite collaboration avec les docteurs-psychiatres Anne Sauvaget et Samuel Bulteau, de l'Unité « *Addictions comportementales et troubles de l'humeur complexes* » (UIC 18) et du service « *Addictologie et Psychiatrie de liaison, Pôle Hospitalo-Universitaire de Psychiatrie et de Santé Mentale* » du Centre Hospitalo-Universitaire de Nantes.

Une demande de financement, en cours d'expertise, a été déposée auprès de la Fondation de France (107 000€, dont une allocation de thèse – 86 000€ - sur 3 ans)

Quelques éléments de contexte

Concernant 15 % de la population sur la vie entière, la dépression³⁷ est un trouble difficile à soigner, aux caractéristiques cliniques diverses (présence de symptômes psychotiques, d'un ralentissement psychomoteur, de signes somatiques, de manifestations anxieuses, d'idées suicidaires...). Sous la forme d'un handicap sévère, parfois chronique, cette maladie s'inscrit dans le temps de la vie, celui des apprentissages, de la vie affective, de la famille, de l'emploi, ou encore du vieillissement³⁸. De même, elle n'est pas sans impacter le fonctionnement cognitif. Par exemple, il a été montré que des symptômes dépressifs sévères et persistants étaient prédictifs d'un déclin cognitif et

³⁷ Considérée comme une des pathologies mentales les plus préoccupantes du vingt et unième siècle par l'Organisation Mondiale de la Santé. Par exemple, la dépression unipolaire est pressentie pour être au deuxième rang des 15 pathologies les plus fréquentes après le SIDA et avant les pathologies cardiaques ischémiques en 2030 (Mathers *et al.*, 2006).

³⁸ Selon le *Plan Psychiatrie et santé mentale 2011-2015* du ministère chargé de la santé et des solidarités, son coût annuel pourrait s'élever à 14 milliards d'euros compte tenu, entre autres, de coûts sociaux considérables par pertes de productivité : arrêt de travail, stress, suicides...

associés à un risque accru de démence (Geerlings *et al.*, 2000 ; Paterniti *et al.*, 2002). Enfin, les troubles dépressifs sévères s'accompagnent bien souvent d'anomalies motrices, caractérisées par un ralentissement psychomoteur (Widlöcher, 1983), qui se manifeste notamment par une perte d'initiation de l'action, un repli et une sédentarité importante (Teychenne *et al.*, 2008), une locomotion plus lente (Hausdorff *et al.*, 2004), un équilibre altéré (Deschamps *et al.*, 2015 ; Dumas *et al.*, 2012), et un risque accru de chuter (Kvelde *et al.*, 2013).

Malgré les progrès de la prise en charge psychothérapeutique et pharmacologique, de nombreux patients demeurent résistants aux traitements ou rechutent après une période de rémission (Paykel, 2008). Au moins 40% des patients ne répondent pas au traitement antidépresseur initial. Aussi, il convient de développer des stratégies thérapeutiques innovantes, efficaces et ciblées, pour une meilleure prise en charge de cette maladie, et tendre vers une amélioration des symptômes dépressifs, voire une rémission et guérison. **Aussi ce projet de recherche se focalise sur les liens entre les troubles du fonctionnement psychomoteur et la dépression clinique, à travers la mise en place de protocoles de recherche originaux testant l'efficacité pronostique du ralentissement psychomoteur dans le cadre d'un traitement par rTMS** (e.g. Berlim *et al.*, 2013)³⁹.

Stimulation magnétique transcrânienne répétée et dépression

En tant que technique médicale bien établie en pratique clinique dans le traitement de la dépression sévère (Lefaucheur *et al.*, 2014), la rTMS constitue aujourd'hui une option thérapeutique prometteuse d'intervention auprès des patients dépressifs dits résistants aux traitements conventionnels (psychothérapeutique, pharmacologique...). En effet, environ 60% patients dépressifs ne présentent pas de rémission suite à leur premier traitement pharmacologique antidépresseur (Rush *et al.*, 2006). En outre, 20 à 30% de ces patients présenteront une dégradation importante de leur état dépressif malgré plusieurs essais de médication et/ou d'interventions psychothérapeutiques (Berlim *et al.*, 2007).

Depuis quelques années sont apparus les traitements dits *neuro-modulateurs* (Ren *et al.*, 2014), qui s'avèrent très prometteurs, et plus particulièrement la rTMS. Cette dernière présente l'avantage d'être non invasive comparativement à d'autres méthodes comme l'électroconvulsivothérapie. Son principe opérationnel consiste en la modulation - en toute sécurité pour le patient - d'une impulsion magnétique à travers le scalp afin d'induire un champ électrique qui modifie l'activité des cibles corticales situées en regard de ce champ magnétique (Daskalakis *et al.*, 2008; Fitzgerald & Daskalakis, 2011). Appliquée de façon répétée, la rTMS a pour objectif de modifier de façon durable l'activité

³⁹ Au travers d'une méta-analyse de 29 essais cliniques contrôlés randomisés (soit 1371 patients dépressifs), les auteurs rapportent 29,3% de répondeurs positifs et 18,6% de patients en rémission suite à 13 sessions de rTMS.

neuronale de la région visée par l'émission de plusieurs séries d'impulsions pendant un intervalle de temps donné. Si la détermination des paramètres optimaux⁴⁰ de stimulation constitue l'un des enjeux méthodologiques de recherche, les effets antidépresseurs de cette technique neuro-modulatoire sont pleinement reconnus dans la littérature scientifique récente (e.g., Kedzior *et al.*, 2015). En dépit de cette efficacité avérée, la rTMS constitue une technique d'intervention nécessitant du matériel lourd, couteux et du personnel qualifié, en plus d'un engagement quotidien important de la part des patients dépressifs volontaires pour suivre ce protocole de traitement. De plus, l'efficacité de la rTMS est encore difficile à prédire (George *et al.*, 2009; Fitzgerald, 2010). A cet égard, il nous est apparu cohérent de pouvoir disposer d'outils d'aide à la décision afin d'optimiser la mise en place de stratégies de prise en charge, et de permettre une meilleure allocation des moyens associés à la rTMS.

Parions sur le ralentissement psychomoteur, notre porte d'entrée

Parmi les neuf symptômes d'une dépression sévère (tristesse, difficulté de concentration, troubles du sommeil et l'appétit, chute de l'estime de soi, comportement suicidaire...), *le ralentissement psychomoteur* est considéré par Widlöcher (1983) comme jouant un rôle central dans la dépression. Il ne traduit pas seulement des troubles de la fonction motrice (locomotion, maintien postural, coordination gestuelle), mais aussi et de façon corrélée des troubles de l'activité cognitive (vitesse de traitement des informations, fonctions exécutives...) et de l'activité verbale (tonus vocal, longueur et fluidité des énoncés, mélodie...) (voir Bennabi *et al.*, 2013 pour une revue).

Actuellement, ce ralentissement psychomoteur se caractérise via l'observation directe du comportement du patient. En effet, plusieurs échelles hétéro-administrées par le médecin-psychiatre mesurent le niveau de sévérité du ralentissement psychomoteur (e.g. Echelle De Ralentissement Dépressif [ERD] (Widlocher, 1980, 1981); Montgomery and Asberg Depression Rating Scale [MADRS] (Montgomery & Asberg, 1979). Toutefois, l'analyse du comportement observable ne permet pas de quantifier la nature précise du ralentissement psychomoteur, et tend à minimiser l'importance de ce symptôme dans la dépression (Caligiuri & Ellwanger, 2000). Pourtant, une littérature récente relève tout l'intérêt d'une analyse fine du ralentissement pour mieux comprendre la maladie (Bennabi *et al.*, 2013 ; Berlim *et al.*, 2013), et contribuer à des traitements mieux adaptés, ciblés et personnalisés.

⁴⁰ Fréquence de stimulation, nombre et durée des trains, intervalle entre deux trains d'impulsions, nombre et durée des séances et localisation corticale.

Classiquement, la cible corticale choisie pour la rTMS dans le traitement de la dépression est le cortex préfrontal dorsolatéral. Ce choix est issu de travaux en neuroimagerie mettant en évidence l'existence d'une diminution du débit sanguin cérébral et de la consommation de glucose et d'oxygène dans les régions frontales gauches et une augmentation à droite (Bench *et al.*, 1995 ; Tremblay *et al.*, 2005). Aussi une stimulation à haute fréquence (10 Hz) du cortex préfrontal dorsolatéral gauche améliore les symptômes dépressifs, en augmentant le niveau d'activité trop faible de cette zone (George *et al.*, 2010). Il a aussi été montré qu'une stimulation inhibitrice à basse fréquence (1 Hz)⁴¹ dans l'hémisphère droit donnait des résultats comparables (Pallanti *et al.*, 2010 ; Rossini *et al.*, 2010 ; Chen *et al.*, 2013).

En parallèle, il est important de rappeler que les aires corticales ciblées dans le traitement de la dépression (aires de Brodmann 9 et 46) sont aussi impliquées dans le bon fonctionnement cognitif, et plus généralement les fonctions exécutives. Aussi, bien qu'encore mal compris, des déficits cognitifs sont très régulièrement identifiés chez les patients atteints de dépression clinique (Elliot, 2003). Ces données suggèrent une origine psychopathologique commune qui sous tendrait, dans certaines formes de dépression, des dysfonctionnements moteurs, cognitifs et affectifs impliquant – entre autres - le système dopaminergique (Strafella *et al.*, 2003). En outre, aucun consensus sur les relations entre le ralentissement psychomoteur et la sévérité de la dépression ne s'est dégagé à ce jour. Si certaines études ont mis en évidence une corrélation positive (Lemke *et al.*, 1999 ; Pier *et al.*, 2004), d'autres travaux montrent un lien plus important entre le ralentissement et les évaluations neuropsychologiques du fonctionnement cognitif qu'entre le ralentissement et la sévérité des symptômes dépressifs (Loo *et al.*, 2008).

Aussi, l'ensemble de ces résultats montre toute l'importance fonctionnelle de mesures objectives du ralentissement psychomoteur dans la dépression afin de mieux en comprendre sa psychopathologie et d'apporter des traitements plus adaptés et efficaces (i.e. meilleur rapport coûts/bénéfices) à la diversité des modalités d'expression de cette pathologie

Ralentissement psychomoteur, rTMS et dépression

A ce jour, les effets du ralentissement psychomoteur sur l'efficacité de la rTMS n'ont été que très peu interrogés, et l'efficacité précise de cette technique sur le ralentissement psychomoteur n'a pas été

⁴¹ Globalement, des fréquences égales ou inférieures à 1 Hz sont considérées comme inhibitrices (i.e. réduction de l'excitabilité corticale de l'aire visée), alors que des fréquences supérieures à 5 Hz sont considérées être excitatrices (Hallett, 2000).

objectivée. A notre connaissance, seule trois études ont évalué l'effet de la rTMS⁴² sur ce symptôme (évalué par les échelles type ERD ou MADRS) : deux mettent en évidence un effet positif de la stimulation (Baecken *et al.*, 2010 ; Hoepfner *et al.*, 2003), pour aucun effet observé dans la troisième étude (Hoepfner *et al.*, 2010). Ces résultats quelque peu divergents seraient principalement liés à l'hétérogénéité des protocoles (population, intensité et durée de la stimulation, polypharmacie...). Ce point implique la mise en œuvre d'essais cliniques contrôlés randomisés en double aveugle, avec suivi prospectif. De plus, outre le nombre peu important d'études, ces dernières n'ont pas utilisé de tests objectifs du ralentissement psychomoteur mais les échelles classiques d'hétéro-évaluation.

Aussi il nous est apparu essentiel d'objectiver le ralentissement psychomoteur à travers l'enregistrement de différentes performances motrices et/ou cognitives, afin d'en appréhender leur sensibilité à la rTMS dans la dépression. Autrement dit, **ce projet a pour objectifs d'identifier les signatures motrices et/ou cognitives, prédictives d'une réponse positive à la rTMS dans la prise en charge des troubles dépressifs sévères** (Calugi *et al.*, 2011 ; Schrijvers *et al.*, 2008).

Une première étape exploratoire a déjà validé l'acceptabilité et la faisabilité de ce type de mesures (posture, marche, tâche vitesse motrice, force de préhension manuelle, tâches de temps de réaction, fluence verbale...) en milieu clinique (Thomas-Ollivier, Deschamps *et al.*, 2016 [A25]*). Dans un second temps (*en cours*), il s'agissait de préciser cette batterie en sélectionnant les tests les plus sensibles (e.g. équilibre postural en situation de double tâche), et de questionner leur valeur prédictive dans le cadre d'un traitement par rTMS (Deschamps *et al.*, 2016 [31]*).

La prochaine étape sera d'analyser les effets d'un protocole de traitement par rTMS sur l'évolution de ce symptôme psychomoteur objectivé. La durée du projet envisagé est de 36 mois, intégrant une période d'inclusion de 24 mois pour le recrutement d'au moins 60 patients. La durée du traitement par rTMS est de 4 semaines par patient ; des évaluations à t_0 , $t_{+4\text{semaines}}$, et $t_{+8\text{semaines}}$ sont envisagées. A plus long terme, sur la base des résultats attendus de la première étude⁴³, il s'agira de valider le modèle prédictif du statut psychomoteur initial des patients sur l'efficacité de la rTMS à partir d'une cohorte indépendante de patients dépressifs.

⁴² Toutes à hautes fréquences au niveau du cortex dorsolatéral préfrontal gauche.

⁴³ Des analyses type régressions logistiques seront mobilisées afin de spécifier l'association entre l'efficacité de la rTMS sur les symptômes dépressifs (variable dépendante) et les caractéristiques de base des patients incluant les capacités psychomotrices. Des analyses ROC et ODDS ratio permettront l'élaboration d'un modèle d'association et l'évaluation des facteurs préventifs des capacités psychomotrices sur la dépression. Ensuite la validité prédictive de ce modèle sera directement testée lors de cette deuxième étude menée avec une nouvelle cohorte de patients dépressifs, indépendants.

Bibliographie

- Abernethy, B. (1988). Dual-task methodology and motor skill research: some applications and methodological constraints. *Journal of Human Movement Studies*, 14, 101-132.
- Adamcova, N., & Hlavacka, F. (2007). Modification of human postural responses to soleus muscle vibration by rotation of visual scene. *Gait & Posture*, 25, 99-105.
- Albinet, C., Mandrick, K., Bernard, P.L., Perrey, S., & Blain, H. (2014). Improved cerebral oxygenation response and executive performance as a function of cardiorespiratory fitness in older women: a fNIRS study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6:272.
- Allan, L.M., Ballard, C.G., Burn, D.J., & Kenny, R.A. (2005). Prevalence and severity of gait disorders in Alzheimer's and non-Alzheimer's dementias. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53, 1681-87.
- Andres, P., & Van der Linden, M. (2000). Age-related differences in supervisory attentional system functions. *Journal of Gerontology. Serie B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 55, 373-80.
- Aouba, A., Eb, M. Rey, G., Pavillon, G., & Jouglu, E. (2011). Données sur la mortalité en France : principales causes de décès en 2008 et évolutions depuis 2000. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, 22, 249-255.
- Arfken, C.L., Lach, H.W., Birge, S.J., & Miller, J.P. (1994). The prevalence and correlates of fear of falling in elderly persons living in the community. *American Journal of Public Health*, 84, 565-70.
- Atkinson, H.H., Rosano, C., Simonsick, E.M., Williamson, J.D., Davis, C., Ambrosius W.T., Rapp S.R., et al. (2007) Cognitive function, gait speed decline, and comorbidities: the health, aging and body composition study. *Journal of Gerontology. Serie A, Biological sciences and medical science*, 62, 844-50.
- Auvinet, B., Berrut, G., Touzard, C., Moutel, L., Collet, N., Chaleil, D., & Barrey, E. (2002). Reference data for normal subjects obtained with an accelerometric device. *Gait & Posture*, 16, 124-134.
- Auvinet, B., Berrut, G., Touzard, C., Moutel, L., Collet, N., Chaleil, D., & Barrey, E. (2003) Gait Abnormalities in Elderly Fallers. *Journal of Aging and Physical Activity*, 11, 40-52.
- Auvinet, B., Chaleil, D., & Barrey, E. (1999). Accelerometric gait analysis for use in hospital outpatients. *Revue de Rhumatisme (English Edition)*, 66, 389-97.
- Barbieria, G., Gissotb, A.S., Nougiera, V., & Pérennou, D. (2013). Achilles tendon vibration shifts the center of pressure backward in standing and forward in sitting in young subjects. *Clinical Neurophysiology*, 43, 237-242.
- Baudry S. (2016). Aging Changes the Contribution of Spinal and Corticospinal Pathways to Control Balance. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 44, 104-9.
- Beauchet, O., Allali, G., Thiery, S., Gautier, J., Fantino, B., & Annweiler, C. (2011). Association between high variability of gait speed and mild cognitive impairment: a cross-sectional pilot study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 59, 1973-1974.
- Beauchet, O., Annweiler, C., Callisaya, M.L., De Cock, A.M., Helbostad, J.L., Kressig, R.W. et al. (2016). Poor Gait Performance and Prediction of Dementia: Results from a Meta-Analysis. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17, 482-490.
- Beauchet, O., & Berrut, G. (2006). Marche et double tâche : définition, intérêts et perspectives chez le sujet âgé. *Psychol NeuroPsychiatr Vieil*, 4, 215-225.
- Bench, C.J., Frackowiak, R.S., & Dolan, R.J. (1995). Changes in regional cerebral blood flow on recovery from depression. *Psychological Medicine*, 25, 247-261.
- Bennabi, J., Vandell, P., Papaxanthis, C., Pozzo, T., & Haffen, E. (2013). Psychomotor Retardation in Depression: A systematic Review of Diagnostic, Pathophysiologic, and Therapeutic Implications. *BioMed Research International*, 1-18.
- Berlim, M.T., & Turecki, G. (2007). Definition, assessment, and staging of treatment-resistant refractory major depression: a review of current concepts and methods. *Canadian Journal of Psychiatry*, 52, 46-54.
- Berlim, M.T., Van den Eynde, F., Tovar-Perdomo, S., & Daskalakis, Z.J. (2013). Response, remission and drop-out rates following high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) for treating major depression: a systematic review and meta-analysis of randomized, double-blind and sham-controlled trials. *Psychological Medicine*, 18, 1-15.
- Bhalla, M., & Proffitt, D.R. (1999). Visual-motor recalibration in geographical slant perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 1076-1096.

- Blanchette, A., Moffet, H., Roy, J., & Bouyer, L.J. (2012). Effects of repeated walking in a perturbing environment: a 4-day locomotor learning study. *Journal of Neurophysiology*, *108*, 275–284.
- Ble, A., Volpato, S., Zuliani, G., Guralnik, J.M., Bandinelli, S., Lauretani, F., Bartali, B., et al. (2005) Executive function correlates with walking speed in older persons: The InCHIANTI study. *Journal of the American Geriatrics Society*, *53*, 410–5.
- Bloch, F., Thibaud, M., Tournoux-Facon, C., Brèque, C., Rigaud, A.S., Dugué, B., & Kemoun, G. (2013). Estimation of the risk factors for falls in the elderly: can meta-analysis provide a valid answer? *Geriatrics & Gerontology International*, *13*, 250-63.
- Boyle, P.A., Wilson, R.S., Aggarwal, N.T., Tang, Y., & Bennett, D.A. (2006). Mild cognitive impairment: risk of Alzheimer disease and rate of cognitive decline. *Neurology*, *67*, 441-45.
- Brach, J.S., Berlin, J.E., Van Swearingen, J.M., Newman, A.B., & Studenski, S.A. (2005). Too much or too little step width variability is associated with a fall history in older persons who walk at or near normal gait speed. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *2*, 21.
- Brocklehurst, J.C., Robertson, D., & James-Groom, P. (1982). Clinical correlates of sway in old age-sensory modalities. *Age & Ageing*, *11*, 1–10.
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in old adults: HAROLD model. *Psychology and Aging*, *17*, 85-100.
- Cabeza, R., Anderson, N.D., Locantore, J.K., & McIntosh, A.R. (2002). Aging gracefully: compensatory brain activity in high-performing older adults. *Neuroimage*, *17*, 1394-402.
- Caligiuri, M.P., & Ellwanger, J. (2000). Motor and cognitive aspects of motor retardation in depression. *Journal of Affective Disorders*, *57*, 83-93.
- Calugi, S., Cassano, G.B., Litta, A., et al. (2011). Does psychomotor retardation define a clinically relevant phenotype of unipolar depression? *Journal of Affective Disorders*, *129*, 296-300.
- Camicioli, R., Howieson, D., Oken, B., Sexton, G., & Kaye, J. (1998). Motor slowing precedes cognitive impairment in the oldest old. *Neurology*, *50*, 1496-98.
- Chen, J., Zhou, C., Wu, B., et al. (2013). Left versus right repetitive transcranial magnetic stimulation in treating major depression: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Psychiatry Research*, *210*, 1260-1264.
- Colcombe, S., Kramer, A., Erickson, K., & Scalf P. (2005). Implications of Cortical Recruitment and Brain Morphology for Individual Differences in Inhibitory Function in Aging Humans. *Psychology and Aging*, *20*, 363-75.
- Cook, W.L., Tomlinson, G., Donaldson, M., et al. (2006). Falls and fall-related injuries in older dialysis patients. *Clinical Journal of American Society Nephrology*, *1*, 1197–1204.
- Daskalakis, Z.J., Levinson, A.J., & Fitzgerald, P.B. (2008). Repetitive transcranial magnetic stimulation for major depressive disorder: a review. *Canadian Journal of Psychiatry*, *53*, 555–566.
- Delignières, D., Torre, K., & Bernard, P-L. (2011). Transition from persistent to anti-persistent correlations in postural sway indicates velocity-based control. *PLoS Computational Biology*, *7*, 2.
- Di Russo, F., Taddei, F., Apnile, T., & Spinelli, D. (2006). Neural correlates of fast stimulus discrimination and response selection in top-level fencers. *Neuroscience Letters*, *408*, 113-118.
- Doumas, M., & Krampe, R.T. (2010). Adaptation and reintegration of proprioceptive information in young and older adults' postural control. *Journal of Neurophysiology*, *104*, 1969-1977.
- Doumas, M., Smolders, C., Brunfaut, E., Bouckaert, F., & Krampe, R.T. (2012). Dual task performance of working memory and postural control in major depressive disorder. *Neuropsychology*, *26*, 110-118.
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I., & Pillon, B. (2000). The FAB: a Frontal Assessment Battery at bedside. *Neurology*, *55*, 1621-6.
- Dupuy, O., Gauthier, C.J., Fraser, S.A., Desjardins-Crèpeau, L., Desjardins, M., Mekary, S., Lesage F., et al. (2015). Higher levels of cardiovascular fitness are associated with better executive function and prefrontal oxygenation in younger and older women. *Frontiers in Human Neuroscience*, *9*:66.
- Elliot, R. (2003). Executive functions and their disorders. *British Medical Bulletin*, *65*, 49–59.
- Fitzgerald, P.B. (2010). Repetitive transcranial magnetic stimulation treatment for depression: lots of promise but still lots of questions. *Brain Stimulation*, *2*, 185-187.
- Fitzgerald, P.B. & Daskalakis, Z.J. (2011). The effects of repetitive transcranial magnetic stimulation in the treatment of depression. *Expert review of Medical Devices*, *8*, 85-95.
- Folstein, M.F., Folstein, S.E., & McHugh, P.R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*, 189-198.
- Fouque, D., Kalantar-Zadeh, K., Kopple, J., et al. (2008). A proposed nomenclature and diagnostic criteria for protein-energy wasting in acute and chronic kidney disease. *Kidney International*, *73*, 391-8.

- Fouque, D., Vennegoor, M., ter Wee, P., Wanner, C., Basci, A., Canaud, B., Haage, P., *et al.* (2007). EBP guideline on nutrition. *Nephrology, Dialysis, Transplantation*, 22, ii45-87.
- Franssen, E.H., Souren, L.E., Torossian, C.L., & Reisberg, B. (1999). Equilibrium and limb coordination in mild impairment and mild Alzheimer's disease. *Journal of the American Geriatrics Society*, 47, 463-469.
- Geerlings, M., Schoevers, R., Beekman, A., *et al.* (2000). Depression and risk of cognitive decline and Alzheimer's disease. Results of two prospective community-based studies in The Netherlands. *British Journal of Psychiatry*, 176, 568-575.
- George, M.S., Lisanby, S.H., Avery, D., McDonald, W.M., Durkalski, V., Pavlicova, M., & Zarkowski, P. (2010). Daily left prefrontal transcranial magnetic stimulation therapy for major depressive disorder: a sham controlled randomized trial. *Archives of General Psychiatry*, 67, 507-516.
- George, M.S., Padberg, F., Schlaepfer, T.E., O'Reardon, J.P., Fitzgerald, P.B., Nahas, Z.H., & Marcolin, M.A. (2009). Controversy: repetitive transcranial magnetic stimulation or transcranial direct current stimulation shows efficacy in treating psychiatric diseases (depression, mania, schizophrenia, obsessive-compulsive disorder, panic, posttraumatic stress disorder). *Brain Stimulation*, 2, 14-21.
- Gillespie, L.D., Robertson, M.C., Gillespie, W.J., Sherrington, C., Gates, S., Clemson, L.M., & Lamb, S.E. (2012). Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database of Systemic Reviews*, 9, CD007146.
- Goble, D., Coxon, J., Van Impe, A., Geurts, M., Doumas, M., Wenderoth, N., & Swinnen S. (2011). Brain activity during ankle proprioception stimulation predicts balance performance in young and older adults. *Journal of Neuroscience*, 31, 1644-52.
- Goble, D., Coxon, J., Van Impe, A., Geurts, M., Hecke, W., Sunaert, S., Wenderoth, N., & Swinnen S. (2012). The Neural Basis of Central Proprioceptive Processing in Older Versus Younger Adults: An Important Sensory Role for Right Putamen. *Human Brain Mapping*, 33, 895-908.
- Greiner, M., Pfeiffer, D., & Smith, R.D. (2000). Principals and practical application of the receiver operating characteristic analysis for diagnostic tests. *Preventive Veterinary Medicine*, 45, 23-41.
- Hackney, A. L., & Cinelli, M. E. (2013). Older adults are guided by their dynamic perceptions during aperture crossing. *Gait & Posture*, 37, 93-97.
- Hallett, M. (2000). Transcranial magnetic stimulation and the human brain. *Nature*, 406, 147-150.
- Hausdorff, J.M., Peng, C-K., Goldberger, A.L., *et al.* (2004). Gait unsteadiness and fall risk in two affective disorders: a preliminary study. *BMC Psychiatry*, 24, 4-39.
- Hay, L., Bard, C., Fleury, M., & Teasdale, N. (1996). Availability of visual and proprioceptive afferent messages and postural control in elderly adults. *Experimental Brain Research*, 108, 129-39.
- Higham, D.G., Hopkins, W.G., Pyne, D.B., & Anson, J.M. (2014). Performance indicators related to points scoring and winning in international rugby sevens. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13, 358-364.
- Hijazi, M.M. (2013). Attention, Visual Perception and their Relationship to Sport Performance in Fencing. *Journal of Human Kinetics*, 39, 195-201.
- Horak, F.B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age & Ageing*, 35, ii7-ii11.
- Horak, F.B., & Macpherson, J.M. (1996). Postural orientation and equilibrium. In: *Handbook of Physiology. Exercise: Regulation and Integration of Multiple Systems*, edited by L.B. Rowell and J.T. Shepherd. New York: Oxford, sect. 12, p. 255-292.
- Huppert, T., Schmidt, B., Beluk, N., Furman, J., & Sparto, P. (2013). Measurement of brain activation during an upright stepping reaction task using functional near-infrared spectroscopy. *Human Brain Mapping*, 34, 2817-28.
- Ingham, S.A., Whyte, G.P., Jones, K., & Nevill, A.M. (2002). Determinants of 2,000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *European Journal of Applied Physiology*, 88, 243-246.
- Jeka, J., Kiemel, T., Creath, R., Horak, F., & Peterka, R. (2004). Controlling human upright posture: velocity information is more accurate than position or acceleration. *Journal of Neurophysiology*, 92, 2368-2379.
- Johansen, K.L., Shubert, T., Doyle, J., Soher, B., Sakkas, G.K., & Kent-Braun, J.A. (2003). Muscle atrophy in patients receiving hemodialysis: Effects on muscle strength, muscle quality, and physical function. *Kidney International*, 63, 291-297.
- Kalantar-Zadeh, K., Kopple, J.D., Block, G., & Humphreys, M.H. (2001). Association among SF36 quality of lifemeasures and nutrition, hospitalization, and mortality in hemodialysis. *Journal of American Society Nephrology*, 12, 2797-806.
- Kavounoudias, A., Gilhodes, J.C., Roll, R., & Roll, J.P. (1999). From balance regulation to body orientation: two goals for muscle proprioceptive information processing? *Experimental Brain Research*, 124, 80-88.
- Kedzior, K. K., Reitz, S. K., Azorina, V., & Loo, C. (2015). Durability of the antidepressant effect of the high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) in the absence of maintenance treatment in major depression: a

- systematic review and meta-analysis of 16 double-blind, randomized, sham-controlled trials. *Depression and Anxiety*, 32, 193-203.
- Kerr B., Condon S.M., & McDonald L.A. (1985). Cognitive spatial processing and the regulation of posture. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 11, 617-22.
- Koenraadt, K.L., Roelofsen, E.G., Duysens, J., & Keijsers N.L. (2014). Cortical control of normal gait and precision stepping: an fNIRS study. *Neuroimage*, 85, 415-22.
- Kotsiantis, S.B. (2007). Supervised machine learning: a review of classification techniques. *Informatica*, 31, 249-268.
- Kvelde, T., McVeigh, C., Toson, B., Greenaway, M., Lord, S.R., Delbaere, K., & Close J.C. (2013). Depressive symptomatology as a risk factor for falls in older people: systematic review and meta-analysis. *Journal of American Geriatrics Society*, 61, 694-706.
- Laguë-Beauvais, M., Brunet, J., Gagnon, L., Lesage, F., & Bherer L. (2013). A fNIRS investigation of switching and inhibition during the modified Stroop task in younger and older adults. *Neuroimage*, 64, 485-95.
- Laguë-Beauvais, M., Fraser, S.A., Desjardins-Crépeau, L., Castonguay, N., Desjardins, M., Lesage, F., & Bherer, L. (2015). Shedding light on the effect of priority instructions during dual-task performance in younger and older adults: A fNIRS study. *Brain and Cognition*, 98, 1-14.
- Leandri, M., Cammisuli, S., Cammarata, S., Baratto, L., Campbell, J., Simonini, M., Tabaton, M. (2009). Balance features in Alzheimer's disease and amnesic mild cognitive impairment. *Journal of Alzheimer's Disease*, 16, 113-20.
- Lemke, M.R., Puhl, P., Koethe, N., & Winkler, T. (1999). Psychomotor retardation and anhedonia in depression. *Acta Psychiatrica Scandinavia*, 99, 252-256.
- Lezak, M.D. (2004). *Neuropsychological assessment*. New York: Oxford University Press.
- Li, S.C., Lindenberger, U., & Sikström, S. (2001). Aging cognition: from neuromodulation to representation. *Trends in Cognitive Sciences*, 5, 479-486.
- Li, S.C., & Sikström, S. (2002). Integrative neurocomputational perspectives on cognitive aging, neuromodulation, and representation. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26, 795-808.
- Lindle, R.S., Metter, E.J., Lynch, N.A., Fleg, J.L., Fozard, J.L., Tobin, J., Roy, T.A., & Hurley, B.F. (1997). Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20–93 yr. *Journal of Applied Physiology*, 83, 1581–1587.
- Longo, M.R., & Haggard, P. (2010). An implicit body representation underlying human position sense. *Proceedings of National Academy of Sciences of the USA*. 107, 11727-32.
- Loo, C.K., Sachdev, P.S., Haindl, W., Wen, W., Mitchell, P.B., Croker, V.M., & Malhi, G.S. (2003). High (15 Hz) and low (1 Hz) frequency transcranial magnetic stimulation have different acute effects on regional cerebral blood flow in depressed patients. *Psychological Medicine*, 33, 997-1006.
- Luyat, M., Domino, D., & Noël, M. (2008). Surestimer ses capacités peut-il conduire à la chute ? Une étude sur la perception des affordances chez la personne âgée. *Psychologie et Neuropsychiatrie du Vieillissement*, 6, 287-97.
- Maki, B.E. (1997). Gait changes in older adults: predictors of falls or indicator of fear? *Journal of the American Geriatrics Society*, 45, 313-320.
- Mathers, C.D., & Loncar, D. (2006). Projections of global mortality and burden of disease from 2002 to 2030. *PLoS Medicine*, 3, e442.
- Mendelson, D., Redfern, M., Nebes, R., & Jennings, J. (2010). Inhibitory processes relate differently to balance/reaction time dual tasks in young and older adults. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, neuropsychology and cognition*, 17, 1-18.
- Menz, H.B., Morris, M.E., & Lord, S.R. (2005). Foot and ankle characteristics associated with impaired balance and functional ability in older people. *Journal of Gerontology. Serie A, Biological sciences and medical science*, 60, 1546-52.
- Mirelman, A., Herman, T., Brozgol, M., Dorfman, M., Sprecher, E., Schweiger A, Giladi N, et al. (2012). Executive Function and Falls in Older Adults: New Findings from a Five-Year Prospective Study Link Fall Risk to Cognition. *PLoS ONE*, 7, e40297.
- Miyake, A. Friedman, N.P. Emerson, M.J. Witzki, A.H., & Howerter, A. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- Montero-Odasso, M., Bherer, L., Studenski, S., Gopaul, K., Oteng-Amoako, A., Woolmore-Goodwin, S., & Stoole, P., et al. (2015). Mobility and Cognition in Seniors. Report from the 2008 Institute of Aging (CIHR) Mobility and Cognition Workshop. *Canadian Geriatrics Journal*, 18, 159-67.
- Montero-Odasso, M., Verghese, J., Beauchet, O., & Hausdorff, J.M. (2012). Gait and cognition: a complementary approach to understanding brain function and the risk of falling. *Journal of the American Geriatrics Society*, 60, 2127-36.
- Montgomery, S.A., & Asberg, M. (1979). A new depression scale designed to be sensitive to change. *British Journal of Psychiatry*, 134, 382-89.

- Morigushi, Y., & Hiraki, K. (2013). Prefrontal cortex and executive function in young children: a review of NIRS studies. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7:867.
- Morris, J.C., Rubin, E.H., Morris, E.J., & Mandel, S.A. (1987). Senile dementia of the Alzheimer's type: An important risk factor for serious falls. *Journal of Gerontology*, 42, 412–417.
- Muir, S.W., Gopaul, K., & Montero Odasso, M.M. (2012). The role of cognitive impairment in fall risk among older adults: a systematic review and meta-analysis. *Age and Ageing*, 41, 299–308.
- Nashner, L.M., & Berthoz, A. (1978). Visual contribution to rapid motor responses during posture control. *Brain Research*, 150, 403–407.
- Nassauer, K.W., & Halperin, J.M. (2003). Dissociation of perceptual and motor inhibition processes through the use of novel computerized conflict tasks. *Journal of International Neuropsychological Society*, 9, 25–30.
- Öberg, T., Karsznia, A., & Öberg, K. (1993). Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 30, 210-23.
- Öberg, T., Karsznia, A., & Öberg, K. (1994). Joint angle parameters in gait: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 31, 199-213.
- Ohsugi, H., Ohgi, S., Shigemori, K., & Schneider, E.B. (2013). Differences in dual-task performance and prefrontal cortex activation between younger and older adults. *BMC Neuroscience*, 14:10.
- Ortega, E., Villarejo, D., & Palao, J.M. (2009). Differences in game statistics between winning and losing rugby teams in the six nations tournament. *Journal of Sports Science & Medicine*, 8, 523-527.
- Pallanti, S., Bernardi, S., Di Rollo, A., Antonini, S., & Quercioli, L. (2010). Unilateral low frequency versus sequential bilateral repetitive transcranial magnetic stimulation: is simpler better for treatment of resistant depression? *Neuroscience*, 167, 323-328.
- Park, D.C., Smith, A.D., Lautenschlager, G., Earles, J.L., Frieske, D., Zwahr, M., & Gaines, C.L. (1996). Mediators of long-term memory performance across the life span. *Psychology and Aging*, 11, 621-37.
- Paterniti, S., Verdier-Taillefer, M.H., Dufouil, C., & Alperovitch, A. (2002). Depressive symptoms and cognitive decline in elderly people. Longitudinal study. *British Journal of Psychiatry*, 181, 406-10.
- Paykel, E.S. (2008). Partial remission, residual symptoms, and relapse in depression. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 10, 431-7.
- Petersen, R.C. (2012). New clinical criteria for the Alzheimer's disease spectrum. *Minnesota Medicine*, 95, 42-45.
- Phillips, L.H., & Della Sala, S. (1988). Aging, intelligence and anatomical segregation in the frontal lobes. *Learning and Individual Differences*, 10, 217-243.
- Pier, M.P., Hulstijn, W., & Sabbe, B.G. (2004). No psychomotor slowing in fine motor tasks in dysthymia. *Journal of Affective Disorders*, 83, 109-20.
- Redfern, M., Jennings, J.R., Martin, C., & Furman, J. (2001). Attention influences sensory integration for postural control in older adults. *Gait & Posture*, 14, 211–216.
- Redfern, M., Jennings, R., Mendelson, D., & Nebes, R. (2009). Perceptual inhibition is associated with sensory integration in standing postural control among older adults. *Journal of Gerontology. Serie B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 64, 569-76.
- Redfern, M., Müller, M., Jennings, J., & Furman, J. (2002). Attentional dynamics in postural control during perturbations in young and older adults. *Journal of Gerontology. Serie A, Biological sciences and medical science*, 57, 298-303.
- Ren, J., Li, H., Palaniyappan, L., Liu, H., Wang, J. L., C., & Rossini, P.M. (2014). Repetitive transcranial magnetic stimulation versus electroconvulsive therapy for major depression: A systematic review and meta-analysis. *Progress in Neuro-Psychopharmacology & Biological Psychiatry*, 51, 181–189.
- Robinovitch, S.N., Feldman, F., Yang, Y., Schonnop, R., Leung, P.M., Sarraf, T., Sims-Gould, J., & Loughin M. (2013). Video capture of the circumstances of falls in elderly people residing in long-term care: an observational study. *Lancet*, 381, 47-54.
- Rolland, Y., Abellan van Kan, G., Nourhashemi F., Andrieu, S., Cantet C., Guyonnet-Gillette, S., & Vellas, B. (2009). An abnormal "one-leg balance" test predicts cognitive decline during Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 16, 525-31.
- Rosano, C., Aizenstein, H., Brach, J., Longenberger, A., Studenski, S., & Newman, A.B. (2008). Special Article: Gait measures indicate underlying focal gray matter atrophy in the brain of older adults. *Journal of Gerontology. Serie A, Biological sciences and medical science*, 63, 1380-88.
- Rosano C, Brach J, Longstreth Jr WT, & Newman, A.B. (2006). Quantitative measures of gait characteristics indicate prevalence of underlying subclinical structural brain abnormalities in high-functioning older adults. *Neuroepidemiology*, 26, 52-60.

- Rossini, D., Lucca, A., Magri, L., Malaguti, A., Smeraldi, E., Colombo, C., & Zanardi, R. (2010). Asymptom-specific analysis of the effect of high-frequency left or low-frequency right transcranial magnetic stimulation over the dorsolateral pre-frontal cortex in major depression. *Neuropsychobiology*, *62*, 91-97.
- Rubenstein, L.Z., & Josephson, K.R. (2002). The epidemiology of falls and syncope. *Clinics in Geriatric Medicine*, *18*, 141-158.
- Rubia, K., Russell, T., Overmeyer, S., Brammer, M., Bullmore, E., Sharma, T., Simmons, A., *et al.* (2001). Mapping motor inhibition: conjunctive brain activations across different versions of the go/no-go and stop tasks. *NeuroImage*, *13*, 250-261.
- Rush, A.J., Trivedi, M.H., Wisniewski, S.R. *et al.* (2006). Acute and longer-term outcomes in depressed outpatients requiring one or several treatment steps: a STAR*D report. *American Journal of Psychiatry*, *163*, 1905-1917.
- Sanders, J.B., Bremner, M.A., Deeg, D.J., & Beekman, A.T. (2012). Do depressive symptoms and gait speed impairment predict each other's incidence? A 16-year prospective study in the community. *Journal of the American Geriatrics Society*, *60*, 1673-1680.
- Schrijvers, D., Hulstijn, W., & Sabbe, B.G. (2008). Psychomotor symptoms in depression: a diagnostic, pathophysiological and therapeutic tool. *Journal of Affective Disorders*, *109*, 1-20.
- Seidler, R.D., Noll, D.C., & Thiers, G. (2004). Feedforward and feedback processes in motor control. *NeuroImage*, *22*, 1175-1183.
- Shapiro, D.E. (1999). The interpretation of diagnostic tests. *Statistical Methods in Medical Research*, *8*, 113-134.
- Shin, B.M., Han, S.J., Jung, J.H., Kim, J.E., & Fregni, F. (2011). Effect of mild cognitive impairment on balance. *Journal of the Neurological Sciences*, *305*, 121-125.
- Schoene, D., Smith, S., Davies, T., Delbaere, K., & Lord, S.R. (2014). A stroop stepping tests using low-cost computer game technology discriminates between older fallers and non-fallers. *Age and Ageing*, *43*, 285-289.
- Skinner, H.B., Barrack, R.L., & Cook, S.D. (1984). Age-related decline in proprioception. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *184*, 208-211.
- Stalenhoef, P.A., Diederiks, J.P., Knottnerus, J.A., Kester, A.D., & Crebolder, H.F. A risk model for the prediction of recurrent falls in community-dwelling elderly: a prospective cohort study. *Journal of Clinical Epidemiology*, *55*, 1088-94.
- Stephan, E., Ousset, P.J., Lafont, C., Hostier, P., Vellas, B., & Albarede, J-L. (1995). L'évaluation du sujet âgé en médecine gériatrique [Old people assessment in geriatric medicine]. *L'Année Gériatrique*, *9*, 251-272.
- Strafella, A., Paus, T., Fraccio, M., & Dagher, A. (2003). Striatal dopamine release induced by repetitive transcranial magnetic stimulation of the human motor cortex. *Brain*, *126*, 2609-2615.
- Studenski, S., Perera, S., Patel, K., Rosano, C., Faulkner, K., Inzitari, M., Brach, J., *et al.* (2011). Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, *305*, 50-58.
- Sturnieks, D.L., St George, R. & Lord, S.R. (2008). Balance disorders in the elderly. *Clinical Neurophysiology*, *38*, 467-478.
- Sullivan, E.V., Rose, J., Rohlfing, T., & Pfefferbaum, A. (2009). Postural sway reduction in aging men and women: relation to brain structure, cognitive status, and stabilizing factors. *Neurobiology of Aging*, *30*, 793-807.
- Suzuki M., Miyai I., Ono T., Kubota K. (2008). Activities in the frontal cortex and gait performance are modulated by preparation. An fNIRS study. *NeuroImage*, *39*, 600-7.
- Teychenne, M., Ball, K., & Salmon, J. (2008). Physical activity and likelihood of depression in adults: a review. *Preventive Medicine*, *46*, 397-411.
- Tian, Q., Ferrucci, L., Resnick, S.M., Simonsick, E.M., Shardell, M.D., Landman, B.A., Venkatraman, V.K., *et al.* (2015). The effect of age and microstructural white matter integrity on lap time variation and fast-paced walking speed. *Brain Imaging and Behavior*. 2015 Sep 23. [Epub ahead of print]
- Tinetti, M.E., Mendes de Leon, C.F., Doucette, J.T., & Baker D.I. (1994). Fear of falling and fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *Journal of Gerontology*, *49*, M140-7.
- Tinetti, M., Speechley, M., & Ginter, S.F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *The New England Journal of Medicine*, *319*, 1701-1707.
- Tinetti, M.E., & Williams, C.S. (1997). Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home. *The New England Journal of Medicine*, *337*, 1279-84.
- Toebes, M.J., Hoozemans, M.J., Furrer, R., Dekker, J., & van Dieën, J.H. (2012). Local dynamic stability and variability of gait are associated with fall history in elderly subjects. *Gait & Posture*, *36*, 527-531.
- Toledo, D.R., Barela, J.A., Manzano, G.M., & Kohn, A.F. (2016b). Age-related differences in EEG beta activity during an assessment of ankle proprioception. *Neuroscience Letters*, *622*, 1-5.
- Toledo, D.R., Manzano, G.M., Barela, J.A., & Kohn A.F. (2016a). Cortical correlates of response time slowing in older adults: ERP and ERD/ERS analyses during passive ankle movement. *Clinical Neurophysiology*, *127*, 655-63.

- Tremblay, L.K., Naranjo, C.A., Graham, S.J., Herrmann, N., Mayberg, H.S., Hevenor, S., & Busto, U.E. (2005) Functional neuroanatomical substrates of altered reward processing in major depressive disorder revealed by a dopaminergic probe. *Archives of General Psychiatry*, 62, 1228-1236.
- Turner, G., & Spreng, N. (2012). Executive functions and neurocognitive aging: dissociable patterns of brain activity. *Neurobiology of Aging*, 33, 826.e1-13.
- USRDS (1999). Excerpts from United States Renal Data System 1999 Annual Data Report. *American Journal of Kidney Diseases*, 34, S1-176.
- Turner, A., James, N., Dimitriou, L., Greenhalgh, A., Moody, J., Fulcher, D., Mias, E., & Kilduff, L. (2014). Determinants of olympic fencing performance and implications for strength and conditioning training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28, 3001-3011.
- Vassallo, M., Sharma, J.C., Briggs, R.S., & Allen, S.C. (2003). Characteristics of early fallers on elderly patient rehabilitation wards. *Age and Ageing*, 32, 338-342.
- Vergheze, J., Holtzer, R., Lipton, R.B., & Wang, C. (2009). Quantitative gait markers and incident fall risk in older adults. *Journal of Gerontology. Serie A, Biological sciences and medical science*, 64, 896-901.
- Vergheze, J., Wang, C., Allali, G., Holtzer, R., Ayers, E. (2016). Modifiable Risk Factors for New-Onset Slow Gait in Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association*, 17, 421-5.
- Vergheze, J., Wang, C., Lipton, R.B., & Holtzer, R. (2013). Motoric cognitive risk syndrome and the risk of dementia. *Journal of Gerontology. Serie A, Biological sciences and medical science*, 64, 412-8.
- Vestberg, T., Gustafson, R., Maurex, L., Ingvar, M., & Petrovic, P. (2012). Executive functions predict the success of top-soccer players. *Plos One*, 7, e34731.
- Vu, M.Q., Weintraub, N., & Rubenstein, L.Z. (2004). Falls in the nursing home: are they preventable? *Journal of the American Medical Directors Association*, 5, 401-6.
- Weast, J.A., Shockley, K., & Riley, R.A. (2011). The influence of athletic experience and kinematic information on skill-relevant affordance perception. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 64, 689-706.
- Weiss, A., Brozgol, M., Dorfman, M., Herman, T., Shema, S., Giladi, N., & Hausdorff, J.M. (2013). Does the evaluation of gait quality during daily life provide insight into fall risk? A novel approach using 3-day accelerometer recordings. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 27, 742-52.
- Widlöcher, D.J. (1980). L'évaluation quantitative du ralentissement psychomoteur dans les états dépressifs. *Psychologie Médicale*, 12, 2725-2729.
- Widlöcher, D.J. (1981). L'Échelle de ralentissement dépressif: fondements théoriques et premières applications. *Psychologie Médicale*, 13 B, 53-60.
- Widlöcher, D.J. (1983). Psychomotor retardation: clinical, theoretical, and psychometric aspects. *Psychiatric Clinics of North America*, 6, 27-40.
- Wilson, M.R., Vine, S.J., Wood, G. (2009). The influence of anxiety on visual attentional control in basketball free throw shooting. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 31, 152-168.
- Witt, J.K., Linkenauger, S.A., Bakdash, J.Z., Augustyn, J.S., Cook, A., & Proffitt D.R. (2009). The long road of pain: Chronic pain increases perceived distance. *Experimental Brain Research*, 192, 145-148.
- Yaffe, K., Barnes, D., Nevitt, M., Lui, L.Y., & Covinsky, K. (2001). A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk. *Archives of Internal Medicine*, 161, 1703-8.
- Yaffe, K., Peltz, C.B., Ewing, S.K., McCulloch, C.E., Cummings, S.R., Cauley, J.A., et al. (2016, in press). Long-term Cognitive Trajectories and Mortality in Older Women. *Journal of Gerontology. Serie A, Biological sciences and medical science*.
- Zwergal, A., Linn, J., Xiong, G., Brandt, T., Strupp, M., & Jahn, K. (2012). Aging of human supraspinal locomotor and postural control in fMRI. *Neurobiology of Aging*, 33, 1073-84.
- Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16, 1-14.
- Ward, N.S., & Frackowiak, R.S. (2003). Age-related changes in the neural correlates of motor performance. *Brain*, 126, 873-888.
- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J.M., & Giladi, N. (2008). The role of executive function and attention in gait. *Movement Disorders*, 23, 329-33.
- Zhu, D.C., Zacks, R.T., & Slade, J.M. (2010). Brain activation during interference resolution in young and older adults: an fMRI study. *Neuroimage*, 50, 810-817.