



Université Claude Bernard Lyon 1

**Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches**

**Effet du vieillissement et/ou de la pathologie sur la mobilité :**

**Implication des fonctions cognitives**

Soutenue publiquement par

**Maud Ranchet**

Le 15 Décembre 2023

## **Jury**

**Cédric ALBINET**, Professeur des Universités, Institut National Universitaire Champollion Albi

**Examineur**

**Sylvie BONIN-GUILLAUME**, Professeure des Universités – Praticien Hospitalier, Aix-Marseille Université

**Rapporteure**

**Emmanuel BROUSSOLLE**, Docteur en Médecine et Docteur d'Université

**Membre invité**

**Sophie JACQUIN-COURTOIS**, Professeure des Universités – Praticien Hospitalier, Université Claude Bernard Lyon 1

**Examinatrice**

**Isabelle MILLEVILLE**, Chargée de Recherche, CNRS

**Rapporteure**

**Philippe PUDLO**, Professeur des Universités, Université Polytechnique Hauts de France

**Rapporteur**







## Table des matières

<i>Liste des Figures</i> .....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>Résumé</i> .....	<i>1</i>
<i>Abstract</i> .....	<i>3</i>
<i>Préambule</i> .....	<i>5</i>
<i>Introduction</i> .....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>Chapitre 1. Effet du vieillissement normal et pathologique sur les fonctions cognitives</i> .....	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<b>1. Changements cognitifs et modifications cérébrales</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.1 Au cours du vieillissement .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2 Avec l'apparition de troubles neurocognitifs .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2.1 Définition .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2.2 Maladie de Parkinson.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>2. La neuroplasticité</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.1 Définition .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2 Evaluation de la neuroplasticité.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2.1 Brève description des différentes techniques d'imagerie cérébrale .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2.2 Modifications cérébrales fonctionnelles liées à l'âge.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.3 Modèles du vieillissement neurocognitif.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.3.1 Modèle HAROLD.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.3.2 Modèle STAC .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.3.3 Modèle CRUNCH.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<i>Chapitre 2. Effet du vieillissement et/ou de la pathologie sur la conduite automobile</i> <i>Erreur !</i> <i>Signet non défini.</i>	
<b>1. Modèles de la conduite automobile</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.1 Modèle de Michon (1985).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.2 Modèle d'Anstey et al. (2005).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
1.3 Modèle de Lindstrom-Forneri et al. (2010).....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>2. Législation concernant l'aptitude à la conduite</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.1 Aux Etats-Unis .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2 En Europe .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
2.2.1 Cas de la France .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
<b>3. Evaluation de l'aptitude à la conduite automobile</b> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
3.1 Aptitude à la conduite des personnes présentant une affection médicale .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

- 3.1.1 Risque de conduite dangereuse selon le type d'affection médicale .....**Erreur ! Signet non défini.**
- 3.2 Evaluation de l'aptitude à la conduite .....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 3.2.1 Les tests neuropsychologiques .....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 3.2.2 Le simulateur de conduite .....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 3.2.3 La mise en situation sur route .....**Erreur ! Signet non défini.**
- 4. Maladie de Parkinson et conduite automobile ..... Erreur ! Signet non défini.**
  - 4.1 Accidentologie.....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 4.2 Arrêt de la conduite .....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 4.3 Comportement du conducteur atteint de la maladie de Parkinson .....**Erreur ! Signet non défini.**
    - 4.3.1 Rôle des fonctions exécutives dans la conduite automobile .....**Erreur ! Signet non défini.**
    - 4.3.2 La charge cognitive dans la maladie de Parkinson.....**Erreur ! Signet non défini.**

**Chapitre 3. Effet du vieillissement et de la pathologie sur la marche***Erreur ! Signet non défini.*

- 1. La marche chez la personne âgée..... Erreur ! Signet non défini.**
  - 1.1 Aires cérébrales impliquées pendant la marche.....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 1.2 Rôle du cortex préfrontal.....**Erreur ! Signet non défini.**
- 2. La marche chez les personnes présentant une maladie de Parkinson***Erreur ! Signet non défini.*
  - 2.1 Aires cérébrales impliquées dans la marche .....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 2.2 Rôle du cortex préfrontal.....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 2.3 Comment améliorer la marche et la cognition dans la maladie de Parkinson ?**Erreur ! Signet non défini.**
    - 2.3.1 Apport des programmes d'entraînement pour la réadaptation de la marche dans la maladie de Parkinson .....**Erreur ! Signet non défini.**
    - 2.3.2 Effets de différents programmes d'entraînement sur l'activité cérébrale et la marche dans la maladie de Parkinson.....**Erreur ! Signet non défini.**

**Chapitre 4. Perspectives de recherche ..... Erreur ! Signet non défini.**

- 1. Evaluation de l'aptitude à la conduite et accompagnement des personnes présentant une pathologie neurologique..... Erreur ! Signet non défini.**
  - 1.1 Aptitude à la conduite automobile.....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 1.2 Evaluation de l'aptitude à la conduite .....**Erreur ! Signet non défini.**
    - 1.2.1 Conduite chez les personnes présentant des troubles neurocognitifs .....**Erreur ! Signet non défini.**
    - 1.2.2 Conduite des personnes présentant une épilepsie.....**Erreur ! Signet non défini.**
    - 1.2.3 Conduite des personnes présentant une schizophrénie.....**Erreur ! Signet non défini.**
  - 1.3 Accompagnement des personnes dans le maintien de leur mobilité.....**Erreur ! Signet non défini.**
    - 1.3.1 Régulation de la conduite pour les personnes présentant des troubles neurocognitifs ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.3.2 Reprise de la conduite des personnes ayant eu un accident vasculaire cérébral **Erreur ! Signet non défini.**

**2. Evolution de l'évaluation de l'aptitude à la conduite.....** *Erreur ! Signet non défini.*

**3. L'activité de marche et la compréhension des mécanismes cérébraux impliqués dans cette activité.....** *Erreur ! Signet non défini.*

3.1 Etude de l'activité cérébrale dans différentes régions pendant la marche ..... **Erreur ! Signet non défini.**

3.2 Effet du programme SIROCCO sur la neuroplasticité dans la maladie de Parkinson **Erreur ! Signet non défini.**

*Conclusion ..... Erreur ! Signet non défini.*

*Références..... Erreur ! Signet non défini.*

*Curriculum vitae détaillé..... Erreur ! Signet non défini.*



## Résumé

Le vieillissement croissant de la population et l'allongement de l'espérance de vie s'accompagnent d'une augmentation du nombre de personnes âgées présentant des maladies neuro-évolutives. Les déclinés cognitifs, moteurs, sensoriels qui apparaissent de manière progressive et plus ou moins prononcée avec l'âge et/ou la pathologie peuvent avoir des répercussions sur la mobilité en général, réduisant de manière significative l'autonomie et la qualité de vie. Il est donc important de mieux comprendre ces modifications pour savoir comment elles se traduisent au niveau du comportement des individus et les conséquences qu'elles ont sur leur mobilité.

Ce mémoire d'habilitation à diriger des recherches présente les travaux que j'ai pu mener durant ces 15 dernières années dans le domaine de la conduite automobile et de la marche dans le contexte du vieillissement normal et/ou avec la survenue d'une pathologie neurologique. Ce document comprend 4 chapitres. Dans le premier chapitre, je présente les effets du vieillissement normal et pathologique sur la cognition, en me focalisant sur les fonctions cognitives altérées mais aussi sur les modifications fonctionnelles et structurelles cérébrales qui peuvent apparaître avec l'âge et une pathologie neuro-évolutive. Les mécanismes de neuroplasticité, c'est-à-dire les phénomènes de réorganisation cérébrale potentiellement adaptatifs sont décrits à travers les différents modèles neurophysiologiques du vieillissement. Le deuxième chapitre est consacré à une synthèse de mes recherches dans le domaine de la conduite automobile des personnes âgées et/ou avec une pathologie neurologique. Je décris les modèles de la conduite sur lesquels je me suis basée ainsi que les aspects législatifs relatifs à l'aptitude à la conduite des personnes présentant une affection médicale. Je présente ensuite mes travaux sur l'évaluation de l'aptitude à la conduite. Je consacre la dernière partie de ce chapitre sur mes travaux dans la maladie de Parkinson et la conduite automobile. Le troisième chapitre introduit mes travaux de recherche sur la thématique de la marche que j'ai développé plus récemment. J'aborde cette thématique en utilisant une approche complémentaire à celle que j'avais jusqu'alors employée en mesurant l'activité corticale pendant une tâche de marche dans le contexte du vieillissement normal et de la maladie de Parkinson. Le dernier chapitre présente mes perspectives de recherches autour des problématiques d'évaluation et d'accompagnement de la personne vis-à-vis de la conduite, et de la compréhension des mécanismes cérébraux impliqués dans l'activité de marche. Ces travaux portent majoritairement sur des personnes âgées et/ou présentant une pathologie neurologique.

Les recherches que je réalise comportent des enjeux forts en termes de santé publique, de mobilité et de sécurité routière. De manière générale, ces travaux contribuent à une meilleure compréhension des mécanismes cognitifs et/ou cérébraux impliqués dans les situations de déplacement. D'un point de vue clinique, les résultats de mes recherches visent à proposer des solutions, tels que des outils, ou des méthodes d'évaluation ou d'accompagnement pour maintenir une mobilité adaptée le plus longtemps possible.

## Abstract

With the population aging and increasing life expectancy, the number of elderly people with neurodegenerative diseases is growing. The cognitive, motor, and sensory declines that appear with age and/or pathology can have negative impacts on mobility in general, significantly reducing autonomy and quality of life. It is therefore important to better understand these changes to know how they translate into individuals' behavior and their consequences on their mobility.

This document describes research I've done over the last 15 years in the field of driving and walking in the context of normal aging and/or with the onset of neurological pathology. This document includes 4 chapters. In the first chapter, I present the effects of normal and pathological aging on cognition, focusing on impaired cognitive functions but also on functional and structural brain changes that can occur with age and neurodegenerative diseases. The mechanisms of neuroplasticity, i.e. the potentially adaptive brain reorganization phenomena, are described through the different neurophysiological models of aging. The second chapter summarizes my research in the field of driving of elderly people and/or people with a neurological disease. I describe the models of driving as well as the legislative aspects related to the driving ability of people with a medical condition. Then, I discuss my work on fitness-to-drive assessment. The last part of this chapter is about my research on Parkinson's disease and driving. The third chapter introduces walking studies that I have more recently developed. I address this theme by measuring cortical activity during a walking task in the context of normal aging and Parkinson's disease. The last chapter outlines my research perspectives around the problems of assessment and support of the person concerning driving and the understanding of the brain mechanisms involved in walking activity. This work is mainly focused on elderly people and/or people with neurological diseases.

The research that I conduct has strong impacts in terms of public health, mobility, and road safety. In general, this work contributes to a better understanding of the cognitive and/or cerebral mechanisms involved in travel situations. From a clinical point of view, the results of my research aim at proposing solutions, such as tools, or methods of assessments or accompaniment to maintain an adapted mobility as long as possible.



## Préambule

Ce mémoire d'habilitation à diriger des recherches présente les travaux menés ces 15 dernières années, depuis le début de ma thèse en septembre 2008 jusqu'à maintenant. J'ai commencé à étudier, pendant ma thèse, l'influence des fonctions cognitives, notamment des fonctions exécutives sur la conduite automobile dans la maladie de Parkinson. L'approche principalement utilisée dans ce travail était de nature neuropsychologique. J'ai ensuite été recrutée au laboratoire Exploitation, Perception, Simulateurs et Simulations (LEPSIS, nouvellement PICS-L) pour travailler sur la perception des usagers vulnérables par les automobilistes (2012-2014). Par la suite, j'ai bénéficié d'une mise en disponibilité de deux ans (Août 2014 à Août 2016) pour réaliser un post-doctorat au « Simulator lab », à Augusta aux Etats-Unis dans l'optique de poursuivre mes travaux sur la maladie de Parkinson et la conduite automobile et d'élargir mon champ de recherche à d'autres pathologies médicales. Pendant cette période de post-doctorat, je me suis intéressée aux mesures neurophysiologiques pour étudier la charge cognitive dans le vieillissement normal et pathologique. J'ai travaillé notamment sur l'étude de la charge cognitive des conducteurs présentant une maladie de Parkinson. J'ai également participé à des recherches expérimentales et des études rétrospectives sur les questions d'évaluation de l'aptitude à la conduite, menées sur d'autres pathologies neurologiques (sclérose en plaques, commotion cérébrale, accident vasculaire cérébral...) ou visuelles (glaucome). En Septembre 2016, j'ai intégré le laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives appliquées aux Transports (LESCOT), à Lyon pour poursuivre et développer de nouvelles recherches sur la mobilité des personnes âgées et/ou présentant une pathologie neurologique.

Afin de mieux comprendre le comportement humain en situation de déplacement, il me semble important de comprendre à la fois les fonctions cognitives mises en jeu pendant une activité et également les mécanismes cérébraux sous-jacents à ces fonctions cognitives. Aujourd'hui, mes thématiques scientifiques portent principalement sur 1) l'aptitude à la conduite automobile et l'accompagnement des personnes dans le maintien de leur mobilité et sur 2) l'activité de marche et la compréhension des mécanismes cérébraux impliqués dans cette activité. Ces travaux portent majoritairement sur des personnes âgées et/ou présentant une pathologie neurologique.