



HAL
open science

Adaptations cognitive et environnementale en situation de handicap. Recueil de travaux effectués dans les domaines de la surdité et du vieillissement normal et pathologique

Laurence Paire-Ficout

► To cite this version:

Laurence Paire-Ficout. Adaptations cognitive et environnementale en situation de handicap. Recueil de travaux effectués dans les domaines de la surdité et du vieillissement normal et pathologique. Psychologie et comportements. Université Lumière Lyon 2, 2019. tel-02439779

HAL Id: tel-02439779

<https://hal.science/tel-02439779v1>

Submitted on 14 Jan 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Habilitation à diriger des recherches

Université Lumière Lyon 2

Adaptations cognitive et environnementale en situation de handicap

**Recueil de travaux effectués dans les domaines de la surdité et du
vieillessement normal et pathologique**

Soutenue publiquement le

12 septembre 2019

Par

Laurence Paire-Ficout

Membres du jury

Rapporteurs : Jésus Alegria, Professeur émérite

Édouard Gentaz, Professeur

Jérôme Dinet, Professeur

Examineurs : Aline Chevalier, Professeure

Jean-Michel Boucheix, Professeur

Olivier Koenig, Professeur

Remerciements

Je souhaite tout d'abord remercier les membres de mon jury qui ont accepté d'évaluer mon travail et de participer à ma soutenance. Jean-Michel, merci pour ces moments de partage à la fois studieux et amicaux depuis plus de quinze ans. Olivier, merci pour ton investissement dans l'accompagnement de mon HDR, ton aide fut précieuse. Jésus, c'est avec une certaine émotion que je te remercie puisque tu m'avais déjà honorée de ta présence à ma soutenance de thèse. Edouard, Aline Chevalier et Jérôme Dinet, je suis très honorée également de vous compter parmi les membres de mon jury.

Ce fut une très belle aventure de mener ce travail de synthèse et je remercie tous ceux qui m'ont accompagnée et soutenue depuis le tout début.

Mon histoire universitaire commence avec toi Marie, à Lyon puis Montréal. Il en résulte une belle et solide amitié et de magnifiques échanges. Ravie d'avoir réussi à nous retrouver sur des thématiques communes de temps en temps. Nathalie, Pascale, vous avez aussi joué un rôle important dans ce parcours initiatique.

A l'Ifsttar, ce sont d'abord Sylviane et Claude qui m'ont accueillie et donné l'opportunité de travailler sur un sujet passionnant aux côtés de Colette, Catherine et Christophe sur la thématique de la conduite automobile et du vieillissement. Merci à vous tous. Ce fut un tremplin pour encadrer des travaux sur la conduite et les pathologies liées au vieillissement. Maud, merci de m'avoir permis de vivre une si chouette première expérience d'encadrement de doctorant avec le Professeur Broussolle.

Puis avec Aline, Laurent, Jean-Michel, Stéphane, François, Jonathan et Pascal nous avons porté un projet fort qui a engendré de nombreuses discussions et apporté beaucoup de satisfaction sur la thématique transport et surdité. Nos efforts furent récompensés ! Jonathan, tu as fait une brillante thèse.

Merci à tous mes collègues et doctorants actuels qui garantissent une belle dynamique de travail dans mon univers : Maud que nous avons eu la chance de retrouver au laboratoire depuis 3 ans et avec qui il est si plaisant de travailler ; Chantal, Sylviane, et depuis plus récemment Alice pour ces finitions et rédaction d'articles via Zoom ; Romain et Fabien qui ne reculent devant rien, merci pour tout ; Myriam, Christophe et Alexandra, je sens que nos chemins se rapprochent petit à petit ; Sébastien et Isabelle qui tracent magnifiquement le leur (vos chamailleries et pauses goûter m'amuse tellement), Antonio tu traces le tien aussi, on reste en contact, en attendant merci pour cette généreuse transmission. Maxime et Téodor, nous sommes en marche sur un beau sujet, c'est vraiment riche de travailler avec vous. Floriane, je salue ton enthousiasme et ta ténacité, Jean-Luc, merci de nous avoir ouvert les portes de ce célèbre centre de Kerpape.

Hélène, et plus largement le département TS2 Ifsttar, merci de nous permettre de mener nos recherches dans un espace confortable et de nous accorder toute confiance. Hélène, tu nous incites à aller sur la thématique du véhicule automatisé, merci pour ce « guidage ». Avec Aline et Caroline, nous partons en toute autonomie sur ce thème...

Je ne peux pas comptabiliser le nombre de volontaires ayant participé à tous mes travaux de recherche, ils sont nombreux et surtout d'horizons très différents. Qu'ils soient tous remerciés car sans eux, ces travaux n'auraient pas pu aboutir.

Mes gars de la maison, j'ai nommé Rodolphe, Maxime, Gérôme et Noé merci à vous quatre, vous contribuez à mon bonheur quotidien et c'est vous qui me transmettez cette énergie indispensable pour avancer. Et l'arrivée de Nina embellit l'ambiance de façon non négligeable.

Je dédie ce travail à toi, mon papa, j'aurais tant souhaité te le faire partager, toi qui a fait preuve d'un soutien infailible jusqu'à te porter volontaire pour participer à mes expérimentations sur le terrain. Je le dédie aussi à toi, maman qui tient le cap de façon exemplaire.

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Chapitre 1. Introduction : L'adaptation, notion au cœur de mes problématiques de recherche..... | 7 |
| Chapitre 2. Surdité et adaptation aux situations de transports | 13 |
| 1. Préambule sur la surdité..... | 13 |
| 2. Repères historiques et situation actuelle..... | 14 |
| 3. Distinction entre les <i>Ability Studies</i> et les <i>Deaf Studies</i> | 16 |
| 4. Mes travaux antérieurs dans le domaine de la Surdité et Cognition | 17 |
| 5. Avancées des connaissances grâce aux techniques des neurosciences | 18 |
| 6. La modalité temporelle dégradées en l'absence d'audition..... | 21 |
| 7. Mes travaux sur la surdité qui intègrent la problématique transport..... | 21 |
| 7.1. Conséquences de la surdité sur la vie quotidienne et la mobilité | 22 |
| 7.2. Quand la signalétique s'anime... .. | 22 |
| 7.3. Arguments en faveur de l'utilisation de l'animation pour la diffusion de messages dans les gares..... | 23 |
| 7.4. Quand la signalétique se double d'un avatar en langue des signes..... | 27 |
| 7.5. L'apport de l'animation dans le matériel d'apprentissage du code de la route | 28 |
| Chapitre 3. Vieillesse et conduite automobile | 33 |
| 1. Données démographiques des prochaines décennies | 33 |
| 2. Les modifications liées au vieillissement | 34 |
| 3. Les modifications dans le vieillissement pathologique | 36 |
| 4. Plasticité et compensation et dans le vieillissement, dans les maladies d'Alzheimer et de Parkinson | 39 |
| 7.6. Compensation dans le vieillissement normal..... | 39 |
| 7.7. Compensation dans la maladie d'Alzheimer | 41 |
| 7.8. Compensation dans la maladie de Parkinson..... | 42 |
| 5. La procédure d'évaluation de la conduite automobile des personnes âgées | 42 |
| 6. Comment évaluer les capacités des conducteurs âgées en recherche ? | 43 |
| 7. Poids de l'expérience et rôle de l'auto-évaluation en conduite | 47 |
| 8. Accidentologie et conducteurs âgées | 52 |
| Chapitre 4. Diverses recherches sur le thème de l'adaptation | 55 |
| 1. Adaptation d'une victime d'accident de la circulation un an après son accident | 55 |
| 2. Etude des mécanismes compensatoires de personnes présentant un trouble vestibulaire en conduite..... | 56 |
| 3. Adaptation des tests psychotechniques pour évaluer les capacités de conduite après suspension ou annulation du permis de conduire | 58 |
| 4. Adaptation cognitive et métacognitive à un médicament | 60 |

| | |
|---|------------|
| Chapitre 5. Un thème en développement, mobilité, marche et vieillissement | 63 |
| 1. Approches épidémiologique et biomécanique..... | 64 |
| 2. Approche expérimentale | 65 |
| Chapitre 6. Nouvelles perspectives, prendre le virage avec des véhicules de plus en plus automatisés | 71 |
| 1. Quelles nouvelles assistances pour les conducteurs âgés ? | 72 |
| 2. D'une conception universelle à la personnalisation | 73 |
| Chapitre 7 : Conclusion..... | 75 |
| Chapitre 8 : Références | 79 |
| Chapitre 9. Curriculum vitae détaillé..... | 93 |
| Chapitre 10. Publications..... | 100 |
| Chapitre 11. Résumés français et anglais | 113 |
| Chapitre 12. Dix articles significatifs..... | 120 |

Chapitre 1. Introduction : L'adaptation, notion au cœur de mes problématiques de recherche

Adaptation. C'est en quelque sorte le maître mot de ce travail de réflexion qui présente une synthèse des travaux que j'ai effectués depuis les années 1990 et qui s'inscrit au carrefour des domaines de la psychologie cognitive du handicap, de la neuropsychologie et de la psychologie ergonomique. L'adaptation est une notion très ancienne qui remonte à la théorie de l'évolution mais qui reste cependant très actuelle puisque des auteurs l'ont récemment revisitée dans un ouvrage intitulé « Psychologie de l'adaptation » coordonné par C. Tarquinio et E. Spitz en 2016. Ces auteurs définissent l'adaptation comme « *un processus dynamique de changement lié aux capacités innées ou acquises d'un organisme, d'un individu ou d'un groupe, de réagir à des réactions internes ou externes, des contraintes ou des conflits en cherchant à réduire ou à éliminer leurs conséquences défavorables par des ajustements divers qui favorisent un nouvel équilibre compatible avec leur survie.* »

Les espèces vivantes n'ont cessé de s'adapter au fil du temps, en fonction du milieu, du climat, des activités professionnelles ou de loisirs, des modes de vie mais aussi en fonction des changements liés à l'état de santé, aux possibilités de mobilité, aux développements technologiques. Dans nos vies familiales, sociales et professionnelles, les changements sont nombreux et fréquents. Ils impliquent d'autres façons de faire et d'opérer, des modifications aux niveaux des pratiques. Par conséquent, ils interpellent constamment notre capacité à nous adapter et à composer avec la nouveauté. De façon naturelle et instinctive, tout être œuvre à s'adapter au mieux à son environnement mais tout le monde ne le fait pas à la même vitesse, avec les mêmes moyens et dans le même but.

L'adaptation peut s'étudier à plusieurs niveaux : comportemental, cognitif, neurophysiologique, émotionnel, étant entendu que chacun de nous développe des réponses adaptatives différentes pour faire face aux modifications de l'environnement ou aux changements de son propre organisme. En fonction de l'approche théorique, la notion d'adaptation se décline en termes d'ajustement, de régulation, d'accommodation comportementale, de compensation, de coping, de vicariance, de résilience ou encore de plasticité cérébrale etc. Mais ce qui caractérise finalement cette notion, c'est sa finalité qui vise la recherche d'équilibre, de confort tant physiologique que psychologique, gage de bien-être, d'harmonie tant avec soi-même, qu'avec ses semblables ou son environnement.

Une autre notion proche de celle de l'adaptation est également particulièrement intéressante dans le contexte qui m'intéresse car elle a le mérite d'englober la notion d'environnement, présente dans le titre de ce travail de synthèse. C'est la notion d'affordance, introduite par Gibson en 1977 et qualifiée « d'écologique », à prendre dans le sens d'adaptation de l'individu à son milieu. Cette notion provient du verbe « afford » signifiant « offrir » ou « être en capacité de faire quelque chose ». L'affordance est donc à envisager dans une perspective de réciprocité

entre l'individu et l'environnement. On dit qu'un objet ou un environnement est « affordant » quand il est en capacité de suggérer directement sa propre utilisation. Sa lisibilité ou maniabilité ou encore utilisabilité sont évidentes, il ne nécessite pas l'intervention d'un médiateur ou d'un mode d'emploi pour être utilisé. Le comportement de l'individu est ainsi guidé par ce que suggère cet objet ou environnement. Ce concept a été fort utile et utilisé dans différents champs, notamment en psychologie cognitive, en psychologie ergonomique, le design, l'interaction homme-machine et l'intelligence artificielle.

Les travaux que j'ai effectués durant ma carrière de chercheuse m'ont amenée à utiliser ce concept tant sur le versant « objet » pour par exemple développer des systèmes, des designs qui soient plus affordants pour les personnes qui les utilisent que sur le versant « individu » pour mieux comprendre les mécanismes perceptifs et cognitifs que les personnes mettent en place pour traiter ces objets ou ces environnements.

De plus, les travaux effectués ont surtout concerné les populations présentant des différences par rapport à des référentiels dit « jeune » ou « entendant » ou « sans pathologie ». L'effort d'adaptation que doivent fournir ces populations est différent et les processus par lesquels elles développent des connaissances et utilisent des stratégies pour s'adapter sont différents et s'appuyant sur des mécanismes cognitifs et neuropsychologiques originaux pour résoudre des tâches : pour l'apprentissage de la lecture ou pour l'apprentissage des règles du code de la route, pour la récupération d'une information en mémoire, pour le maintien d'une activité de conduite la plus sécuritaire et la plus confortable possible, ou encore pour le maintien d'une activité de marche à pied dans les meilleures conditions pour une personne âgée.

Dans mes recherches, le zoom est le plus souvent orienté sur l'étude des mécanismes mis en jeu dans une activité donnée par un individu ou des groupes d'individus. La préoccupation première est la volonté de comprendre ces mécanismes, et en cas de différence, ou de difficultés, il s'agit de savoir comment augmenter l'« affordance », pour reprendre la notion de Gibson, c'est-à-dire comment amplifier ou compenser la compétence et la performance des individus dans une situation donnée. Le focus peut également être pointé sur des aspects plus « système », quand il s'agit par exemple de savoir comment un dispositif donné (un design par exemple ou un programme de rééducation, ou une assistance dans une voiture) permet d'augmenter les performances cognitives. On agit dans ce cas sur l'environnement pour le rendre plus capacitant (Falzon, 2013), plus « affordant » c'est-à-dire à même de « mettre en capacité » et de placer les individus en situation de développer leurs compétences ou performances. Un environnement capacitant compenserait ainsi les difficultés liées par exemples à l'âge, aux maladies ou au handicap.

Je n'ai pas choisi un modèle théorique central mais adopté et adapté les contextes théoriques au fil des avancées et des thématiques.

Mon parcours, mes approches et thématiques

La discipline qui m'est la plus familière, et sur laquelle mes bases théoriques sont les plus solides est la psychologie cognitive. Cette dernière cherche à comprendre l'activité humaine dans différentes situations de la vie courante. Elle cherche à comprendre et à décrire comment les individus s'adaptent aux contraintes particulières de ces situations, quels mécanismes cognitifs ils déploient pour mener à bien leurs activités, surmonter une difficulté, résoudre un problème, planifier un déplacement, comprendre une consigne, apprendre à utiliser un nouveau système etc. Elle s'appuie sur des théories et modèles explicatifs décrivant le plus précisément possible les étapes par lesquelles les individus traitent des informations, les apprennent, les mémorisent pour pouvoir les réutiliser ou les adapter à un contexte semblable ou au contraire à des situations nouvelles.

J'ai suivi ma formation de Psychologie à l'Université Lyon 2 avec une année de Master 1 au Québec à l'Université de Montréal. J'ai également, en parallèle, obtenu un diplôme d'enseignement spécialisé pour Sourd (CAPEJ) délivré par l'Université Lumière Lyon 2 ce qui m'a permis d'exercer la profession d'enseignante spécialisée pendant deux années consécutives à temps partiel tout en poursuivant mes études de Psychologie. J'ai réalisé mon Master 2 de Psychologie à l'Université Lyon 2 avec un stage au sein du Laboratoire de Physiologie Sensorielle, CNRS 1447 à l'Hôpital Edouard Herriot. J'ai ensuite enchainé mon Doctorat que j'ai soutenu à l'Université Lyon 2 en 1998, alors que j'étais membre d'une jeune équipe appelée « Perception, Cognition, Handicap » dirigée par Serge Portalier. Cette thèse questionnait la problématique de l'accès au langage chez les personnes sourdes et malentendantes et le type de représentations mentales utilisées par les lecteurs n'ayant pas ou peu bénéficié d'entrées auditives. Les modèles issus de la psycholinguistique et de la neurolinguistique m'ont été fort utiles pour guider l'interprétation des résultats.

J'ai ensuite occupé un poste d'ATER (Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche) pendant deux années consécutives à l'Université Lyon 2 d'une part et à l'école d'Orthophonie d'autre part. C'est au cours de ces deux années que mon activité d'enseignement fut la plus forte. J'ai par la suite fait un post-doctorat en bénéficiant d'un financement Cognitique avec le Laboratoire de Psychologie Sociale de la Cognition (LAPSCO - UMR 6024 CNRS) de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand et l'Unité INSERM 666 de Strasbourg. J'ai réalisé un travail en collaboration avec Marie Izaute et Elisabeth Bacon sur le thème du rôle des benzodiazépines sur la mémoire et la méta mémoire.

En 2002, j'ai participé, en tant que contractuelle à l'INRETS, tout d'abord à l'Umrestte puis au Lescot, à un projet portant sur la conduite automobile dans la maladie d'Alzheimer. Il s'agissait de mieux comprendre l'articulation entre les effets de l'âge et/ou ceux d'un déficit neurocognitif sur la capacité de conduite et les stratégies compensatrices mises en place pour pallier les difficultés liées à la pathologie. Cette problématique au carrefour de la psychologie cognitive et de la neuropsychologie m'a passionnée et c'est pourquoi ce champ d'activité tient une place encore importante dans mes activités actuelles. J'ai eu la chance d'être recrutée à

l'INRETS en 2005 en tant que Chargée de Recherche et de bénéficier d'un environnement très riche et stimulant.

Six chapitres composent ce travail de synthèse, les deux premiers présentant mes deux thématiques majeures, le troisième présentant diverses recherches sur le thème de l'adaptation et les deux derniers exposant mes nouvelles lignes de recherches.

Le **Chapitre 2** aborde dans un premier temps, les travaux que j'ai réalisés avant mon arrivée à l'Ifsttar concernant l'accès au langage écrit des personnes sourdes et malentendantes, puis dans un second temps, la problématique de l'accès aux transports des personnes sourdes et malentendantes que j'ai mise à jour au Lescot depuis quelques années. Les deux situations problématiques combinant surdité et transport que j'ai mises en avant et ayant fait l'objet de plusieurs travaux seront successivement décrites : celle de l'accès aux informations de perturbations dans les gares et pôles multimodaux d'une part, et celle de l'accès au code de la route pour des candidats sourds d'autre part. Mon approche privilégie l'aménagement de l'environnement afin de faciliter l'adaptation cognitive.

Le **Chapitre 3** traite de ma seconde thématique majeure qui concerne l'étude de la conduite automobile dans le contexte du vieillissement normal ou pathologique. C'est en premier lieu avec Sylviane Lafont, chercheuse en épidémiologie et Claude Marin-Lamellet, chercheur en neurosciences que j'ai traité ces questions en arrivant au Lescot. Le propos était d'étudier la manière dont le vieillissement, qui se traduit par des modifications aux niveaux physique, sensoriel et cognitif, engendre des changements au niveau des activités quotidiennes comme dans la conduite automobile. Il s'agit plus généralement de savoir comment les personnes âgées avec ou sans pathologie s'adaptent à ces changements pour maintenir un bon niveau de mobilité.

Le **Chapitre 4** expose plusieurs travaux ayant en commun de traiter du thème de l'adaptation : l'adaptation d'une victime d'accident de la circulation un an après son accident, l'adaptation à la conduite d'une personne présentant un trouble vestibulaire, l'adaptation des tests psychotechniques pour évaluer les capacités de conduite après suspension ou annulation du permis de conduire et enfin l'adaptation cognitive et métacognitive à un médicament tel qu'un Benzodiazépine.

Le **Chapitre 5** est consacré à la description d'un volet de recherche plus émergent, développé en collaboration avec Maud Ranchet, et toujours dans la lignée des travaux sur la mobilité des personnes âgées engagées dans une trajectoire de vieillissement normal ou pathologique. C'est la marche qui est, cette fois, le centre d'intérêt avec un recueil de données cognitives, physiologiques et métacognitives auprès de personnes jeunes, âgées avec ou sans pathologie (maladie de Parkinson). Une collaboration nouvellement mise en place avec l'hôpital Henry Gabrielle va permettre d'étudier finement les effets neuro-protecteurs et adaptatifs d'un programme d'entraînement intensif chez des patients parkinsoniens.

Le **Chapitre 6** aborde les nouvelles questions de recherche que soulève l'avènement des véhicules à délégation de conduite tant pour les personnes âgées que pour les personnes ayant un handicap auditif. L'adaptation à ces nouveaux véhicules, qu'ils soient individuels comme une voiture, ou collectifs comme les navettes ou bus autonomes, se fera-t-elle sans heurt ? Les développements technologiques de ces véhicules prévoient-ils suffisamment en amont les besoins des personnes avec handicap ? L'accompagnement de ces développements pour une meilleure adaptation de l'ensemble des usagers est fondamental et nécessite des travaux expérimentaux en amont afin de ne pas exclure une frange de la population de ces nouvelles technologies.

Le **Chapitre 7** conclut ce travail de synthèse.

Chapitre 2. Surdité et adaptation aux situations de transports

1. Préambule sur la surdité

Selon un rapport de la Haute Autorité de Santé (HAS, 2010), la surdité congénitale touche un nouveau-n  sur 1000 par an en France et 40% d'entre eux présentent une surdité sévère à profonde. Une surdité sévère correspond à une perte auditive comprise entre 70 à 90 décibels, ce qui entraine une incapacité à entendre la parole à son niveau normal et une difficulté à percevoir les bruits forts. Une surdité profonde correspond à une perte auditive supérieure à 90 dB rendant imperceptibles les sons environnementaux et la parole. Les conséquences de la surdité sont multiples. Elle provoque des troubles de la communication préverbale chez le nourrisson avec des conséquences sur le développement du langage oral (Brin et al., 2004, Dumont, 2008), et sur les apprentissages en général.

Il est d'usage de classer les surdités selon la localisation de l'atteinte auditive, le degré de perte auditive, le moment de sa survenue (pré lingual vs post lingual). Ce sont surtout les surdités touchant l'oreille interne dites « neurosensorielles » qui entraînent une perte auditive importante (50 à 130 décibels) et retiennent sur le développement du langage oral. Chez un enfant entendant, l'acquisition du langage oral se fait spontanément par répétition de ce qui est entendu et par ajustement sur la base du contrôle auditif. Dans le cas d'un enfant sourd, cet exercice naturel de répétition et d'ajustement est compromis par l'absence d'entrées et de feed-back auditifs.

En cas de surdité sévère à profonde, les sons de la parole ne sont pas accessibles. Un appareillage peut augmenter les apports auditifs sans les rendre comparables à une audition intacte. L'implant cochléaire est une technique qui a été mise au point à partir de 1975 en France et qui est essentiellement proposé en cas de surdité sévère à profonde, dès la première année, ou à l'âge adulte lorsque les appareillages classiques ne sont plus d'un apport satisfaisant. Il nécessite une intervention chirurgicale et consiste à placer des électrodes pour stimuler directement les terminaisons nerveuses de l'audition situées dans la cochlée. Ces amplificateurs sonores ne restituent pas l'intégralité de la fonction auditive, la réception de la parole perçue reste limitée. La construction phonologique (l'ensemble des représentations abstraites des différents sons de la langue qui se construit grâce à l'expérience auditive) est plus aléatoire même avec un appareil auditif, et le langage oral ne s'élabore pas naturellement par simple répétition comme chez un enfant entendant (Alegria, 1999, Colin et al. 2013, Paire-Ficout, 1998, Paire-Ficout, et al. 2004). En l'absence de représentation phonologique ou avec des représentations moins précises (sous-spécifiées), l'apprentissage de la lecture-écriture est plus délicat, c'est pourquoi bon nombre de personnes sourdes connaissent des difficultés dans l'apprentissage de la lecture-écriture.

Les Etats-Unis disposent de données recueillies depuis 1969 sur de vastes échantillons (entre 4000 à 8000 individus selon les années), données qui permettent d'observer l'évolution du niveau de lecture d'enfants sourds en fin de scolarité (Qi et Mitchell, 2011). Les auteurs précisent que lorsque les jeunes sourds quittent l'école, leur niveau de lecture est très inférieur à celui qu'il devrait avoir par rapport à leur âge chronologique, leurs capacités de lecture ne se développeraient qu'à un tiers de celui des enfants entendants. Ils concluent qu'en dépit des avancées technologiques de ces dernières années concernant les progrès des appareillages auditifs, le niveau de lecture-écriture des jeunes sourds n'a pas considérablement progressé durant les 40 ans d'observation.

2. Repères historiques et situation actuelle

Un détour s'impose pour mieux comprendre le contexte dans lequel s'inscrivent les recherches qui concernent la surdité. Quelques repères historiques, réglementaires et institutionnels de la prise en charge et de l'éducation des sourds en France sont importants à introduire.

Depuis le Congrès de Milan en 1880, troisième congrès international portant sur l'éducation des personnes sourdes, le premier ayant eu lieu à Paris en 1878 et le second à Lyon en 1879, la décision fut prise d'uniformiser les langues d'enseignement au détriment de toutes les langues locales, comme la langue d'Oc, le Breton, le Corse. Au même titre, l'usage de la langue des signes qui, à cette époque était la langue d'enseignement des élèves sourds en France, a été interdite dans tous les établissements d'enseignement. La méthode orale, au sens parlé, a été alors préférée à la langue des signes dans le cadre de l'éducation et de l'instruction des sourds, car il a été jugé que l'utilisation simultanée de la parole et des signes présente le désavantage de nuire à la parole, à la lecture labiale et au développement cognitif. Les enseignants sourds ont été congédiés au sein des instituts pour jeunes sourds en France, la langue des signes fut désormais interdite à l'école.

Comme aucun enseignant n'avait élaboré de stratégie pour enseigner autrement qu'en langue des signes, le niveau des élèves a chuté. Ces derniers n'étaient plus en mesure de s'enrichir et de s'épanouir dans l'apprentissage. Or, acquérir un langage, un moyen de communication, est fondamental pour accéder aux outils de la pensée. Le langage, quelle que soit sa modalité orale ou signée, est un outil régulateur puissant non seulement pour communiquer mais aussi pour contrôler et planifier ses opérations mentales. En privant les sourds de leur moyen de communication naturel suite à ce congrès de Milan, la communauté s'est peu à peu appauvrie, ainsi que sa langue des signes.

Toutefois, la langue des signes n'a pas complètement disparu en Europe, elle a survécu à ces années d'interdiction, ce qui montre qu'elle est profondément ancrée dans la communauté sourde. Aux Etats-Unis, la langue des signes, qui avait été introduite initialement par un sourd

français, a connu de meilleurs auspices, puisqu'elle n'a pas été interdite, les pays anglo-saxons n'ayant pas adopté les conclusions du congrès de Milan. Son développement n'a donc jamais été interrompu. Dès les années 1960, elle fait l'objet d'études par un linguiste précurseur qui démontre que cette langue possède les mêmes caractéristiques grammaticales et syntaxiques qu'une langue orale (Stokkoe, 1960). L'université Gallaudet College, destinée aux sourds et malentendants, fut fondée en 1864 à Washington. C'était la première institution d'enseignement supérieur destinée aux sourds, et c'est toujours l'unique université au monde dans laquelle tous les programmes et services sont spécifiquement conçus pour les sourds et malentendants. Pendant cette période, en France, le regard sur le handicap en général évolue et des lois sont votées pour encadrer les pratiques éducatives et pour créer des services d'accompagnement, et réintroduire le droit de pratiquer et d'enseigner en langue des signes. La Loi du 30 juin 1975 d'orientation en faveur des personnes handicapées prévoit la création des centres d'action médico-sociale précoce (CAMSP) (réalisé en 1976), et celle du certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement des jeunes sourds (CAPEJS, réalisé en 1986). C'est seulement depuis la loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, que la reconnaissance de la langue des signes est effective.

D'un point de vue développemental, la langue des signes est logiquement considérée comme « naturelle » pour un enfant sourd, car son acquisition se fait d'une manière comparable à celle d'un enfant entendant qui acquiert une langue orale (Pettito, 1987, Transler, Leybaert, Gombert, 2005). Mais pour que l'enfant développe cette langue dans de bonnes conditions, la présence d'un environnement favorable est nécessaire, c'est-à-dire un modèle sur lequel l'enfant va pouvoir s'appuyer pour construire son langage. Or, la plupart du temps (90% des cas) un enfant sourd arrive dans une famille de parents entendants, ce qui rend la situation plus complexe, les parents ne connaissant pas la langue des signes et ne pouvant pas servir de modèle linguistique robuste.

En France, l'éducation pour les enfants sourds est encore à dominante oraliste. Cette approche privilégie l'apprentissage du langage oral avec un programme de rééducation orthophonique s'étendant sur plusieurs années. Pourtant, en théorie, l'amendement Fabius de la loi 91-73 du 18 janvier 1991 reconnaissait aux familles le droit de choisir une communication bilingue, langue des signes – français, dans l'éducation de leurs enfants sourds. En 1998, le rapport Gillot signalait que, malgré la publication des textes d'applications, ce droit n'était pas respecté puisque seulement 1% des élèves sourds avait accès à des structures bilingues (Guillot, 1998). Malgré la loi de 2005, le constat de non application de cette loi est de nouveau pointé en 2012 (rapport des Inspections Générales de l'Éducation Nationale).

En France, l'option bilingue, combinant langue des signes et langue orale et écrite, reste donc très marginale. L'offre sur le territoire français est très réduite. La politique actuelle et générale est plutôt en faveur de l'inclusion : la ville inclusive, l'école inclusive, les sociétés inclusives. Ce sont des principes généreux qui visent à encourager l'insertion en général mais

ils ne sont pas tout à fait réalistes car les moyens engagés ne permettent pas d'accompagner sérieusement les mesures imposées par la loi.

La surdité suscite beaucoup d'interrogations aux niveaux psychologique, développemental et neurologique. Elle intrigue et façonne de nombreuses hypothèses sur le fonctionnement de l'être humain et de sa façon de s'adapter. Les thématiques de recherche ont ainsi des angles d'attaques bien distincts.

3. Distinction entre les *Ability Studies* et les *Deaf Studies*

On distingue deux façons d'aborder la recherche sur la problématique de la surdité, ce sont deux positionnements intellectuels distincts. La première, qualifiée d'*Ability Studies* est inscrite dans un paradigme ancré sur la vision médicale et réparatrice de la surdité : l'accès au monde sonore est établi comme norme dominante. Le principe sous-jacent est de mettre en évidence ce que les sourds ont *en moins* par rapport aux entendants du fait de la privation auditive. La finalité des travaux est ainsi d'améliorer les connaissances sur les mécanismes auditifs pour rendre plus efficaces les dispositifs d'aide auditive (les prothèses auditives et les implants cochléaires) et les dispositifs éducatifs.

Le second positionnement est plus récent puisqu'il est apparu dans les années 1970-80 aux États-Unis avec les *Deaf Studies*. Les *Deaf Studies* se consacrent plus particulièrement à la question de la place des sourds, de la langue des signes et de la culture sourde dans les sociétés, et à celle de la représentation des sourds dans la société. Ce sont des travaux qui adoptent une approche plus sociologique et anthropologique de la surdité en s'appuyant sur la notion de handicap social. Cette notion de handicap a été introduite par l'anthropologue Patrick Fougeyrollas (2002) dans son modèle de Processus de Production du Handicap (PPH). Le handicap, dans le cas présent, la surdité, ne relève pas d'une condition et d'un état physique, mais d'un processus complexe qui résulte de l'interaction de facteurs personnels et environnementaux pouvant être soit des facilitateurs, soit des obstacles. Les sourds sont considérés comme une minorité linguistique et culturelle avec des caractéristiques spécifiques et originales. En France, c'est le sociologue Bernard Mottez qui a contribué à la diffusion des approches issues de ce champ d'études à partir des années 1970 (Mottez, 1981, 2006). Même si l'introduction des *Deaf Studies* dans l'espace académique français est timide, car il existe des tensions théoriques et épistémologiques vis-à-vis des *Deaf Studies*, un ensemble de recherches en sciences sociales et humaines s'est structuré autour des communautés sourdes et signantes avec des approches assez éloignées du modèle purement médical.

Pour autant, j'ai le sentiment que le clivage entre ces deux approches n'est plus aussi fort. Des rapprochements entre ces deux champs sont possibles et je pense qu'une autre voie de recherche, au carrefour entre les *Ability Studies* et les *Deaf Studies* trouve sa raison d'être. Ce sont des recherches qui s'appuient sur les connaissances conjointes des deux approches.

Il m'apparaît que les recherches que j'ai menées sur le thème de la surdité, sans doute parce que certaines d'entre elles ont trouvé leurs sources sur le terrain, m'ont amenée à approcher les Deaf Studies autant que les Ability Studies.

4. Mes travaux antérieurs dans le domaine de la Surdité et Cognition

Avant d'arriver à l'Ifsttar, j'ai consacré onze années de recherche au champ de la surdité.

J'ai d'abord abordé la problématique de la surdité en 1988-89, dans le cadre de mon Master 1, lors de mon séjour à Montréal. J'avais cherché à dégager la pertinence d'un programme cognitiviste développé par Pierre Audy (1993) sous la direction de Charles Caouette, professeur à l'Université de Montréal. Ce programme nommé API pour *Actualisation du Potentiel Intellectuel* proposait une évaluation de différentes fonctions en vue d'une remédiation cognitive. Nous avons mis en évidence que ce programme était fort adapté à la population sourde car la part des épreuves non-verbales était importante (Paire-Ficout, 1989). En 1991, j'ai réalisé une enquête auprès d'étudiants sourds québécois qui bénéficiaient d'un service d'accompagnement (prise de note, interprètes) pendant leurs cours. Ces services d'aide n'existaient pas encore en France. Ce travail de recherche a été réalisé pour valider mon Certificat d'Aptitude au Professorat d'Enseignement aux Jeunes Sourds (Paire-Ficout, 1991). Durant les années 1990-93, j'ai travaillé en tant qu'enseignante spécialisée auprès de jeunes sourds dans un établissement spécialisé pour sourds. Cette expérience de terrain m'a permis d'appréhender de très près les questionnements liés à la cognition et à l'accès au langage écrit de jeunes élèves sourds.

En 1993, j'ai validé mon DEA que j'ai réalisé dans un tout autre environnement, beaucoup plus médical, puisqu'il s'agissait du Laboratoire de Physiologie Sensorielle, au sein d'une équipe CNRS (1447) à l'Hôpital Edouard Herriot. Le pavillon U était le grand centre de la surdité où la recherche s'effectuait en milieu hospitalier autour des examens servant à confirmer, infirmer ou préciser une surdité chez les enfants en bas âge. J'ai ainsi pu assister à des examens où étaient pratiqués les potentiels évoqués auditifs (PEA) ou les oto-émissions acoustiques (OEA). Les PEA permettent de savoir si les voies auditives menant au cerveau lors de l'exposition à des bruits fonctionnent bien. Les OEA mesurent l'activité spontanée de l'oreille qui produit des sons, en réponse à une stimulation sonore extérieure. Beaucoup de travaux étaient consacrés à l'implant cochléaire et ses bénéfices sur l'apprentissage du langage oral. J'ai réalisé alors une étude dont l'objectif était de mieux comprendre les stratégies perceptives et cognitives mises en place par des personnes utilisant la perception visuelle de la parole (lecture labiale). J'avais alors démontré l'existence de deux composantes, l'une de type analyse visuelle dont la fonction est de décoder les indices visuo-articulatoires, et l'autre de type résolution de problème, chargée d'analyser les différentes dimensions linguistiques du message (lexicale, syntaxique, sémantique) (Paire-Ficout, 1993).

Comme mon expérience de terrain m'avait sensibilisée aux réelles difficultés rencontrées à l'écrit par les élèves sourds, j'ai consacré mon travail de thèse à ce thème. J'avais mis en place différents paradigmes dans le but d'identifier la capacité des lecteurs sourds à accéder à des représentations phonologiques, afin d'identifier quels pouvaient être les supports abstraits de ces représentations. Les grandes conclusions de la thèse avaient débouché sur le fait que les sourds peuvent développer des représentations phonologiques même avec des entrées sonores limitées. Contrairement aux entendants, chez qui la modalité auditive est dominante pour la construction de ces représentations, les modalités à l'origine de ces représentations sont multifactorielles chez les personnes sourdes : tant visuelle (lecture labiale), articulaire, gestuelle (langue des signes), proprioceptive (ressenti des vibrations sur le corps), que dactylogique (épellation à l'aide des mains). Les travaux provenant du Laboratoire expérimental de psychologie de l'Université de Bruxelles notamment ceux de Jacqueline Leybaert et de Jésus Alegria m'ont beaucoup inspirée. J'ai rencontré ces auteurs à plusieurs reprises et Jésus Alegria m'a fait l'honneur d'être rapporteur de ma thèse.

Durant mes deux années D'ATER à Lyon (1998-2000), j'ai réalisé différents enseignements à l'école d'orthophonie, à l'Université Lyon 2, dans différentes formations destinées à des futurs enseignants pour élèves sourds (CAPEJS), ou dans des Diplômes Universitaires, sur des thèmes variés : psychologie cognitive, psycholinguistique, apprentissage du langage oral et écrit, neuropsychologie de la surdité, bilinguisme oral-langue des signes, statistiques. J'ai supervisé plusieurs travaux de recherche d'étudiants en psychologie ou en orthophonie, tous en lien avec une problématique liée à la surdité, la cognition, l'accès au langage oral ou écrit. J'ai participé à l'organisation scientifique de deux colloques sur les thèmes du langage, dont l'un s'intitulait : « Le langage écrit : modèles, apprentissage, troubles » organisés par l'Institut des Techniques de Réadaptation.

J'ai suivi la littérature concernant les travaux sur la surdité et j'ai particulièrement été intéressée par les publications relatives aux nouvelles découvertes en neurosciences. Ces dernières ouvraient pour moi de nouvelles pistes de réflexion et de travail.

5. Avancées des connaissances grâce aux techniques des neurosciences

Durant les 30 dernières années, les progrès en neurosciences ont été considérables et ont permis de mieux comprendre les processus cognitifs à l'origine de certaines spécificités développementales dans la surdité. Ces éléments me semblent importants à décrire tant ils conditionnent les orientations de la recherche tant fondamentale qu'appliquée, et aussi les travaux que j'ai pu entreprendre par la suite.

Initiés depuis les années 1990, c'est aux Etats-Unis que les travaux en neurosciences sont les plus importants dans le champ de la surdité. L'objet d'étude concerne surtout la question de

savoir si la surdité congénitale ou acquise modifie l'organisation cérébrale et entraîne des spécificités dans le traitement cognitif. Il a par exemple été démontré que les capacités de localisation spatiale des informations visuelles sont plus développées chez les personnes sourdes : elles traitent plus rapidement des indices visuels, détectent plus vite des éléments en périphérie que des sujets entendants (pour une revue voir Frasnelli, 2011, Stolzberg 2017), et avec une plus grande précision (Seymour et al 2017). Les potentiels évoqués visuels des personnes sourdes (situés dans les aires du cortex frontal et du cortex antérieur) sont plus importants en réponse à des stimuli périphériques (Neville & Lawson 1987). Ce constat a été confirmé par des études utilisant des techniques d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), montrant une allocation plus importante des voies du mouvement lorsque des stimuli sont présentés en périphérie par rapport à des entendants (Bavelier & Neville, 2002). L'explication est que les personnes sourdes compensent l'absence d'entrée auditive par un renforcement des traitements visuels. Cela entraîne des modifications au niveau neuronal : les aires corticales normalement destinées au traitement de l'information auditive chez une personne entendante peuvent se spécialiser autrement, notamment dans le traitement des informations visuelles chez une personne sourde (Bavelier & Neville 2002 ; Dye et al., 2007, Hauser et al., 2007, Neville & Lawson, 1987, 1996, Neville et al. 1997). Concrètement, les aires cérébrales visuelles sont plus étendues par rapport à celles des entendants. Dans la même logique, des chercheurs américains ont montré que des aires du cerveau habituellement consacrées à la perception des sons étaient utilisées pour la perception des vibrations chez les sourds (Bavelier & Neville 2002). Quand ces derniers tiennent dans une main un tube en vibration, le cortex auditif s'active, alors qu'il reste silencieux chez les personnes dotées d'une ouïe fonctionnelle. Ces travaux attestent donc l'existence d'une forme de plasticité neuronale, cette plasticité étant d'autant plus notable que la surdité est congénitale.

Le développement des aires auditives s'élabore lors des trois premières années de vie (Sharma et al., 2007). Pendant cette période, les voies auditives centrales sont extrêmement plastiques et ont, plus que jamais, besoin d'être stimulées pour développer leurs compétences. Passé cette période critique, les aires auditives secondaires sont découplées des aires auditives primaires (Kral et al., 2012, Kral, 2009) et une réorganisation cross-modale est alors possible. Les travaux de Neville et al., (2002) ainsi que les études en imagerie cérébrale de Fine et al. (2005) fournissent des preuves d'activation du cortex auditif par des stimuli visuels du langage. La relation entre la réorganisation cérébrale (due à la privation d'un sens) et l'efficacité des habiletés perceptives serait modulée par certains facteurs tels que l'âge d'apparition de la surdité et l'expérience auditive. En effet, ces habiletés perceptives n'existeraient pas chez des personnes dont la surdité arrive plus tardivement (Bavelier & Neville, 2002, Frasnelli, 2011).

L'implant cochléaire représente une belle opportunité d'observer les potentialités de plasticité chez des personnes qui en sont porteuses. Mais l'utilisation de certaines techniques de neuroimagerie est limitée en raison des artefacts qu'elles génèrent. Par exemple, la technique d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) peut provoquer des

sons qui interfèrent avec l'implant cochléaire. Ainsi, les réponses acoustiques produites peuvent masquer les réponses corticales auditives, et rendre les comparaisons moins significatives entre les groupes.

Récemment, Dewey (2015) a utilisé la technique d'imagerie par spectroscopie proche infrarouge fonctionnelle (en anglais fNIRS pour fonctional Near Infrared Spectroscopic) pour étudier les réponses du lobe temporal aux stimuli auditifs, visuels et somatosensoriels chez des participants sourds profonds et chez des entendants. Cette technique consiste à mesurer le taux d'oxygénation dans le sang d'une zone du cerveau afin d'en déduire son activité. Elle présente l'avantage d'être silencieuse, non invasive, et compatible avec l'implant cochléaire et les appareils auditifs. Les résultats de cette étude ont montré que les stimuli acoustiques ont provoqué une réponse significative dans la région temporelle auditive chez les entendants, ce qui n'a pas été observé chez les participants sourds profonds. En revanche, le mouvement visuel a provoqué une réponse plus large dans le lobe temporal droit des participants sourds profonds, par rapport aux entendants. De plus, la réponse à la stimulation somatosensorielle du lobe temporal bilatéral était comparable dans les deux groupes. Ces résultats confirment que la privation auditive est associée à la plasticité intermodale des apports visuels au cortex auditif. Avec la fNIRS, Seymour et al. (2017) ont montré que des personnes sourdes avaient de meilleures performances dans une tâche de champ visuel utile et une plus grande activité pendant la tâche dans la partie postérieure de la zone de Brodmann 22, région qui intervient habituellement dans le traitement auditif et la compréhension du langage, que les entendants. Anderson et al. (2017) se montrent particulièrement enthousiastes face à l'utilisation possible de cette technique d'imagerie pour les années à venir. Elle devrait permettre d'améliorer la compréhension du traitement des informations auditives et visuelles chez les personnes sourdes, la plasticité corticale et les effets de l'utilisation d'un implant cochléaire sur la restauration auditive et la connectivité fonctionnelle intra-modale et inter-hémisphérique.

En conclusion, un certain nombre de travaux ont montré des capacités comportementales supranormales dans la modalité sensorielle non déprivée (comme dans la modalité visuelle chez les personnes sourdes), témoignant de l'existence d'une plasticité compensatoire qui se produit dans des régions cérébrales défavorisées tout au long du développement. Les régions cérébrales dépourvues de sens sensoriel peuvent simplement ne plus être utilisées, entraînant une perte de fonction ou se voir réaffectées pour d'autres modalités de traitement. Cependant, l'essentiel de ces travaux insiste sur le caractère précoce de cette privation pour qu'une réorganisation soit effective. Lorsque la surdité survient plus tardivement, les effets compensatoires ne sont pas aussi probants, voire inexistantes.

6. La modalité temporelle dégradées en l'absence d'audition

Selon Conway et al. (2009), la confrontation aux informations sonores est importante voire essentielle pour développer des habiletés temporelles. Des données montrent en effet qu'une audition normale, dès le début de la vie, perfectionnent les processus temporels, la perception du rythme, le rappel sériel immédiat, la perception de patterns séquentiels (Tillmann et coll., 2012) et l'apprentissage implicite de séquences (Conway et coll., 2005). Par essence, les sons constituent un matériel séquentiel dans lequel les aspects temporels (durée et ordre des événements) sont primordiaux (Tillmann et coll., 2012). Conway et al. (2009) utilisent la métaphore « d'échafaudage auditif » (Auditory Scaffolding Hypothesis) pour expliquer que ces processus temporels de séquentiation s'élaborent de manière progressive et emboîtée pendant le développement. Les connexions neuronales entre le lobe temporal et le lobe frontal du cerveau jouent un rôle essentiel dans l'établissement de cet échafaudage.

En conséquence, l'absence de son dans le développement empêcherait l'enfant de la source la plus efficace de développer ses capacités de séquentiation d'un signal. Un manque de stimulation auditive précoce entraverait l'encodage ainsi que la manipulation des informations séquentielles y compris dans les modalités visuelles. Conway et al. (2011) a également montré que des enfants sourds implantés cochléaires à l'âge de quatre ans ont présenté des troubles de l'apprentissage des séquences visuelles et de séquences motrices (type *tapping*) par rapport aux enfants entendants. Ces résultats suggèrent qu'une période de privation auditive perturbe l'apprentissage séquentiel et explique aussi pourquoi certains enfants sourds éprouvent encore des difficultés avec le langage après une implantation cochléaire. Dans la même lignée, Virole et Esperne (2011) commentent la grande difficulté de deux enfants sourds profonds congénitaux implantés cochléaires, âgés de dix ans, avec l'intégration de la durée et du temps de silence lors de l'apprentissage du piano. Les durées de silence, entre deux sons, sont particulièrement difficiles à respecter les empêchant de reproduire la structure temporelle d'une séquence musicale.

En résumé, il semblerait donc que, même lorsqu'ils bénéficient d'un implant cochléaire, les sourds aient des difficultés avec la séquentialité en raison de retard dans le développement de l'attention temporelle.

7. Mes travaux sur la surdité qui intègrent la problématique transport

Quand je suis arrivée au Lescot, le thème handicap et transport était déjà abordé avec Claude Marin-Lamellet qui travaillait sur la mobilité des personnes déficientes visuelles et Aline Alauzet sur l'analyse des situations de handicap dans les transports, d'un point de vue global. La problématique de la surdité dans les transports s'est tout naturellement imposée à moi.

7.1. Conséquences de la surdité sur la vie quotidienne et la mobilité

Les répercussions de la surdité sur la vie quotidienne sont multiples et bien mal identifiées, voire minimisées par les personnes qui ne connaissent pas ce handicap. Les interactions avec une personne sourde qui ne s'exprime pas oralement sont rapidement limitées. Elles sont comparables à celles que l'on a avec une personne étrangère avec laquelle on ne partage pas le même langage. Si la personne s'exprime oralement, sa voix peut surprendre et un effort de compréhension de la part de l'interlocuteur est nécessaire. En retour, un effort d'élocution est indispensable pour se faire comprendre : en parlant bien en face avec un débit ralenti et une articulation exagérée pour que la personne sourde puisse lire sur les lèvres.

Dans un monde où le mode de communication est majoritairement basé sur des échanges oraux, les personnes sourdes doivent faire preuve d'une grande adaptation pour parvenir à mener à bien leurs activités quotidiennes telles que faire des achats, se procurer un billet de transport, demander son chemin dans la rue... Le recours à un interprète est parfois nécessaire pour une visite chez le médecin ou pour réaliser des démarches administratives ou juridiques. Rares sont les personnes entendantes familiarisées au mode de communication des personnes sourdes, et certaines d'entre elles peuvent manifester de la g ne ou de l'impatience quand les échanges sont vains.

Laurent Saby, dans sa thèse soutenue en 2007 a identifié, au moyen d'une enquête et des suivis de parcours, plusieurs contextes générant des situations de handicap pour les personnes sourdes. Les plus souvent citées par les intéressés sont les évacuations d'urgence, les annonces sonores d'événements imprévus dans les transports, les interactions aux guichets pour l'achat des billets et les demandes d'orientation, les interactions via un interphone, et enfin les problèmes de cohabitation entre les piétons sourds et les véhicules, trams, et vélos dont l'approche ne peut être anticipée (Saby, 2007).

Bien que la surdité n'entraîne pas de difficulté de locomotion proprement dite, l'incidence sur la mobilité est donc non négligeable. La loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées a permis de sérieuses avancées dans différents domaines mais tout n'est pas résolu. Les lacunes en matière de dispositif pour les sourds pour faciliter l'accès aux informations voyageur dans les transports a été pointé à plusieurs reprises (Levy 2003, Renard 1993). La question des annonces sonores dans les gares, qui constitue un problème et un frein à la mobilité de quatre personnes sourdes sur cinq (Fitz-Patrick 1990), a fait l'objet d'un premier travail de recherche que j'ai mené.

7.2. Quand la signalétique s'anime...

SURDyn (Signalétique d'Urgence Dynamique pour les usagers sourds et malentendants) est un projet n  en 2008 dans la lignée des travaux de thèse de Laurent Saby. Ce projet traite de

l'accès aux informations voyageurs et notamment aux informations de perturbations dans les transports.

Au cours de ces trente dernières années, le développement des réseaux de transport inter et intra-urbains a considérablement transformé la configuration des gares françaises. Initialement conçues pour faire transiter un seul type de voyageurs, les gares se sont progressivement transformées en pôle d'échanges multimodaux. Aujourd'hui, elles offrent la possibilité aux usagers d'emprunter alternativement plusieurs modes de transport (bus, tram, TER, TGV). Cette mutation des gares françaises a entraîné l'émergence de plateformes d'informations multi formats. Cependant, l'organisation des informations n'a été que peu modifiée. Ainsi, les messages informant d'un danger ou d'une perturbation, qui exigent une perception et une compréhension rapide, sont aujourd'hui encore, transmis oralement, dans certains espaces uniquement, une seule fois et dans un flux continu d'informations. Ces messages sont de fait difficilement intelligibles. Ils pénalisent les personnes sourdes et malentendantes, les personnes âgées mais aussi les personnes étrangères, aussi bien du point de vue de leur sécurité, de leur confort de déplacement, que de leur droit à bénéficier du même niveau de service que les autres voyageurs.

Un groupe de travail présentant des compétences complémentaires s'est constitué avec Aline Alauzet et Fanny Conte (Lescot), Laurent Saby (Certu-Cerema) et moi. Jean-Michel Boucheix et Stéphane Argon, de l'Université de Bourgogne (LEAD-CNRS) ont rejoint le groupe peu après, tant leur champ de compétences était en phase avec le projet que nous souhaitions développer. Il s'agissait de concevoir des animations graphiques susceptibles de relayer les messages sonores dans une modalité visuelle accessible au plus grand nombre dans une gare ou un pôle d'échange. Plusieurs arguments, issus de la littérature scientifique, en faveur de l'utilisation de l'animation peuvent être avancés.

7.3. Arguments en faveur de l'utilisation de l'animation pour la diffusion de messages dans les gares

On assiste actuellement à une véritable explosion des animations multimédias. L'animation consiste en une présentation de séries d'événements visuels pour décrire un phénomène d'une complexité variable. Elle s'impose peu à peu comme un support pertinent dans le domaine de l'apprentissage (Arguel, A., & Jamet, E. 2009, Boucheix, 2008, Boucheix & Forestier, 2017, Höffler & Leutner, 2007, Lowe, 2008 ; Schnotz & Lowe, 2008). Malgré tout, son bénéfice n'est pas toujours démontré, comme le montre la récente revue de littérature de Berney et Bétrancourt (2016). L'animation, de par son caractère dynamique, favoriserait la construction d'un modèle mental pour la compréhension de l'action ou pour la compréhension d'un principe technique (Boucheix, 2008 ; Kris & Hegarty, 2004 ; Lowe, 2003). Le bénéfice de l'animation est attesté, mais uniquement dans les cas où un ensemble de précautions est pris en considération lors de la conception. Il importe notamment de veiller à

ce que les notions présentées soient connues de l'observateur et ne fassent pas appel à des connaissances trop abstraites (Schnotz & Lowe, 2008). Il s'agit également de veiller à ce que les changements ne soient pas trop brefs, un flux d'information trop rapide pouvant dépasser les capacités de la mémoire de travail. Enfin, ces changements d'états ne doivent pas survenir en même temps au risque de créer une surcharge cognitive, ce qui rendrait l'observateur incapable de traiter correctement l'information. Au contraire, l'animation doit permettre d'alléger la charge cognitive en externalisant le traitement des informations visuo-spatiales impliquées dans la construction d'un modèle mental (Mayer 2002). En rendant plus concrets les mécanismes sous-jacents d'un phénomène complexe ou d'un processus dynamique, l'animation favorise la construction des représentations mentales, la compréhension et aussi l'apprentissage du dit phénomène.

Les travaux récents sur l'animation préconisent l'ajout d'indices visuels afin d'accompagner davantage l'attention de l'apprenant ou de l'observateur sur les éléments à regarder. L'ajout de flèches apparaissant successivement sur l'objet ou les objets à traiter, la présentation d'un graphique plus saillant, le clignotement d'un élément sont autant de facteurs qui favorisent le traitement de l'animation. La présentation de plans intégrés (comme un format linéaire) ou encore la possibilité d'interagir avec le système pour effectuer des retours en arrière permettent également d'améliorer les performances de compréhension (Boucheix, 2008 ; Schnotz & Lowe, 2008).

Les différences interindividuelles sont également à prendre en compte lorsque l'on examine le rôle de l'animation. Les effets de l'animation diffèrent selon l'expertise des personnes vis-à-vis du domaine. Selon Lowe (2004), les novices seraient plus attirés par des éléments animés non pertinents mais saillants, tandis que les experts sauraient faire la distinction et considérer en premier lieu les éléments pertinents.

Peu de travaux se sont intéressés à la question de la compréhension de l'animation graphique par des apprenants sourds. Une étude, cependant, souligne l'intérêt d'utiliser un support multimédia dans le contexte de l'apprentissage avec des jeunes sourds. Les auteurs précisent qu'il est nécessaire de réduire à sa plus simple expression le recours à l'écrit dans les documents multimédias (Debevc & Peljhan, 2004), compte tenu des difficultés vis-à-vis du langage écrit de certaines personnes sourdes (Paire- Ficout, 1998).

Grâce au Predit (Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres), auprès duquel nous avons obtenu un financement, nous avons élaboré une solution graphique dérivée de pictogrammes normalisés (quand ils existaient) pour traduire visuellement les annonces sonores (Paire-Ficout et al., 2010 ; Paire-Ficout et al. 2013). Nous avons testé la compréhension de cinq messages sécuritaires et de perturbation extraits de la base de messages sonores de la SNCF « changement de voie », « suppression d'un train », « retard d'un train », « perturbation de la circulation de tous les trains », « passage d'un train sans arrêt ». Quatre formats graphiques (mettant plus ou moins en jeu les techniques de l'animation) ont été élaborés avec l'aide d'un infographiste en s'appuyant à la fois sur les

recommandations de la littérature et celles de personnes sourdes. Un exemple de message est présenté dans la Figure 1.

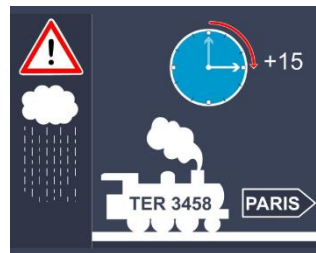


Figure 1 : Exemple d'un message « retard d'un train » en format statique

D'un point de vue théorique, il s'agit de créer des designs les plus « affordants » possibles de sorte qu'ils facilitent le traitement en favorisant la construction du modèle mental. Pour que cette construction soit réussie, il importe que la correspondance entre les représentations externes (le design) et internes (modèle mental) soient le plus cohérent possible et en lien avec l'action qu'ils décrivent. Il s'agit donc de comparer différentes solutions graphiques pour savoir laquelle est la plus adaptée et notamment pour les personnes sourdes.

Quatre-vingt-huit personnes ont participé à l'expérience. Les résultats ont montré que les messages animés étaient mieux compris, suscitaient moins de mauvaises interprétations et étaient préférés par la majorité des participants, comparativement aux autres formats plus statiques. Les sourds de naissance obtenaient de meilleures performances que les autres groupes (y compris quand l'âge était mis en covariable). Le format animé favorise également la compréhension de personnes âgées (Groff et al., 2013).

La même expérience a été menée, dans le cadre d'un travail de Master 1 que j'ai encadré, en comparant les performances de compréhension de 20 personnes présentant un handicap cognitif et 20 participants contrôles sans déficit cognitif. Les résultats ont montré que les personnes avec un handicap cognitif comprenaient relativement bien les messages graphiques, surtout les plus simples, mais que l'animation n'améliorait pas particulièrement leur compréhension. Nous avons suggéré que des capacités de mémoire de travail plus faibles et une vitesse de traitement ralentie chez des personnes avec un handicap cognitif (objectivés par des tests neuropsychologiques) pouvaient expliquer cette absence d'amélioration de la compréhension des messages. En effet, l'animation impose un rythme de défilement pour permettre une bonne fluidité mais la contrepartie est que les informations sont éphémères, et disparaissent au fur et à mesure que les suivantes apparaissent (transience effect, Boucheix & Forestier, 2017). Ces informations labiles doivent pourtant être mises en relation avec les précédentes pour créer un ensemble cohérent. Ainsi, lorsque les capacités de mémoire de travail et de vitesse de traitement sont réduites, l'animation n'est pas nécessairement bénéfique. La méta-analyse de Berney & Bétrancourt (2016) l'illustre bien : la mémoire de

travail est limitée tant en capacité qu'en durée de maintien des informations. Cette conclusion est en accord avec la Théorie de la charge cognitive (Sweller et al., 2011).

J'ai co-encadré avec Jean-Michel Boucheix la thèse de Jonathan Groff, intitulée « Traitement des animations graphiques adaptées à la signalétique transport », et soutenue en novembre 2013 (Groff, 2013). Ce travail comportait 6 expérimentations qui ont permis d'améliorer la connaissance sur les mécanismes perceptifs et cognitifs impliqués dans le traitement d'une animation graphique. Les messages ont été restructurés de manière à ce qu'ils soient plus homogènes du point de vue de leur contenu (quantité d'information et d'événements), cf. Figure 2.

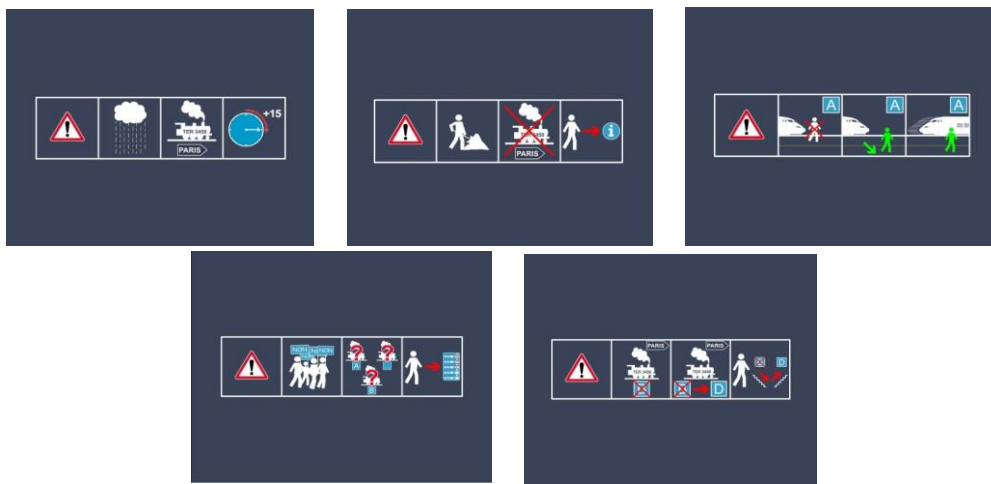


Figure 2 : Les cinq messages pour informer les voyageurs

Ce reformatage organisationnel des messages en série d'épisodes présentés séquentiellement sous la forme : cause, (ex : en raison du mauvais temps), effet (ex : le train TER n°3835 sera annulé) et action (ex : veuillez-vous diriger vers un guichet pour tout renseignement) s'avère toujours mieux compris en format animé qu'en format statique. Les données oculométriques ont révélé une baisse rapide et continue de la durée d'observation d'un épisode à l'autre dans la condition animée par rapport à la condition statique (Groff et al, 2011, Groff et al. 2014). Le traitement de la première image décrivant la cause (et introduisant l'événement principal), semble avoir très rapidement et très efficacement activé les schémas internes correspondant aux deux derniers événements. Le temps d'observation est ainsi considéré comme un indicateur du coût cognitif. Dans une tâche plus écologique, dans un environnement virtuel représentant une gare, les graphiques animés ont été utilisés en contexte : il s'agissait de réagir à des consignes de direction en étant équipé d'un casque en réalité virtuelle. Les réactions des participants montraient qu'ils parvenaient à répondre de manière adaptée à la consigne représentée par l'animation graphique (Groff et al. 2014).

7.4. Quand la signalétique se double d'un avatar en langue des signes

Le projet SURDyn 2, piloté par Aline Alauzet et moi-même, une nouvelle fois financé par le Prédit, a permis de tester la pertinence de réaliser un couplage entre les graphismes animés déjà élaborés et un avatar en langue des signes (cf. exemples de couplage Figures 3 et 4). Ce signeur virtuel, baptisé Jade, développé par le laboratoire LIMSI et la société WebSourd, était déjà implanté dans les gares sous une forme moins élaborée.



Figure 3: Exemple de couplage en format juxtaposé



Figure 4 : Exemple de couplage en format intégré

L'objectif consistait à coupler les deux médias de la manière la plus optimale possible et de tester la validité et la pertinence de ces solutions du point de vue de la compréhension et de leur acceptabilité, en impliquant les personnes sourdes ou malentendantes dans la conception et dans la phase de test. L'expérimentation en laboratoire a utilisé les cinq messages graphiques conçus dans SURDyn (trois inchangés et deux améliorés), avec la traduction en langue des signes par Jade. Les mouvements des yeux des participants étaient enregistrés pendant qu'ils regardaient l'écran (à l'aide du système d'oculométrie TOBII), de manière à savoir exactement où et à quel moment leur regard était dirigé.

Les résultats ont montré que le format le mieux compris, ayant donné lieu à des stratégies visuelles les plus efficaces, et le plus apprécié des participants était le format intégrant l'avatar au centre de l'écran avec les animations tout autour (Figure 4). L'expérimentation menée dans un environnement de gare, avec 6 personnes sourdes et 2 personnes entendant, a montré que les messages pouvaient être transposés « grandeur nature ». Les participants ont su faire preuve d'une bonne adaptabilité en termes de décisions à prendre à propos des perturbations concernant le train qu'ils étaient supposés prendre.

D'un point de vue pratique, même si la Direction des Gares de la SNCF s'est montrée fort intéressée par ce développement, les messages couplés n'ont pas trouvé leur place, mais nous avons cependant vu apparaître des messages animés ici et là, et Jade existe toujours aussi dans certaines gares françaises. Malheureusement WebSourd a déposé le bilan peu après la fin du projet, cette société n'a donc pas pu relayer le projet.

7.5. L'apport de l'animation dans le matériel d'apprentissage du code de la route

Au-delà de la question liée à l'orientation des personnes sourdes dans les systèmes ferroviaires, se pose également celle de l'accès au permis de conduire et plus précisément au code de la route (Paire-Ficout, Borgetto, 2012). L'examen théorique nécessite l'apprentissage d'un grand nombre de règles. Pour réussir, le candidat doit se livrer à un apprentissage et à un entraînement soutenu pour acquérir toutes les connaissances techniques et les fondements des règles. Au fur et à mesure de son apprentissage, le candidat réussit à déjouer les pièges de certaines questions en aiguisant son habileté à analyser rapidement et en profondeur tous les éléments de la scène. Cependant, le matériel d'apprentissage du code de la route repose essentiellement sur l'écrit (manuels d'apprentissages, séries de questions à choix multiples, sites internet). Ce matériel peut représenter un obstacle pour les candidats ayant des difficultés à l'écrit comme c'est le cas des personnes dyslexiques, dysphasiques et dyspraxiques (« dys »), mais aussi des personnes sourdes qui présentent un retard majeur en Français. Les candidats cérébrolésés (séquelles d'un traumatisme crânien) peuvent également rencontrer des problèmes d'apprentissage et se retrouver en échec. Selon un rapport parlementaire de 2005, le taux de réussite à l'examen du code de la route était de 58 % pour les candidats francophones alors qu'il était de 27 % pour les candidats ne maîtrisant pas la langue française (Bertrand, 2005). Malgré l'instauration d'aménagements pour ces candidats¹ (« dys », non francophones, sourds, cérébrolésés), les taux de réussite restent faibles.

Une première étude a été réalisée au sein de l'auto-école lyonnaise « Ecart de conduite » qui prépare des candidats sourds au permis de conduire. Des cours spécifiques leur sont dispensés, les interactions se font en langue des signes. Ces conditions de préparation sont relativement rares ce qui explique que certains candidats viennent de très loin pour bénéficier de telles conditions. Les tests de code de la route réalisés dans cette auto-école sur la période 2013-2015 chez 15 candidats sourds âgés de 24 ans (± 5 ans, 9 ♂, 6 ♀) et de 14 entendants âgés de 23 ans (± 7 ans, 9 ♂, 6 ♀) ont été analysés pour faire un état des lieux. Le tableau 1 montre que le nombre total d'échecs, ainsi que le nombre moyen de mois de préparation sont significativement plus élevés chez les candidats sourds, le pourcentage de fautes commises aux tests l'est également. Malgré le caractère très exploratoire de cette étude, elle a le mérite de montrer que malgré les conditions de préparation favorables, les difficultés demeurent, le taux d'échec restant élevé. Ces résultats ont été présentés dans le cadre des entretiens Jacques Cartier (Robert, Forestier, Boucheix, Paire-Ficout, 2015).

¹ La loi sur le handicap de 2005 préconise l'instauration d'examens dédiés, d'un tiers temps supplémentaire et la présence d'un interprète pendant l'examen en cas de besoin

Tableau 1 : Comparaison des résultats (% de fautes par thèmes) aux tests d'entraînement au code de la route entre les candidats sourds et entendants

| | Sourds n=15 | Entendants n=14 | p |
|-----------------------------------|-------------|-----------------|--------------|
| Nb total d'échecs, n (%) | 11 (73%) | 2 (14%) | 0,004 |
| Nb de mois de préparation, m (SD) | 8 (5) | 4 (2) | 0,004 |
| Fautes par thèmes (%) | | | |
| Prise de conscience du risque | 38 | 29 | 0,006 |
| Eco-conduite | 13 | 10 | 0,001 |
| Signalisation | 32 | 25 | 0,04 |
| Priorité | 29 | 23 | 0,06 |
| Règle de circulation | 34 | 28 | 0,07 |
| Partage route | 28 | 26 | 0,5 |
| Tunnel passage à niveaux | 30 | 25 | 0,1 |
| Croisement | 30 | 26 | 0,2 |
| Arrêt stationnement | 30 | 25 | 0,2 |

Deux autres problèmes se posent dans le contexte de l'apprentissage du code de la route et qui ne sont pas forcément liés à la problématique des candidats sourds. Premièrement, il est demandé, à des candidats qui n'ont jamais conduit, d'appliquer des règles à partir de situations qu'ils n'ont jamais expérimentées par eux-mêmes. C'est un peu paradoxal car les candidats n'ont pas encore acquis de connaissances procédurales qui leur permettraient de répondre de façon adaptée aux questions de mises en situation. Deuxièmement, ces règles doivent être appliquées à partir d'un matériel statique alors que la situation de conduite est par essence dynamique.

Par rapport à ces questions soulevées, un des enjeux de la recherche a consisté à développer et à tester un nouveau type de matériel basé sur l'animation graphique avec l'idée de rendre plus immersif et dynamique le matériel d'apprentissage du code de la route. Il s'agit de favoriser la construction de représentations procédurales en s'appuyant sur la théorie de la cognition incarnée (embodiment). La cognition incarnée défend que la cognition est enracinée dans les systèmes sensori-moteurs, les actions, le corps et ses interactions avec l'environnement (Caramazza, 2014). En simulant de manière plus concrète la situation de conduite, les interactions entre un véhicule qui se déplace et les autres usagers sont favorisées. Le dynamisme permettrait ainsi de rendre compte de la

vitesse des véhicules, et de la distance entre les éléments de la scène, l'ensemble permettant d'envisager et d'évaluer leur évolution dans le temps.

Les travaux réalisés dans le cadre du projet ACOSUR (contrat DSR, 2015-2017) et de travaux d'étudiants que j'ai encadrés (master 2 de Sébastien Laurent et master 1 de deux étudiantes) ont permis de montrer qu'un matériel pédagogique basé sur de l'animation permet d'améliorer significativement les prises de décisions dans un contexte de scène routière. Les candidats au code de la route, sourds ou entendants, se montrent plus performants pour décider s'il est possible ou non de doubler ou de s'insérer dans une intersection ou sur l'autoroute quand la scène est animée que lorsqu'elle est statique (Laurent et al. soumis). Les animations ont l'avantage sur un format statique de pouvoir transmettre des informations temporelles, de distance et de vitesse. Elles ont été conçues en suivant les recommandations de la littérature sur le multimédia (principe d'appréhension et de congruence) et de manière à ce que le candidat soit placé derrière le volant du véhicule (plan subjectif, cf. Figure 5) pour favoriser l'immersion (« embodiment ») (cf. les travaux de Boucheix et al. 2018).

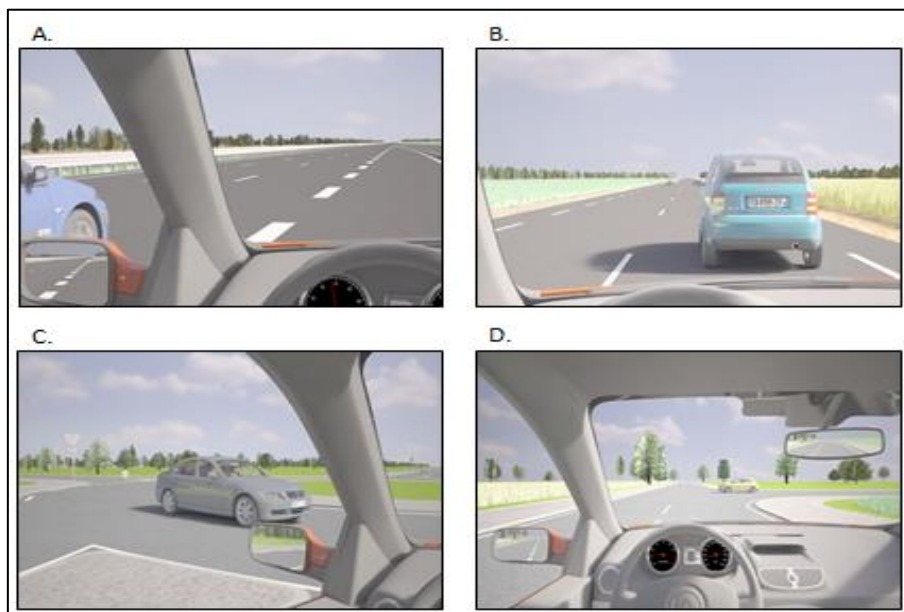


Figure 5. Captures d'écran de l'animation avant la prise de décision sur les quatre situations

A : Insertion sur autoroute, B : Dépassement, C : Insertion sur rond-point, D : Intersection.

Comme il a été évoqué plus haut, les personnes sourdes connaissent des difficultés dans le traitement temporel et spatial de l'information en raison de l'absence d'expérience auditive (Conway, 2009 ; Dye et al. 2007). Comme l'animation permet de restituer les éléments temporels (la vitesse) et spatiaux (la distance), l'animation devrait être d'autant plus utile pour les candidats sourds. Elle pourrait jouer un rôle compensateur en palliant ainsi les difficultés d'ordre spatio-temporel.

D'un point de vue théorique, ces résultats sont en cohérence avec l'approche de la cognition incarnée (Barsalou, 2008 ; de Koning & Tabbers, 2011). Les systèmes cognitifs et sensori-moteurs fonctionnent de manière coordonnée et non pas indépendante. Ainsi une prise de décision (niveau cognitif) résulte d'une réponse motrice (niveau de l'action) elle-même dépendant du stimulus animé (niveau perceptif). Tous ces niveaux seraient donc profondément liés.

Les travaux en neuro-imagerie ont permis de montrer cette liaison étroite : des réponses neuronales de nature motrice se produisent alors que l'individu est simplement en train d'observer un autre individu réalisant un geste, et donc un acte moteur (Rizzolatti & Craighero, 2004; van Gog et al., 2009). Ce parallélisme s'opère grâce à l'existence d'une catégorie de neurones que l'on appelle des neurones miroirs. Ces neurones ont en effet la particularité de s'activer aussi bien lorsqu'un individu exécute une action que lorsqu'il observe un autre individu exécuter la même action, voire même lorsqu'il imagine une telle action. Leur nom vient du fait que, comme dans un miroir, ils permettraient de se voir agir à la place de l'autre.

Ces découvertes ont permis d'expliquer beaucoup de phénomènes dans le domaine de la psychologie développementale et de la psychologie de l'apprentissage en mettant à jour le rôle majeur de l'imitation dans les processus d'apprentissage. Les enfants apprennent en observant, en imitant. L'observation de leur cerveau en temps réel l'atteste bien (Calvo-Merino et al. 2005; Melzoff, 2018). La psychologie sociale a également bénéficié de ces avancées sur les neurones miroirs pour expliquer les phénomènes empathiques. L'observation d'une émotion recrute une région spécifique de neurones qui est également activée quand la personne ressent elle-même cette émotion (Kaplan et al. 2006).

Par ailleurs, plusieurs travaux attestent que, bien que moins efficace, le visionnage d'une vidéo peut aussi activer le système neuronal miroir (Järveläinen, 2001). Cette donnée est particulièrement intéressante compte tenu de notre contexte d'étude sur l'analyse des scènes routières. En effet, l'idée est qu'une scène routière animée serait plus à même de solliciter ces neurones miroirs qu'une scène routière statique. Cela se traduirait par le fait que l'observateur s'engagerait dans la tâche avec plus d'intensité compte tenu du réalisme de la situation. Cette hypothèse est appuyée par le comportement observé des participants durant la tâche : ils simulent l'appui sur une pédale virtuelle ou orientent leur corps à l'approche d'un virage. Si ce n'est le système des neurones miroir, ce seraient les régions motrices ou pré-motrices qui seraient engagées.

Des explorations de nature physiologiques vont permettre d'explorer ces hypothèses en recueillant des mesures pupillaires (grâce à l'oculomètre TOBII) et cérébrales (grâce à la fNIRS, spectroscopie proche infrarouge) pendant la réalisation de la tâche. Le diamètre pupillaire donnera une indication sur la charge cognitive allouée alors que l'observateur traite une scène routière. Si une scène routière animée est moins coûteuse en ressource cognitive, cela se traduira par une dilatation moins importante des pupilles. L'activité préfrontale, siège de l'effort cognitif et exécutif, devrait également être moins importante. De même, les aires pré-

motrices pourraient s'activer davantage avec l'animation en accord avec la théorie de la cognition incarnée selon laquelle les systèmes cognitifs et sensori-moteurs fonctionnent de manière coordonnée et non pas indépendante. Cela se traduirait par le fait qu'une prise de décision à propos d'une scène routière pourrait entraîner une activation des systèmes pré-moteur voire moteur (Barsalou, 2008 ; de Koning & Tabbers, 2011). Des différences devraient également s'observer entre des candidats sourds et entendants sur l'activation des aires cérébrales. Ces hypothèses sont actuellement explorées dans le cadre de la thèse de Sébastien Laurent que j'encadre avec Jean-Michel Boucheix.

Chapitre 3. Vieillesse et conduite automobile

La seconde thématique sur laquelle je travaille depuis que je suis arrivée à l'Inrets en 2002, devenu Ifsttar en 2011, questionne le maintien de l'activité de conduite automobile en vieillissant, et plus généralement la mobilité des personnes âgées, avec la question centrale des effets du vieillissement normal et pathologique sur la mobilité. Comment les personnes s'adaptent-elles et régulent-elles leurs activités en fonction des changements qui surviennent avec l'âge et la pathologie ? Comment parviennent-elles à rester mobiles et socialement actives en toute sécurité pour elles et pour les autres usagers ? Ce sont des préoccupations essentielles de notre société qui voit sa population âgée augmenter plus vite que les autres classes d'âge dans les décennies à venir.

1. Données démographiques des prochaines décennies

En France, selon les données de l'INED, le nombre de personnes âgées de 65 ans ou plus va augmenter de 57 % entre 2019 et 2080 (INED, <https://www.ined.fr/> et la Figure 6 qui représente cette évolution). Parallèlement, la mobilité des personnes de plus de 65 ans a grandement augmenté, elle va probablement s'accroître encore davantage. La conduite automobile reste un moyen de transport essentiel dans cette tranche d'âge de la population.

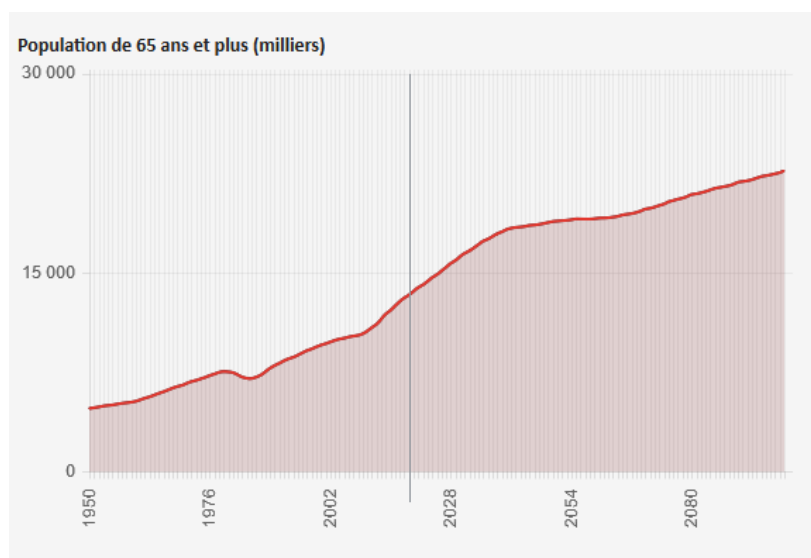


Figure 6 : Evolution et projection de la population âgée de 65 ans et plus depuis 1950 en France métropolitaine.

La conduite automobile est une activité complexe qui requiert le bon fonctionnement des fonctions psychomotrices (coordonner les actions sur le volant, les pédales, la boîte à vitesse), perceptives (voir et percevoir les éléments composant une scène routière), kinesthésiques (sentir le régime et les vibrations du moteur et du véhicule), et bien évidemment cognitives.

Parmi ces dernières, on distingue celles qui relèvent de la sélection des informations dans l'environnement avec l'attention sélective, l'inhibition, l'attention divisée, les situations de double tâche et l'attention soutenue, de celles qui relèvent davantage de la sélection des réponses et qui sont du registre des fonctions exécutives avec la planification, la flexibilité mentale, la gestion des conflits, l'inhibition de l'action.

La conduite fait également appel à deux types de processus distincts, ceux qui sont *automatiques* car déclenchés sans intervention du conducteur et nécessitant peu de ressources cognitives et de niveau de conscience (ex : passer les vitesses), et ceux qui sont *contrôlés*, car initiés par le conducteur lui-même, donc plus coûteux en ressources attentionnelles et faisant appel à des niveaux de conscience plus élevés (Schneider and Shiffrin, 1977, Parasuraman, 2000).

Avec l'âge ces fonctions et processus subissent des modifications qui peuvent avoir des conséquences sur la conduite automobile. Les travaux effectués dans les domaines de la psychologie cognitives et des neurosciences ont permis de faire progresser les connaissances sur le sujet durant ces dernières années.

2. Les modifications liées au vieillissement

Il est admis que le vieillissement, même en l'absence de pathologie, se traduit par des modifications de certaines fonctions cognitives. Les modifications les plus importantes concernent la vitesse de traitement (Salthouse, 1996), la mémoire de travail (Salhouse et al. 1991, Hasher & Zack, 1988 ; Baddeley, 1992), la mémoire épisodique (Hertzog et al. 2003) et les fonctions exécutives (Alpérovitch, 2002, Turner & Spreng, 2012). Des retentissements sur les activités de la vie quotidienne, notamment sur l'activité de conduite ou la marche peuvent apparaître. En revanche, d'autres fonctions cognitives restent bien préservées. C'est le cas des habiletés verbales ou de mémoire sémantique (Park et al., 1996), de mémoire évaluée de manière implicite (Isingrini, Vazou & Leroy, 1995) et également les habiletés procédurales (Mitchell et al. 1990).

Plusieurs modèles ont été proposés pour expliquer les caractéristiques des effets du vieillissement sur la cognition. Les uns mettent en avant le ralentissement de la vitesse de traitement, d'autres le déclin des fonctions exécutives ou la réduction de la réserve des ressources.

Pour Salthouse (1996) le ralentissement graduel de la vitesse de traitement touche à la fois la sphère sensori-motrice et les processus cognitifs centraux. Bien qu'il ne soit pas facile de savoir quel type de répercussion il a sur les autres fonctions cognitives et leur fonctionnement, cet auteur défend l'idée que ce ralentissement est responsable des baisses de performances observées dans une grande variété de tâches cognitives. La vitesse représenterait ainsi un bon

prédicteur des effets de l'âge sur la mémoire de travail (Salthouse, et Babcock, 1991) et sur le raisonnement (Lindenberger et al. 1993). Le ralentissement de la vitesse de traitement pourrait en partie expliquer des baisses de performances que l'on observe en conduite automobile chez les personnes âgées.

Le modèle proposé par Craik et Bialystock (2006) suggère l'existence de deux fonctions qui interagissent entre elles : les représentations et le contrôle. La première correspond aux connaissances générales qui sont accumulées pendant toute la vie (on parle aussi de connaissances cristallisées) et peu affectées par le vieillissement. La seconde fonction correspond au contrôle que l'on effectue sur les processus exécutifs. Elle a pour rôle de réguler les activités cognitives et le comportement en général. Elle est plus vulnérable aux effets du vieillissement que la première. Le déclin du contrôle exécutif est très fortement lié à celui de la mémoire de travail où sont maintenues temporairement les informations lors de différentes activités cognitives. Ce réservoir est indispensable à la réalisation de fonctions cognitives de haut niveau. En conduite automobile, le déclin du contrôle exécutif pourrait expliquer certaines différences de performance observées entre les jeunes conducteurs et les plus âgés.

Dans la même mouvance, une hypothèse s'appuie sur l'idée que les fonctions exécutives, qui seraient les premières à décliner dans le vieillissement, pourraient expliquer un affaiblissement des performances cognitives (West, 1996). Les fonctions exécutives correspondent aux capacités nécessaires pour s'adapter à des situations nouvelles, c'est-à-dire non routinières, pour lesquelles il n'y a pas de solution « toute faite » (de schéma préexistant). Elles sont sous-tendues par le cortex préfrontal, qui d'après les données neuropsychologiques, qui, lui, est affecté plus précocement et de manière plus prononcée que les autres régions du cerveau dans le vieillissement (Dennis et Cabeza, 2008). Ces fonctions exécutives administrent et supervisent toutes les autres fonctions spécifiques et sont particulièrement impliquées dans la gestion de la nouveauté. Myake (2000) a surtout étudié les fonctions de « flexibilité », de « mise à jour » et « d'inhibition » car elles jouent des rôles fondamentaux dans la plupart des activités cognitives de haut niveau. La performance à une tâche serait d'autant plus déficitaire que celle-ci nécessite le recours à ces processus de contrôle exécutif. En conduite automobile, ces fonctions sont fortement sollicitées dans les situations complexes nécessitant des prises de décisions rapides. Dans une intersection par exemple, il s'agit de mettre à jour les informations sur l'état du trafic en sélectionnant les informations pertinentes pour la manœuvre à effectuer (présence d'un véhicule en face, d'un cycliste ou piéton), et d'inhiber les informations qui ne seraient pas ou moins pertinentes pour la tâche (un panneau publicitaire, les informations diffusées à la radio). Au besoin, les capacités de flexibilité peuvent être engagées si un changement de stratégies est nécessaire (décision de ne pas franchir l'intersection car le véhicule arrive finalement trop vite en face). On perçoit également l'importance de la mémoire de travail dans ces opérations.

Finalement, l'idée actuellement prédominante est que le vieillissement ne s'envisage pas comme une atteinte des mécanismes cognitifs proprement dit mais plutôt comme une

réduction de la réserve des ressources nécessaires pour une activité cognitive donnée (Bier & Belleville, 2010). Cette limitation de ressources toucherait plus spécifiquement différents domaines : l'énergie, avec une réduction des capacités attentionnelles, le temps avec un ralentissement de la vitesse de traitement, l'espace de travail avec une réduction de la capacité de la mémoire de travail.

Certaines caractéristiques individuelles, comme le niveau d'étude sont associées à une plus grande réserve cérébrale. Cette dernière permettrait de compenser, au moins un certain temps, les changements cérébraux qui accompagnent le vieillissement normal, les conséquences des lésions cérébrales après un accident vasculaire cérébral, ou encore celles des lésions progressives causées par les maladies neurodégénératives. D'autres facteurs ont été associés à la réserve cognitive, comme le style de vie, la scolarité ou le type d'activités sociales ou physiques.

D'un point de vue neurobiologique, et selon Stern, la réserve pourrait dépendre de différences interindividuelles au niveau de la structure du cerveau, comme sa taille, l'épaisseur corticale ou le nombre de neurones et de synapses (Stern 2002, 2009). L'auteur parle de « réserve passive ». La réserve pourrait également dépendre de différences dans la capacité qu'ont les individus à recruter de nouveaux réseaux neuronaux lorsqu'ils doivent réaliser des tâches complexes ou lorsqu'ils souffrent d'atteintes cérébrales. Il s'agirait dans ce cas de « réserve active ». L'efficacité et la flexibilité avec lesquelles les individus seraient capables d'utiliser les réseaux neuronaux de substitution seraient de bons prédicteurs de réserves cognitives efficaces.

Cette notion de réserve active est particulièrement intéressante dans le contexte qui m'intéresse, à savoir l'adaptation à une modification survenant avec l'âge, ou avec une pathologie. Elle s'apparente à la notion de plasticité cérébrale qui a fait l'objet de nombreux travaux concluant à l'existence d'une adaptation non seulement comportementale avec l'âge et la pathologie mais aussi neuronale, cérébrale, permettant ainsi le maintien d'activités quotidiennes, comme la conduite automobile dans des conditions tout à fait adéquates.

3. Les modifications dans le vieillissement pathologique

Le vieillissement peut s'accompagner d'une pathologie neurodégénérative. La plus répandue et la plus connue est la maladie d'Alzheimer, suivie de la maladie de Parkinson. J'ai consacré un certain nombre de travaux sur les conséquences de ces deux pathologies sur les capacités de conduite.

La maladie d'Alzheimer est une maladie neurodégénérative qui affecte le système nerveux central de façon de plus en plus importante au fil du temps. La lente dégénérescence des neurones, qui débute au niveau de l'hippocampe puis s'étend à l'ensemble du cerveau se caractérise par des troubles de la mémoire à court terme, des fonctions exécutives et de l'orientation dans le temps et l'espace. La personne perd progressivement ses facultés cognitives et son autonomie.

En France, environ 900 000 personnes souffrent de la maladie d'Alzheimer et syndromes apparentés, avec 220 000 nouveaux cas par an (<https://alzheimer-recherche.org>). Moins de 4% ont moins de 60 ans, la majorité des cas de démences se rencontrant après 75 ou 80 ans.

La vitesse de progression de la maladie n'est pas identique chez tous les patients. Elle est influencée par différents facteurs génétiques et environnementaux, ainsi que par la plasticité plus ou moins grande du cerveau qui permet de compenser les effets négatifs de la maladie.

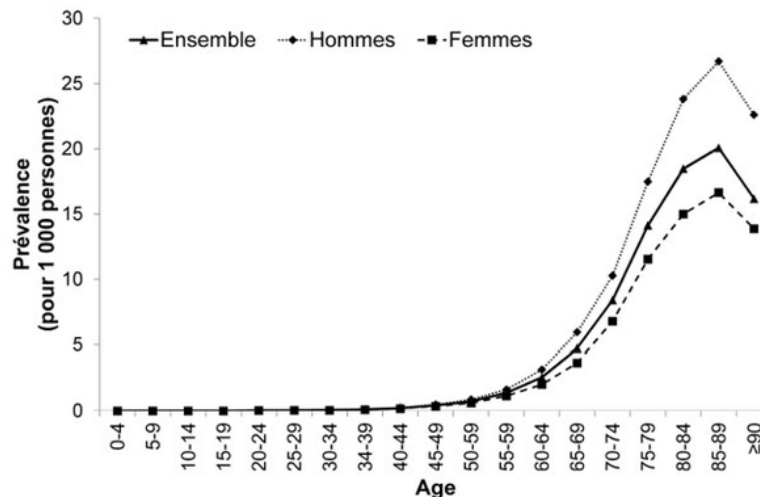
Les cohortes mises en place en population générale apportent des informations riches en enseignement sur l'évolution naturelle de la maladie (En France, cohortes Paquid et 3C). Ces études consistent à suivre pendant des dizaines d'années des volontaires âgés de plus de 65 ans, et à repérer l'apparition de problèmes de santé comme la maladie d'Alzheimer. L'analyse approfondie des tests neuropsychologiques des sujets inclus dans ces études a permis de montrer que plus de 10 à 15 ans avant le début des symptômes, ces individus présentaient déjà des modifications de leurs fonctions cognitives (Amieva et al. 2005). Cela confirme que le processus pathologique évolue très lentement et que, selon les individus, il est plus ou moins longtemps compensé.

La connaissance des facteurs de risque de cette maladie a évolué de façon spectaculaire au cours des dernières années. Les principaux facteurs de risque de maladie d'Alzheimer sont l'âge, le sexe féminin, les antécédents familiaux de démence, l'hypertension artérielle, l'absence d'activités de loisirs au cours de la vie. Du fait de la meilleure connaissance de ces facteurs et de leur meilleure prise en charge, on observe depuis peu une tendance à la stabilisation des nouveaux cas d'Alzheimer et de l'ensemble des maladies neurodégénératives dans les pays riches (Grasset et al., 2015, Grasset et al. 2018, Wu et al. 2015). On parle même de diminution des cas (- 20 % en 20 ans au Royaume-Uni). Cette baisse serait due à de meilleurs niveaux de vie et d'éducation, à une meilleure prise en charge de l'hypertension artérielle et de l'excès de cholestérol, à l'arrêt du tabac, à la pratique d'une activité physique et l'adoption d'une alimentation saine de type régime méditerranéen, réduisant les risques cardiovasculaires. Ces changements récents rendent difficiles les projections du nombre de cas dans les années à venir.

La maladie de Parkinson, quant à elle, reste moins fréquente que la maladie d'Alzheimer. En 2015, on comptait 160 000 parkinsoniens avec 8 000 nouveaux cas en France par an (Figure 7). La maladie se déclare le plus souvent autour de 70 ans mais on enregistre des cas dès 45 ans (17% des nouveaux cas étaient âgés de moins de 65 ans). Il semblerait que cette maladie

s'observe de plus en plus tôt et que sa prévalence augmente. Les hommes sont plus souvent atteints que les femmes ([https:// www.santepubliquefrance.fr/Actualites/Maladie-de-Parkinson](https://www.santepubliquefrance.fr/Actualites/Maladie-de-Parkinson)).

PRÉVALENCE DE LA MALADIE DE PARKINSON EN FRANCE EN 2015 PAR ÂGE ET PAR SEXE



Mortalité et causes de décès dans la maladie de Parkinson : analyse des certificats de décès en France, 2000-2014

Figure 7 : Prévalence de la maladie de Parkinson en France en 2015

Cette maladie se caractérise par la dégénérescence progressive des neurones à dopamine dans la substance noire du cerveau avec une répercussion majeure sur le contrôle de la motricité. La dopamine est un neurotransmetteur sécrété dans le système nerveux central et a pour fonction de transmettre l'information chimique entre les neurones. La disparition de ces cellules entraîne des perturbations des réseaux de neurones associés dans différentes zones du cerveau : au niveau du striatum, du thalamus, et du noyau sous thalamique. Lorsque la production de dopamine chute à 50%, les premiers symptômes qui caractérisent la maladie de Parkinson apparaissent :

- des tremblements, survenant au repos, affectant surtout les mains et les bras. Ils peuvent être momentanés et ne sont pas systématiques chez tous les patients, 30% environ des patients en sont épargnés,
- un ralentissement des mouvements en général qui se traduit par une lenteur et une rareté des mouvements automatiques et volontaires alors que la force musculaire est normale. On distingue différents symptômes : la *bradykinésie* avec une diminution des mouvements, du ballant des membres supérieurs lors de la marche, de l'expression gestuelle, le clignement des paupières se raréfie et le visage devient inexpressif; l'*akinésie* avec des blocages des mouvements, des difficultés à la marche et des risques de chute, une marche à petit pas, des difficultés à réaliser des mouvements alternatifs rapides, et une micrographie (petite écriture); la *dyskinésie* qui se traduit par des

mouvements anormaux et involontaires. Elle interagit avec toutes les activités de la vie quotidienne, y compris la marche.

- une *hypertonie* qui se traduit par une rigidité excessive des muscles. Elle peut toucher tous les muscles du corps. Elle provoque notamment une posture penchée vers l'avant augmentant le risque de chute.

Les causes exactes de la dégénérescence neuronale ne sont pas connues, un âge avancé restant le principal facteur de risque. Le facteur génétique est plus faible que les facteurs environnementaux telle qu'une exposition aux pesticides, qui a été démontrée. La maladie de Parkinson fait partie du tableau des maladies professionnelles du régime agricole. Mais il existe aussi des facteurs environnementaux qui seraient protecteurs tels que le tabac, le café, probablement en raison de leur effet stimulant sur les neurones à dopamine.

Bien que la maladie de Parkinson fasse majoritairement référence aux troubles moteurs, elle est également associée à des symptômes non moteurs tels que les dysfonctionnements visuels et cognitifs (Bradley et al. 1989, Muslimovic, 2005). Ces déficits peuvent apparaître dans les tous premiers stades de la maladie (Dubois, 1997). Les déficits cognitifs les plus fréquemment rapportés sont observés dans les domaines des fonctions attentionnelles / exécutives, dans les capacités visuo-spatiales (Bradley et al. 1989), vitesse psychomotrice et mémoire (Muslimovic et al. 2005). L'implication de ces fonctions est essentielle dans la tâche de conduite automobile. Elles interviennent également dans les tâches de la vie courante, c'est pourquoi elles font l'objet d'un intérêt tout particulier dans nos travaux qui s'intéressent à l'impact de cette pathologie sur la mobilité.

Malgré l'observation de modifications dans le vieillissement normal et pathologique qui se traduit le plus souvent par des déclin, de nombreux travaux montrent désormais que la plasticité cérébrale existe et dénote une réelle capacité du cerveau à maintenir un bon niveau de performance, qui joue sans aucun doute un rôle compensateur pour l'activité de conduite automobile ou pour toute activité de déplacement.

4. Plasticité et compensation et dans le vieillissement, dans les maladies d'Alzheimer et de Parkinson

7.6. Compensation dans le vieillissement normal

Avec le vieillissement, l'individu pourrait se spécialiser dans certains domaines, entraînant ainsi des améliorations compensatrices. Par exemple, dans la conduite automobile, les personnes âgées ont des temps de réaction diminués mais elles peuvent compenser par une plus grande expérience de la route, et présenter une performance globale équivalente à celle des jeunes conducteurs. Certaines personnes âgées disposeraient de ressources propres leur permettant de mettre en œuvre des mécanismes compensatoires internes « spontanés » de

manière à réduire les effets délétères du vieillissement (Troyer, Moscovitch et Winocur, 1997). Cette « réserve » de ressources complémentaires construite tout au long de la vie, et dont il a déjà été question plus haut, se crée sous l'effet des expériences individuelles et permet de compenser les conséquences du vieillissement sur la cognition (Stern, 2009).

Au plan neurobiologique, les premiers travaux en neuroimagerie fonctionnelle ont mis en évidence des réductions d'activation chez les adultes âgés par rapport aux plus jeunes, lors de la réalisation de tâches cognitives, alors que les travaux ultérieurs ont plutôt montré des activations cérébrales supplémentaires, soit dans les mêmes régions, soit dans des aires non recrutées par les jeunes adultes (Park & Reuter-Lorenz, 2010). Les activations supplémentaires chez les adultes âgés sont le plus souvent observées au niveau des régions préfrontales.

Ces observations viennent renforcer l'idée de l'existence d'une réorganisation ou redistribution neuronale qui aurait une fonction compensatoire dans le cerveau âgé. Par exemple, il a été montré qu'avec l'âge, les fonctions exécutives sont plus fortement recrutées pour réaliser des tâches (notamment des tâches complexes qui nécessitent des processus contrôlés). Ceci peut paraître paradoxale avec l'idée que les fonctions exécutives sont plus vulnérables avec l'âge. En définitive, les fonctions exécutives seraient avec l'âge à la fois une source de dysfonctionnement, car plus vulnérables, mais aussi une source de compensation pour réaliser la tâche de manière efficace, en particulier lorsque les personnes âgées souhaitent mettre en place des processus contrôlés (plus coûteux sur le plan cognitif) (Bouazzaoui et al., 2014 ; Greenwood & Parasuraman, 2010). Cette possibilité de réorganisation neuronale serait la preuve de phénomènes de plasticité cérébrale garantissant la possibilité d'élaborer des mécanismes compensatoires, siége que certains auteurs ont décrit comme étant la réserve de ressources complémentaires. L'existence de cette réorganisation n'était pas du tout soupçonnée il y a quelques décennies, du moins dans le cas du vieillissement.

Depuis, plusieurs modèles ont intégré cette hypothèse de réorganisation ou redistribution neuronale. Selon le modèle HAROLD (Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adults ; Cabeza, 2002), il existerait une réduction de l'asymétrie hémisphérique avec l'âge. Plus concrètement, une activité classiquement observée dans un seul hémisphère (unilatérale) chez les jeunes adultes, le serait de manière dans les deux hémisphères (bilatérale) chez des personnes âgées. Selon le modèle PASA (Posterior-Anterior Shift in Aging ; Davis, et al. 2007), les augmentations d'activation avec l'âge, que ce soit au niveau frontal ou pariétal, viennent compenser les réductions d'activation souvent observées dans des régions plus postérieures comme dans les aires médiotemporales ou occipitales (Davis et al., 2007). Il s'agirait d'une réponse aux altérations dans d'autres régions cérébrales. Selon le modèle CRUNCH (Compensation-Related Utilization of Neural Circuits Hypothesis ; Reuter-Lorenz & Lustig, 2005), le vieillissement se caractérise dans certaines circonstances par des sous-activations, et dans d'autres, par des sur-activations cérébrales. L'hypothèse est que le niveau d'activation cérébrale au cours de la réalisation d'une tâche cognitive augmente avec son niveau de

difficulté, et ainsi en fonction de la quantité de ressources nécessaires. Mais quand les niveaux de difficulté sont élevés, les adultes âgés présentent des sous-activations cérébrales, associées à des performances cognitives déficitaires, comme si un seuil avait été atteint. Au-delà d'un certain seuil de difficulté, ils n'auraient plus assez de ressources disponibles pour compenser leurs difficultés, en accord avec l'hypothèse des ressources de traitement.

D'autres travaux avancent l'idée que cette réorganisation dans le vieillissement ne se manifeste pas uniquement au niveau spatial, mais également au niveau des processus temporels. Le vieillissement toucherait surtout les processus de contrôle proactif, ceux qui surviennent très tôt dans le traitement et qui permettent à l'individu d'anticiper et de se préparer à la tâche à réaliser. Avec l'avancée en âge, les individus s'appuieraient davantage sur les processus de contrôle réactif qui apparaîtraient plus tard, en réponse à l'événement. Selon le modèle STAC (Scaffolding Theory of Aging and Cognition, Park & Reuter-Lorenz, 2009), le cerveau est envisagé comme un ensemble de réseaux secondaires protecteurs qui agit comme un « échafaudage » sur lequel l'individu va pouvoir s'appuyer lorsqu'il est soumis à une pression cognitive forte. Au cours du vieillissement, bien que moins efficaces, les capacités de plasticité seraient néanmoins toujours présentes. Les adultes âgés auraient donc la capacité de recourir à des réseaux cérébraux alternatifs, mais essentiellement pour des opérations cognitives peu coûteuses au niveau attentionnel, en accord avec le modèle CRUNCH.

En résumé, tous ces modèles ont en commun d'interpréter les sur-activations au niveau cortical comme des mécanismes de compensation permettant de rétablir les altérations cérébrales liées au vieillissement, grâce à des phénomènes de neuroplasticité.

7.7. Compensation dans la maladie d'Alzheimer

La plasticité existe également dans la maladie d'Alzheimer, au moins dans les phases précoces de la maladie (Bier et Belleville 2010). L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle indique que le cerveau est plus actif chez les personnes atteintes de MCI (Mild Cognitive Impairment) que chez les personnes âgées saines, ce qui est interprété comme la mise en place de mécanismes compensatoires (cf. les modèles HAROLD et CRUNCH). De plus, il a été montré que les bénéfices d'un programme d'entraînement cognitif nommé MEMO pour Méthode d'Entraînement pour une Mémoire Optimale (Gilbert, Fontaine, Belleville, Gagnon & Ménard, 2008), était de même ampleur chez les personnes âgées sans trouble cognitif que chez des personnes avec un MCI ou en phase précoce de la maladie d'Alzheimer. De tels résultats suggèrent que les processus compensatoires sont toujours réels et restent mobilisables. Les zones déjà activées avant le programme le sont encore davantage après, et certaines zones non activées avant l'intervention le sont après.

Il est largement admis que cette compensation est d'autant plus importante que le niveau d'éducation est élevé. L'hypothèse sous-jacente est que l'éducation, le niveau de stimulation cérébrale et les liens sociaux stimuleraient le développement d'un réseau neuronal dense qui permettrait de compenser plus longtemps les lésions provoquées par la maladie d'Alzheimer. Ainsi, stimuler son cerveau pour favoriser le développement de cette réserve cognitive permettrait de retarder les premiers signes de la maladie. Cette observation est valable pour tous les types de démence et dans une moindre mesure pour la maladie de Parkinson.

7.8. Compensation dans la maladie de Parkinson

La maladie de Parkinson est une maladie d'évolution lente et progressive. Pendant la phase préclinique de la maladie, avant l'apparition des premiers symptômes, le cerveau compense la baisse de dopamine par des processus de plasticité, le fonctionnement cérébral est normal. Lorsque 50 à 70% des neurones à dopamine sont détruits, le cerveau n'est plus en mesure de compenser et les symptômes moteurs apparaissent. Certains traitements actuels permettent de contrôler les symptômes moteurs liés à la maladie, mais ils n'agissent pas sur la progression de la dégénérescence. Après 5 à 10 ans de traitement il est difficile de lutter contre les complications motrices. Les patients connaissent des "phases on-off" pendant lesquelles l'efficacité du traitement dopaminergique varie selon les moments de la journée. La stimulation cérébrale profonde, consistant à implanter des électrodes dans le noyau sub-thalamique pour émettre des impulsions électriques ou l'équipement d'une pompe sous-cutanée administrant de l'apomorphine ou d'une sonde gastrique administrant du L-dopa en continu ont fait la preuve de leurs effets bénéfiques pour réduire les tremblements. Les traitements en kinésithérapie et orthophonie jouent aussi des rôles compensateurs et neuroprotecteurs importants pour respectivement entretenir les muscles et les articulations, améliorer la marche et l'équilibre, et pour prévenir ou corriger les troubles de la déglutition, les difficultés à parler ou à écrire.

Pour ce qui est du maintien des capacités de conduite automobile, et des processus compensatoires mis en place au cours du vieillissement normal et pathologique, plusieurs de mes travaux se sont intéressés à cette question qui est au cœur des préoccupations des professionnels de santé et des autorités administratives. Avant de les présenter, il importe de situer le contexte d'évaluation de la conduite des personnes âgées en France, dans ses aspects réglementaires et pratiques.

5. La procédure d'évaluation de la conduite automobile des personnes âgées

L'évaluation des compétences de conduite des personnes âgées n'est pas simple compte tenu de l'hétérogénéité du vieillissement. Certains pays ont instauré depuis plusieurs années un

contrôle médical régulier et obligatoire à partir d'un âge donné (souvent 75 ans). En France, il n'y pas d'évaluation systématique de l'aptitude à la conduite pour les conducteurs âgés. Le contrôle médical de l'aptitude à la conduite concerne les personnes dont le permis est invalidé ou suspendu pour infraction ou dans les cas d'affections médicales incompatibles avec le maintien ou l'obtention du permis de conduire (ex. : démence avérée, trouble visuel sévère, troubles cardiovasculaires, épilepsie). La liste est présentée dans l'arrêté du 16 décembre 2017 modifiant l'arrêté du 21 décembre 2005. En cas de suspicion d'un problème de santé pouvant affecter la conduite, les médecins généralistes, neurologues ou gériatres orientent les patients vers un contrôle médical de l'aptitude à la conduite auprès d'un médecin agréé. Le médecin agréé réalise une évaluation de l'aptitude physique, cognitive et sensorielle du conducteur en s'appuyant également sur l'avis d'un psychologue. Le médecin agréé peut recommander l'arrêt définitif de la conduite, la reprise après un certain délai ou accorder un permis de conduire avec une durée de validité limitée ou avec des mentions restrictives (ex. : conduite dans des environnements familiers, le jour uniquement) et/ou proposer des aménagements dans le véhicule (ex. : boîte automatique). C'est ensuite le préfet qui prend la décision finale d'aptitude à la conduite. Ce système présente des limites car il suppose l'existence d'un suivi médical de la personne et une connaissance du médecin généraliste sur la question de l'aptitude médicale à la conduite. Certaines personnes âgées, bien que présentant des limites fonctionnelles à la conduite, ne sont pas forcément orientées vers un médecin agréé, et donc non contrôlées dans leur activité de conduite.

Les nouvelles directives européennes vont progressivement modérer cette carence avec l'instauration du permis unique dans l'Union Européenne (directive européenne 2006/126). Depuis 2013, le permis de conduire à vie n'existe plus, sa validité est désormais de 15 ans, avec un renouvellement administratif sans obligation de passer un nouvel examen. A partir de 2033, tous les détenteurs d'anciens permis devront posséder un permis européen. Concernant les conducteurs âgés, aucune disposition spécifique à l'échelle européenne n'est prévue. Il est toutefois probable que l'Union Européenne cherche à harmoniser la réglementation pour ces conducteurs dans les prochaines années (Paire-Ficout et al. 2018).

6. Comment évaluer les capacités des conducteurs âgés en recherche ?

Il n'y a, à ce jour, aucun moyen permettant de discriminer de manière efficace et fiable les conducteurs âgés à risque d'accident des conducteurs sécuritaires. L'approche évaluative classique repose sur le principe que les fonctions cognitives et sensorimotrices doivent atteindre un niveau fonctionnel pour que la conduite soit sécuritaire et le niveau de risque réduit (Gagnon, 2010). Dans un article récent, Stinchcombe et al. (2015) précisent qu'il existe de nombreux tests neuropsychologiques cliniquement pertinents pour évaluer la performance de conduite des personnes âgées. Mathias et Lucas (2009) ont identifié plus de

30 tâches cognitives associées à une ou plusieurs composantes de la conduite sécuritaire chez les personnes âgées.

Dans le cadre du projet SEROVIE (Sécurité Routière et Vieillesse), dans lequel j'étais impliquée, avec Sylviane Lafont de l'Umrestte, Claude Marin-Lamellet du Lescot, Colette Fabrigoule, de l'Université de Bordeaux (équipe Cnrs) et l'équipe hospitalière de Saint-Etienne (Bernard Laurent et Catherine Thomas-Antérion), nous avons réalisé une étude portant sur des conducteurs présentant une Maladie d'Alzheimer (Marin-Lamellet et al. 2003). Un indicateur de « conduite à risque » a été mis au point en combinant un score de pénalités de conduite relevées tout au long d'un parcours de conduite sur une route ouverte à la circulation, le nombre d'interventions du moniteur d'auto-école sur les commandes du véhicule (volant, pédales, frein) et le jugement global du moniteur sur le niveau de sécurité. Ce score composite était particulièrement intéressant car chacune de ses composantes était associée à une fonction cognitive différente. Ainsi, les conducteurs qui présentaient une démence de type Alzheimer affichaient beaucoup plus de critères de conduite dangereuse que les conducteurs non déments (cf. Figure 8). Une hétérogénéité importante des performances de conduite a cependant été observée, confirmant certains résultats de la littérature qui montrent que le diagnostic en lui-même ne suffit pas à prédire une conduite sûre ou dangereuse.

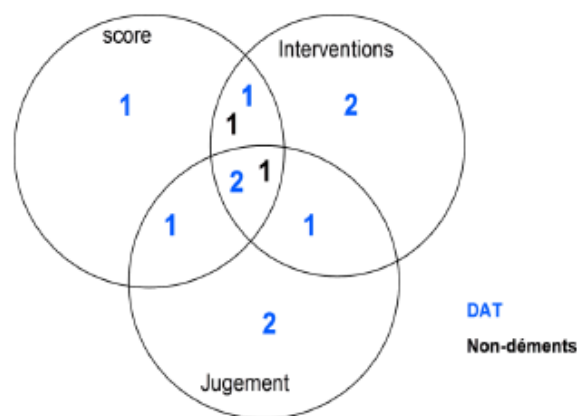


Figure 8 : Distribution des douze participants positifs à au moins une alerte aux trois indicateurs de conduite, 10 DAT (Démence de Type Alzheimer) et 2 non déments

De plus, la performance aux codes de Wechsler, testant les capacités vituo-attentionnelles, s'est avérée un bon prédicteur de la performance de conduite (Lafont, 2010). La performance à ce test était également fortement corrélée aux performances de manœuvre de tourne à gauche chez les tous les conducteurs âgés (Paire-Ficout et al. 2016). Cette manœuvre est réputée difficile pour des conducteurs âgés car elle implique un nombre important d'opérations devant être réalisées de manière très coordonnée.

Le test des Codes de Wechsler est de structure cognitive composite. Il capture la diversité des processus impliqués dans la conduite automobile : la perception visuospatiale, l'attention sélective, la vitesse de traitement, la coordination visuomotrice et la mémoire incidente par l'association des paires de symboles. Il est aussi considéré comme un test exécutif. Dans la catégorie des tests à structure composite, l'UFOV (Useful Field Of View), le TMT (Trail Making Test), l'ANT (Attention Network Test basé sur la théorie de Posner et Petersen's, 1990) ont également des propriétés comparables. Ces tests apparaissent souvent associés aux performances de conduite (Uc et al. 2004, Duchek et al. 1998, Owsley et al. 1998, Weaver, Bédard, McAuliffe, & Parkkari, 2009). Une performance réduite à l'un de ces tests peut également prédire un risque d'accident plus élevé (Lafont et al. 2010 pour le TMT, Duchek et al. 1998 et Uc et al. 2004 pour l'UFOV).

Il est intéressant de voir que ces tests n'apportent pas la même valeur prédictive en fonction du type de population incluse dans les études. Avec des personnes présentant une maladie de Parkinson, c'est surtout le TMT qui prédit le mieux une conduite dégradée ou plus dangereuse (Ranchet et al. 2013). C'est ce que nous avons mis en évidence dans le cadre des travaux de doctorat de Neuropsychologie de Maud Ranchet que j'ai co-encadré avec le Professeur Broussolle, neurologue au CHU de Lyon. La thèse, soutenue en 2011, a permis la réalisation de trois expérimentations dont deux sur le simulateur de conduite de l'Ifsttar avec une approche longitudinale et une troisième avec une observation de l'activité de conduite sur route ouverte.

Les deux expérimentations sur le simulateur de conduite testaient des fonctions exécutives à l'aide à la fois de tests neuropsychologiques et d'épreuves développées sur le simulateur. Les fonctions exécutives retenues étaient en lien avec les fonctions qui sont impliquées dans la conduite automobile : la flexibilité mentale avec le plus-minus-test, la mise à jour avec le test de n-back et la vitesse de traitement et l'inhibition avec le test de Stroop. Des scénarios sur le simulateur de conduite avaient été mis au point pour évaluer ces mêmes fonctions en situation de conduite. Les 25 patients et 25 conducteurs contrôles ont été évalués deux fois à un an d'intervalle. Lors de la première évaluation, les capacités de mise à jour étaient plus altérées chez les personnes présentant une maladie de Parkinson par rapport aux participants âgés contrôles (Ranchet et al. 2011). Deux ans plus tard, la différence entre les deux groupes sur cette fonction n'était plus significative, en revanche, la flexibilité mentale l'était. La contribution majeure de ces deux études a été de mettre en évidence que le déclin temporel du déclin des fonctions exécutives chez ces patients est différent selon les fonctions (Ranchet et al., 2016).

L'observation en situation réelle de conduite présente l'avantage, par rapport au simulateur de conduite, d'avoir une idée plus précise et plus concrète de la performance de conduite. Ce sont aussi des observations plus écologiques. Ces études réalisées avec un moniteur d'auto-école, un véhicule instrumenté permettent de garantir toutes les conditions de sécurité et d'assurer un bon contrôle expérimental : les grilles d'évaluation, le parcours d'observation et

les temps de circulation sont identiques. Le recueil vidéo permet de rejouer les situations pour les analyser plus finement. L'objectif de l'étude réalisée avec Maud Ranchet dans le cadre de son travail de thèse était d'étudier les relations entre les fonctions exécutives et la performance de conduite (Ranchet et al. 2012). Dix-neuf patients et 21 contrôles âgés ont participé à l'étude suivant une méthodologie semblable à celle utilisée dans une étude préalable (Lafont et al., 2010) afin de trouver des indicateurs de dangerosité (Ranchet et al. 2013). L'indicateur combinait le score à la grille TRIP (<58), le nombre de pénalités (>48.5) et le nombre d'intervention du moniteur sur les commandes du conducteurs (>4). La figure 9 représente la répartition des patients et des contrôles selon cet indicateur : 8 patients sont plus critiques du point de vue de leur conduite car ils ont entre 1 à 2 indicateurs de dangerosité. Les 21 contrôles n'ont aucun indicateur.

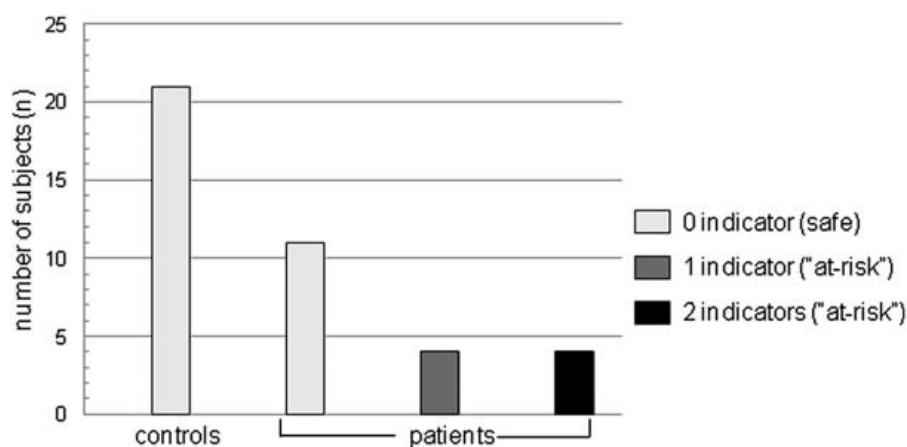


Figure 9 : Distribution des participants classés sécuritaires ou à risque (dangereux) selon l'indicateur composite combinant le nombre de pénalités, le nombre d'interventions du moniteur et le score à la grille TRIP.

En résumé de l'ensemble de ces travaux, deux aspects paraissent fondamentaux : la recherche d'indicateur composite apparait très pertinente pour l'évaluation de la performance de conduite ; et des tests prédictifs de ces performances en amont de l'épreuve de conduite est également essentielle dans le but de fournir une alerte sur une performance de conduite suspecte. La généralisation de ce type d'approche pourrait être fort utile dans les milieux cliniques et professionnels.

Une autre composante plus subjective, mais néanmoins essentielle dans l'évaluation de la conduite, a motivé plusieurs de mes recherches durant ces dernières années. Elle concerne la notion d'auto-évaluation de ses propres capacités cognitives ou de conduite ou encore la notion de conscience des troubles (self-awareness ou insight).

7. Poids de l'expérience et rôle de l'auto-évaluation en conduite

Gagnon, dans son article de 2010 questionne le principe selon lequel la performance de conduite reposerait essentiellement sur le bon fonctionnement des fonctions cognitives et sensorimotrices. Pour cet auteur, qui se réfère au modèle du vieillissement réussi (Rowe, 1997), les conducteurs âgés utilisent leur expérience afin de déployer des stratégies leur permettant de compenser les difficultés qui pourraient affecter leur temps de réaction ou la capacité à coordonner des réponses complexes. Ces stratégies compensatoires réduiraient donc les effets négatifs de certaines limitations perceptives, attentionnelles, exécutives ou visuo-spatiales que l'on observe chez les conducteurs âgés. C'est aussi le principe du modèle neuropsychologique de l'habileté à la conduite automobile proposé par Brouwer et Ponds (2002), qui met en lien des caractéristiques neuropsychologiques et la structure cognitive complexe d'une activité de conduite. Trois niveaux différents caractérisent ce modèle : (1) le savoir-faire (driving skill) qui correspond aux habiletés acquises par le conducteur qui a appris à conduire de manière fluide et sûre dans différentes situations qu'il sait évaluer ou éviter dans certains contextes (fort trafic ou mauvais temps). Cela comprend également le fait de ne pas mettre en danger les autres usagers de la route ou d'éviter de provoquer une gêne à la circulation ; (2) l'aptitude à la conduite (fitness to drive) correspond aux capacités physiques et mentales (par exemple, l'acuité visuelle, la force physique), qui sont nécessaires au conducteur pour apprendre et appliquer les règles de conduite ; (3) le comportement au volant, qui correspond à la manière dont se comporte le conducteur, s'il est prudent ou pas, s'il prend des risques en utilisant par exemple son téléphone en conduisant, ou s'il fait un excès de vitesse, s'il a consommé de l'alcool...

Ces trois niveaux sont fortement inter-corrélés et peuvent se compenser mutuellement (dans certaines limites toutefois). Par exemple, une diminution de l'aptitude physique ou cognitive peut être, comme le suggère aussi Gagnon (2010), compensée par l'expérience c'est-à-dire le savoir-faire acquis pendant les années de conduite : un conducteur expérimenté sera plus à même d'adopter un comportement adapté qu'un novice en cas de situation d'urgence, car il a déjà eu à faire face à des situations semblables. Au niveau comportemental, une prise de conscience d'une diminution de ses propres capacités sensorielles ou cognitives va permettre la mise en place de stratégies protectrices consistant par exemple à éviter des situations difficiles, à réduire la vitesse ou augmenter les distances de sécurité... Cette forme d'autorégulation est souvent mise en place de manière spontanée chez les conducteurs âgés, présentant ou non une pathologie liée au vieillissement (Hakamiès-Blomquies, 1994). Sa mise en place serait fortement conditionnée par la conscience de ses propres capacités et limites tant cognitives que de conduite. Les conducteurs réduisent leur vitesse et augmentent les distances de sécurité, en réponse au ralentissement de la vitesse de traitement, ils évitent les zones complexes en réponse aux déclinés des processus d'inhibition et de flexibilité. Cependant, il existe une catégorie de conducteurs âgés qui ne parviennent pas à auto-estimer

correctement leurs capacités cognitives et/ou à apprécier la difficulté d'une situation de conduite.

Les modèles de calibration offrent un soutènement théorique intéressant à cette notion d'estimation de ses capacités cognitives ou de conduite. Les travaux d'Horrey et al. (2015) notamment donnent un éclairage adapté à notre contexte de conduite automobile. Pour les auteurs, un conducteur est bien calibré quand sa performance (mesure objective) est conforme à l'estimation qu'il a de ses propres capacités (mesure subjective). Un conducteur mal calibré se surestime et n'est pas capable d'évaluer avec précision les difficultés liées à une tâche, ni d'apprécier ses capacités pour la réaliser correctement. Ce conducteur est peut-être plus à risque d'accident car il peut se retrouver dans des situations qui surpassent ses capacités. Un défaut de calibration peut donc avoir des conséquences en termes de sécurité routière.

Dans des travaux récents (projet Safe Move, Move, ANR 2011-2015), nous avons recherché l'existence des liens existant entre l'estimation des capacités cognitives et l'estimation des capacités de conduite chez les conducteurs âgés.

Pour étudier l'estimation des capacités cognitives, une cohorte de 1204 conducteurs âgés a été constituée au sein du laboratoire d'épidémiologie de l'Ifsttar (Umrestte, volet supervisé par Sylviane Lafont), dans le but de définir trois profils métacognitifs de personnes âgées : des correct, sur et sous estimateurs de leurs capacités cognitives. Ce classement a été réalisé selon un croisement entre des mesures objectives (Trail Making Test et test des Codes de Weschler) et subjectives (questions sur la perception de ses capacités cognitives), (Lafont, soumis).

Pour étudier l'estimation des capacités de conduite, nous avons proposé une expérimentation de conduite sur route auprès de 145 conducteurs issus de cette cohorte et répartis selon ces trois profils métacognitifs (volet que je coordonnais). Un recueil de données objectives sur la performance de conduite (double évaluation réalisée par un moniteur d'auto-école et un observateur expert) a été réalisé. Un recueil de données subjectives à partir de réponses à trois questions telles que « Pensez-vous conduire mieux/pareil/moins bien que les autres personnes de votre âge ? » a également été réalisé. En croisant les données objectives et subjectives, trois profils de conducteurs ont été construits : les correct, sur et sous estimateurs de leurs capacités de conduite. Un sur-estimateur par exemple avait de faibles ou moyennes performances de conduite alors qu'il avait une haute estimation de ses propres performances de conduite.

Nous avons ensuite combiné les profils cognitifs avec les profils de conduite de ces 145 conducteurs âgés pour voir s'il existait une adéquation entre eux. Les résultats ont montré l'existence d'une telle relation avec une liaison plus forte pour les sur-estimateurs : parmi les 62 conducteurs qui surestimaient leurs capacités cognitives, 48% surestimaient également leurs capacités de conduite cf. Tableau 1).

Tableau 1 : Résultat du croisement entre les profils cognitifs et de conduite (n=145)

| | | <i>Profils d'auto-estimation de conduite</i> | | |
|--|-------------------|--|------------------|------------------|
| | | Sous n=30 | Correct n=65 | Sur n=50 |
| Profils d'auto-estimation cognitifs | Sous n=56 % | 15 27% | 30 53% | 11 20% |
| | Correct n=27 % | 4 15% | 14 52% | 9 33% |
| | Sur n=62 % | 11 18% | 21 34% | 30 48% |

Note: Le nombre et le pourcentage de chaque profil d'auto-estimation de conduite (surestimeurs [sur]-, estimateurs corrects [corrects] et sous-estimateurs [sous] de la capacité de conduire) est indiqué pour chaque profil d'auto-estimation cognitif. A titre d'exemple, le début des deux premières lignes du tableau doit être lu comme suit : "Parmi les 56 conducteurs qui ont sous-estimé leurs capacités cognitives, 27% ont également sous-estimé leurs capacités de conduite".

Toujours dans le cadre de ce projet, Catherine Gabaude et Marion Hay, alors en doctorat, avaient montré que les conducteurs âgés, surtout les sous-estimateurs pouvaient, grâce à un programme de training cognitif, modifier leur profil : à l'issue du programme, certains d'entre eux étaient devenus des estimateurs corrects de leurs capacités cognitives (Hay, 2016).

Au croisement entre les précédents travaux sur l'aptitude à la conduite des personnes à des stades débutant de la maladie d'Alzheimer et ceux qui concernent l'autorégulation et la façon d'auto estimer ses capacités cognitives et de conduite, j'ai piloté le volet « Conduite » d'un projet financé par un Programme Hospitalier de Recherche Clinique, avec Jean-Luc Novella du CHU de Reims comme investigateur principal (projet DriveCog). Ce projet a été mené en collaboration avec l'hôpital Sainte Perrine à Paris, le CHU de Strasbourg, le CNRS, une société privée (Axon Câble) et l'Umrestte de l'Ifsttar. Il était question d'analyser le comportement de conduite de patients présentant une maladie d'Alzheimer en comparaison avec des conducteurs âgés en se centrant sur les capacités d'auto-estimation et d'auto-régulation.

Une façon d'étudier ces conducteurs « au plus près » a consisté à utiliser une approche dite écologique/naturelle (Naturalistic Driving), en plaçant dans le véhicule des participants un dispositif d'enregistrement vidéo pour analyser leur activité de conduite dans leur environnement familial. Vingt participants atteints de la maladie d'Alzheimer et 21 contrôles ont été inclus et enregistrés sur une période d'un mois. Ces patients et contrôles étaient recrutés dans les trois centres hospitaliers (Reims, Strasbourg et Paris). L'ensemble des enregistrements a été codé à l'aide d'un outil que nous avons créé : le NaDAS pour « Naturalistic Driving Assessment Scale ».

Les performances à cette échelle étaient plus faibles pour les conducteurs Alzheimer que pour les conducteurs contrôles. Les événements critiques (accidents, presque-accidents, incidents) ont été comptabilisés et décrits précisément. Dans l'article publié en 2018 (Paire-Ficout et al. 2018), nous nous sommes surtout centrés sur la capacité d'autorégulation de type tactique

(d'après le modèle de Michon 1985 et d'après la description de Molnar et al. 2013). Ce score tactique, qui reflète la capacité à anticiper, à respecter les distances de sécurité, et à adapter correctement la vitesse du véhicule dans toutes les circonstances, était plus faible chez les patients comparativement aux contrôles. Comme le montre le Tableau 2, les patients comptabilisaient deux fois plus d'événements critiques et trois fois plus d'événements critiques « non conscients » que les contrôles (le conducteur ne manifestait aucune réaction sur le visage ni sur les commandes du véhicule).

Tableau 2 : Evénements critiques (EC) des patients Alzheimer et des contrôles

| | Patients N=20 | Contrôles N=21 | Valeur de p |
|---|------------------|-------------------|-------------|
| Nombre d'EC | 25 | 11 | |
| m (SD) | 1.2 (1.3) | 0.5 (0.7) | 0.02 |
| Nombre de conducteurs ayant ≥ 1 CE | 14 | 9 | |
| EC non conscients | | | |
| Nombre d'EC non conscients | 18 | 6 | |
| m (SD) | 0.9 (1.2) | 0.3 (0.5) | 0.02 |
| Nombre de conducteurs ayant ≥ 1 EC non conscient | 11 | 6 | |
| Type d'EC, n | | | |
| Accident | 1 | 0 | |
| Presque accident | 16 | 6 | |
| Incident | 8 | 5 | |

m, moyenne; SD, déviation standard

A partir de l'échantillon complet (auquel nous n'avons pas retiré les participants dont les données de conduite n'avaient pas pu être enregistrées), nous avons examiné les réponses aux questions concernant le ressenti de changements par rapport à avant au plan cognitif (plus de fatigue, moins de concentration, plus de lenteur par rapport à avant...), au plan de la mobilité (distance parcourue, longueur des trajets) au plan des éventuelles difficultés de conduite ressenties par rapport à avant : conduire la nuit, sous la pluie, aux intersections..., et sur les évitements de ces mêmes situations (Paire-Ficout et al. 2019). Les patients devaient s'attribuer une note de conduite sur 10, préciser s'ils avaient modifié leurs habitudes par rapport à avant, s'ils avaient du plaisir à conduire, si la conduite les fatiguait plus qu'avant, s'ils avaient envisagé d'arrêter de conduire ou si quelqu'un leur avait suggéré d'arrêter. Un an après le premier recueil, les mêmes questions avaient été recueillies auprès de 15 patients et des 23 témoins

Les 22 patients étaient un peu plus âgés que les 23 témoins et avaient un score au MMSE plus bas (Tableau 3). Du point de vue *cognitif*, il apparaît que les témoins se montraient plus conscients que les patients des modifications liées à l'âge en se déclarant plus ralentis qu'avant dans les activités quotidiennes et plus fatigués par la conduite par rapport aux patients. Un an après (résultats non montrés), trois patients ont cessé de conduire, les 15 patients ayant répondu aux questions ne déclaraient aucun ressenti de baisse cognitive par rapport aux mesures de l'année précédente.

Tableau 3 : Résultats aux questionnaires auto-rapportés des patients Alzheimer et des contrôles

| | Patients N=22 | Contrôles N=23 | Valeur de p |
|--|------------------|-------------------|------------------|
| Hommes, n | 14 | 13 | 0.4 |
| Age, m (SD) | 78.4 (7.0) | 77.0 (3.5) | 0.04 |
| Éducation, ≥9 ans de scolarité, n | 14 | 13 | 0.6 |
| MMSE, m (SD) | 26.0 (1.7) | 29.0 (0.7) | <0.001 |
| Modifications par rapport à avant, n | | | |
| Conduite fatigue plus | 2 | 8 | 0.04 |
| Moins de concentration | 11 | 10 | 0.6 |
| Plus de temps pour réaliser les activités quotidiennes | 8 | 17 | 0.01 |
| Conducteur principal, n | 16 | 13 | 0.5 |
| Distance parcourue par semaine, n | | | |
| <10 | 5 | 2 | |
| 10–50 | 7 | 5 | 0.4 |
| >50 | 10 | 16 | |
| Arrêt conduite envisagé | 0 | 0 | - |
| Arrêt conduite suggéré | 3 | 1 | 0.2 |
| Pas de plaisir à conduire | 6 | 3 | 0.2 |
| Modifications conduites depuis quelques années, n | | | |
| Trajets moins longs | 9 | 12 | 0.2 |
| Trajets moins fréquents | 10 | 8 | 0.4 |
| Conduite plus lente | 9 | 7 | 0.4 |
| Note de conduite sur 10, autoévaluée, m (SD) | 8.0 (1.0) | 7.6 (1.0) | 0.4 |
| Difficultés par rapport à avant, m (sd) | 2.6 (2.4) | 1.7 (1.9) | 0.2 |
| Évitements par rapport à avant, m (sd) | 2.3 (2.1) | 1.3 (1.4) | 0.02 |

Du point de vue de la *conduite* en revanche, on observe un score de difficulté plus important chez les patients par rapport aux contrôles (bien qu'étant non significatif) mais un score d'évitement significativement plus important, témoignant ainsi d'un changement de pratique dans les habitudes de conduite par rapport à avant, reflet d'une certaine forme d'autorégulation.

En résumé, s'il n'existe, à priori aucun ressenti de difficulté cognitive et de leur évolution chez les patients présentant une maladie d'Alzheimer à ses stades débutants, il apparaît qu'il existe un ressenti de difficulté et d'adaptation stratégique de la part des conducteurs.

Dans cette étude, bien que nous ayons comptabilisé plusieurs presque-accidents et un accident sur la période d'observation, la méthodologie des naturalistic driving n'est pas du tout appropriée pour évaluer l'accidentologie des conducteurs, étant entendu que les accidents sont des événements rares. Mais qu'en est-il réellement au niveau de l'accidentologie des conducteurs âgés et des patients qui présentent une démence de type Alzheimer ?

8. Accidentologie et conducteurs âgés

Bien que non spécialiste de l'accidentologie, je l'ai abordée avec Sylviane Lafont de l'Umrestte chez les conducteurs âgés dans le cadre de plusieurs collaborations. Du point de vue de la sécurité routière, la toute première question est de savoir si les conducteurs âgés ont plus d'accidents que les autres usagers de la route (les plus jeunes et les classes d'âge intermédiaire) et si une pathologie liée au vieillissement, au moins lors des premiers stades d'apparition augmente le risque d'accident. Ensuite, il s'agit de savoir s'il existe des situations typiques dans lesquelles ces conducteurs sont plus impliqués. Enfin, question importante également, il s'agit de savoir quelle part de responsabilité ces conducteurs ont dans ces accidents.

Pendant des années, ce sont les jeunes conducteurs qui ont lourdement pesés sur les bilans de sécurité routière. Depuis les années 2000, et notamment depuis le déploiement des radars automatiques en 2003, le nombre de tués sur la route a considérablement baissé au point que l'écart entre la mortalité routière des jeunes conducteurs et celle des âgés s'est réduit. Malgré tout, elles restent toutes deux supérieures à celle des classes d'âge intermédiaire. La mortalité des conducteurs âgés s'explique par une plus grande fragilité. En effet, lorsqu'ils sont blessés dans un accident de la route, les automobilistes âgés sont plus gravement touchés que les automobilistes plus jeunes (Lafont et al., 2003). C'est vraiment une spécificité liée à l'âge surtout chez les femmes qui ont un risque de blessure grave dans toutes les régions corporelles plus important par rapport aux femmes de 30-59 ans (cf. Paire-Ficout et al, 2018, partie rédigée par Sylviane Lafont).

Outre la fragilité, une autre spécificité du vieillissement est liée aux caractéristiques des accidents (Coquillat et al. 2015). Par rapport aux classes d'âge intermédiaire 30-59 ans, les accidents mortels des conducteurs âgés de plus de 70 ans ont plus souvent lieu en semaine, de jour avec une réponse négative au test d'alcoolémie ; leur vitesse moyenne initiale est plus faible. Leur accident se produit plus souvent en intersection et s'explique par un problème de pronostic ou de décision (Van Eslande, 2003). Ainsi, dans les accidents mortels, les conducteurs âgés ont plus souvent une mauvaise anticipation sur la manœuvre d'autrui, ce qui entraîne une erreur de jugement et de décision sur la manœuvre qu'ils ont à réaliser (Lafont et al. 2010).

Pour ce qui est de la responsabilité, j'ai vraiment compris la difficulté d'apprécier cette notion en accidentologie. L'attribution de la responsabilité n'est pas simple. Un accident de la route est souvent multifactoriel, par conséquent, la responsabilité l'est également. La question de savoir quels risques les conducteurs âgés font prendre aux autres usagers impliqués (leurs passagers, les occupants des autres véhicules, les cyclistes, et les piétons) a été abordée dans l'article de 2008 (Lafont et al.2008). L'indicateur « Années de Vie Perdues » (AVP) a été choisi pour calculer le nombre d'années de vie que chaque catégorie de conducteur (jeunes, âgé intermédiaire ou âgés) fait perdre aux autres catégories d'usagers. Cela permet de prendre en compte l'âge de tous les usagers impliqués dans l'accident, et par conséquent leur propre vulnérabilité.

Les résultats ont montré que les conducteurs âgés perdaient plus de leurs propres années de vie que les conducteurs plus jeunes, ce qui est en accord avec une mortalité qui augmente avec l'âge dès lors qu'on est impliqué dans un accident corporel. Cela s'explique par leur plus grande fragilité, dont il a été question plus haut. Cependant, et c'est le résultat original de l'étude, les conducteurs âgés font perdre moins d'années de vie aux autres impliqués que les conducteurs plus jeunes. Ce résultat soutient l'idée que les conducteurs âgés sont moins dangereux que les jeunes conducteurs. La moindre dangerosité des conducteurs âgés vis-à-vis des autres est également vérifiée dans les situations qui exigent beaucoup de ressources cognitives comme les intersections (Lafont et al., 2010).

En résumé, le bilan sur l'accidentologie des conducteurs âgés témoigne d'une plus grande vulnérabilité liée à l'âge et d'une moindre dangerosité des conducteurs âgés vis-à-vis des autres usagers. Cependant, compte tenu de l'accroissement de la population âgée dans les années à venir et des risques de pathologies associées, la question du vieillissement et de la sécurité routière reste un sujet d'intérêt majeur qui mobilise l'attention des instances européennes.

En effet, la Commission Européenne a financé le projet SafetyCube (Safety CaUsation, Benefits and Efficiency), projet Horizon 2020 sur la période (2015-2017) dans lequel j'ai participé en remplacement de Claude Marin-Lamellet, parti pour d'autres fonctions à l'Ifsttar. Ce projet consistait à développer un système innovant d'aide à la décision en matière de sécurité routière (DSS pour Decision Support System) pour permettre aux décideurs et aux différents acteurs de sécurité routière de sélectionner et de mettre en œuvre des stratégies, des mesures, et des approches, les plus appropriées pour réduire le nombre de victimes de tous types (piétons, automobilistes, deux-roues motorisés ou non). Le DSS était construit par compilation des revues de questions que chacun des 16 pays européens devaient réaliser afin de compléter les données de l'Observatoire Européen de la Sécurité Routière. Le Lescot avait en charge de réaliser trois revues de littérature pour renseigner (1) le risque relatif aux déficits cognitifs, comme ceux que l'on observe dans la maladie d'Alzheimer ou de Parkinson (2) le risque relatif aux déficits d'attention (TDAH, trouble de déficit de l'attention avec ou sans

hyperactivité) et (3) l'effet des mesures de sécurité routière mises en place dans différents pays (permis probatoire, restriction conduite de jour uniquement) sur le nombre d'accidents des jeunes conducteurs. J'ai supervisé Marion Hay en CDD au Lescot, dans le travail d'identification des articles, le codage et la rédaction de synthèse de près de 80 publications.

Toutes les données codées étaient ensuite compilées sur le DSS et mises en ligne sur : <https://www.roadsafety-dss.eu/#/risk-factor-search>. Il s'agit en somme d'une base de données qui répertorie les différents facteurs de risque d'accidents selon trois catégories de risques : comportemental, infrastructure et véhicule. Il sera intéressant de suivre la façon dont les autorités publiques européennes vont utiliser cet outil dans le déploiement de leurs politiques de sécurité routière.

Chapitre 4. Diverses recherches sur le thème de l'adaptation

J'ai réalisé plusieurs travaux qui ne concernent pas les deux thématiques centrales dont il a été question dans les deux chapitres précédents. Ces travaux seront présentés dans ce chapitre car ils ont en commun de traiter de l'adaptation ou de l'étude de mécanismes compensatoires mis en place dans une situation donnée : l'adaptation d'une victime d'accident de la circulation un an après son accident, les mécanismes compensatoires mis en place en conduite par des personnes présentant un trouble vestibulaire, l'adaptation des tests psychotechniques pour évaluer les capacités de conduite après suspension ou annulation du permis de conduire, et enfin l'adaptation cognitive et métacognitive à un médicament tel qu'un Benzodiazépine, problématique que j'ai étudié dans le cadre de mon post-doctorat.

1. Adaptation d'une victime d'accident de la circulation un an après son accident

Martine Hours, chercheur au laboratoire Ifsttar-Umrestte de Bron, et responsable de la cohorte ESPARR (Étude de Suivi d'une Population d'Accidentés de la Route dans le Rhône), m'avait proposé de travailler sur les « verbatims » recueillis auprès des victimes de cette cohorte. Ce travail a fait l'objet d'un encadrement d'un étudiant de Master 2 Professionnel intitulé « Accompagnement des Troubles cognitifs et socio-cognitifs, des Inadaptations et des Exclusions » de l'UFR de Psychologie de l'Université Blaise Pascal de Clermont Ferrand. Marie Izaute et Laetitia Silvert étaient les encadrantes universitaires. L'étude de ce master 2 s'est focalisée sur l'analyse de ressentis verbalisés d'un sous-groupe de victimes : 228 patients ayant subi un traumatisme crânien. La question centrale était de déterminer quelles informations apportaient l'analyse des verbatims, par rapport aux échelles standardisées utilisées classiquement en clinique pour évaluer l'état émotionnel des patients et leur qualité de vie après l'accident. L'objectif était de créer un outil permettant d'analyser ces verbatims recueillis auprès de patients accidentés de la route un an après leur accident, en s'inspirant de différents modèles théoriques (Locus of control, stratégie de coping, capacité d'évaluation de ses propres émotions). Tous les verbatims ont été analysés par des experts qui devaient les classer selon des attributs prédéfinis comme par exemple : « positif », « négatif », « Interne » quand la responsabilité de l'accident est attribuée à soi-même, ou « externe » quand elle est attribuée à autrui ou au hasard, « résignation » quand le patient fait part d'un sentiment d'échec et de réduction des activités entraînant tristesse, culpabilité, peur, désespoir etc.

Le travail a conclu sur le fait que le modèle de Tran (2004) issu lui-même du modèle de Scherer (Scherer, 2005 ; Scherer, Fontaine, Sacharin, & Soriano, 2013) semble le plus approprié. Il réussit à combiner la dimension valence (positif-négatif) avec celle de contrôle (interne-

externe), en décrivant une multitude d'états émotionnels intermédiaires. De plus, grâce à des Analyses en Composantes Principales, nous avons pu montrer que les productions libres des patients apportaient une information complémentaire aux tests standardisés (qualité de vie, échelle de sévérité des séquelles...). L'intérêt d'explorer les états émotionnels via les verbatims pour compléter un bilan clinique a donc été confirmé (Grave, 2013).

Cette exploration a été complétée par un autre travail conduit par B. Tavernier sur les verbatims de l'ensemble des victimes de la cohorte ESPARR (n=886) dans le but de mettre en évidence des profils de vécus émotionnels, au regard de différentes données sociodémographiques et de santé. Les réponses aux questions des victimes ont été analysées à partir du répertoire EMOTAIX© piloté par le logiciel d'analyse linguistique Tropes©. Ce dispositif permet de catégoriser et de compter le vocabulaire relatif au vécu émotionnel « traduisant les différents états affectifs (humeurs, dispositions émotionnelles, postures interpersonnelles, émotions esthétiques) » (Piolat et Bannour, 2009).

Les résultats de cette étude confirment l'intérêt d'analyser les verbatims des patients. Bien entendu, la proportion de personnes qui ont un vécu négatif un an après un accident de la circulation est supérieure à celles qui ont un vécu positif. Ce vécu négatif est, la plupart du temps, en corrélation avec le niveau de gravité des lésions et les antécédents médicaux des victimes. Cependant, il existe également un profil contre-intuitif faisant apparaître un groupe de personnes présentant des lésions graves qui expriment un vécu émotionnel à valence positive. Ces résultats ont fait l'objet d'un article (Tavernier et al., 2016).

L'ensemble de ces résultats a permis d'améliorer la compréhension des expériences émotionnelles des victimes d'accidents de la circulation, ce qui permet de fournir des pistes de soin sur la prise en charge psychologique des victimes afin de favoriser la rémission, la qualité de vie et le bien-être psychologique.

2. Etude des mécanismes compensatoires de personnes présentant un trouble vestibulaire en conduite

La problématique de la conduite des personnes présentant des troubles vestibulaires est relativement peu décrite dans la littérature, elle est pourtant bien réelle. En effet, les troubles vestibulaires provoquent des troubles de l'équilibre et des vertiges pouvant perturber la marche mais aussi la conduite automobile. Les troubles de l'équilibre sont l'une des premières causes de consultation des personnes âgées (Weindruch, Korper, & Hadley, 1989). La prévalence des vertiges et des troubles de l'équilibre dans une population âgée de 70 ans est de l'ordre de 30% (Jönsson, Sixt, Landhahl, & Rosendall, 2004). Elle est plus élevée chez les femmes (36%) que chez les hommes (29%) et peut atteindre 50% chez les 85 ans et plus.

Pour être en équilibre, notre cerveau a besoin de trois types de renseignements : la position du corps dans l'espace fournie par les muscles (système proprioceptif), la position de la tête fournie par la vue (système visuel), et les informations concernant les mouvements de la tête fournies par les organes de l'oreille interne (système vestibulaire). Ces trois systèmes sont sous le contrôle du cervelet. Lorsque le système vestibulaire est affecté, l'information qui arrive au cervelet est perturbée et provoque une sensation de déplacement dans l'espace qui est erronée : c'est le vertige ou l'étourdissement. Certains sont brefs et peuvent être soulagés rapidement, d'autres persistent plus longtemps et sont plus difficiles à traiter.

Le contrôle postural nécessite des ressources attentionnelles chez les personnes ayant des déficits vestibulaires mais aussi chez les personnes âgées. Des interférences se produisent quand il s'agit de maintenir l'équilibre en comptant (Stelmach et al., 1990), ou en réalisant une tâche visio-spatiale (Kerr et al., 1985). Les temps de réaction sont ralentis (Redfern, Jennings et al., 2001) et le rappel de mots est plus réduit dans des contextes où l'équilibre doit être maintenu en même temps que les personnes réalisent la tâche (Lindenberger et al., 2000).

La question du risque routier que présente cette pathologie vestibulaire n'est pas très claire (Sindwani & Parnes, 1997; Sindwani et al., 1999). Il semble établi que le diagnostic de trouble vestibulaire ne peut pas s'accompagner d'un retrait systématique du permis de conduire mais les critères précis et objectifs qui vont permettre à une commission préfectorale d'orienter cette décision restent flous et ouverts à interprétations (Parnes et al., 1997). Il serait donc souhaitable de contribuer à identifier des tests ou questionnaires permettant le repérage des conducteurs les plus touchés.

Trois travaux de Master ont été réalisés au Lescot sur ce thème (Nathalie Para, master 1, 2006 ; Cécilia Gabel, master 1, 2010 ; Cécilia Gabel, master 2, 2011) en collaboration avec le Service d'Explorations Neurosensorielles, Centre Hospitalier Lyon-Sud et le Laboratoire DDL de l'Université Lyon 2. Les premiers résultats ont mis en évidence un déficit attentionnel chez les patients avec troubles vestibulaires se traduisant par une difficulté, non observée chez les contrôles, à inhiber des stimuli visuels périphériques quand la charge cognitive de la tâche centrale augmentait. En transférant ce résultat au contexte de la conduite automobile, il est possible que ces patients se retrouvent davantage en difficulté lorsque la complexité de la situation routière augmente (carrefours complexes, gros trafic, centre-ville...) car ils résisteraient moins bien (1) à l'effet négatif des distracteurs visuels, ou bruit visuel (2) ou à une manifestation vertigineuse due à des stimuli optocinétiques (stimuli visuels en mouvement) (Paire-Ficout, Bedoin, Viart-Ferber, 2009). Les seconds résultats ont montré que les difficultés de conduite, recueillies par questionnaires, étaient en lien avec le niveau de trouble des patients, évalués par des examens vestibulaires. Les difficultés sont d'autant plus nombreuses que les patients sont sensibles aux stimulations optocinétiques et que leur dépendance visuelle est forte. La plainte est en revanche moins importante chez les patients souffrant de nystagmus (mouvement d'oscillation involontaire des yeux) (Gabel, 2010).

3. Adaptation des tests psychotechniques pour évaluer les capacités de conduite après suspension ou annulation du permis de conduire

Après une suspension temporaire ou annulation d'un permis de conduire, les conducteurs ayant fait l'objet d'une infraction liée à un excès de vitesse ou à une consommation d'alcool ou de stupéfiants dépassant les doses autorisées doivent se soumettre à un contrôle médical de l'aptitude à la conduite. Ce contrôle comporte une visite médicale réalisée par un médecin agréé par la préfecture et un examen psychotechnique comportant un ensemble de tests psychotechniques et un entretien réalisé par un psychologue. Quand les avis du médecin et du psychologue sont favorables, le conducteur peut récupérer son permis de conduire.

La Direction de la Sécurité Routière (DSR) ayant relevé une grande disparité dans les pratiques des examens psychotechniques tant dans le choix des tests et de leur administration (parfois réalisés à distance, par internet) que dans la durée de l'examen (entre 15 et 50 minutes), a missionné l'Ifsttar pour mener des travaux en vue de mieux préciser les conditions de réalisation de ces examens. La mission, démarrée en 2017 et financée par la DSR, est coordonnée à l'Ifsttar par Catherine Gabaude. Elle est impliquée de par son expertise sur les capacités de conduite et les fonctions qui interviennent dans la conduite, notamment chez les conducteurs âgés. Marie-Axelle Granié est également impliquée du fait de son expertise sur certains facteurs explicatifs des comportements à risque (rapport à la règle). Je suis impliquée en tant qu'experte dans le champ de l'évaluation des capacités de conduite et des tests à utiliser pour tester ces capacités.

La première tâche a consisté à mener un travail d'expertise dans le but d'améliorer les pratiques professionnelles et d'aider la DSR à produire une liste de tests psychotechniques à recommander. Outre l'examen de la littérature, l'Ifsttar a aussi sollicité treize experts dont un Belge responsable du service des examens psychologiques à Bruxelles, afin de constituer un groupe de travail devant rédiger un arrêté dans la continuité du décret publié en 2016 (paru au Journal Officiel le 24 janvier 2016 texte n° 18, Décret n° 2016-39 du 22 janvier 2016 pris en application de l'article L. 224-14 du code de la route). Après plusieurs séances de travail, le groupe a produit un arrêté qui vient tout juste d'être publié : Arrêté du 18 janvier 2019 modifiant l'arrêté du 26 août 2016 relatif à l'examen psychotechnique prévu dans le cadre du contrôle médical de l'aptitude à la conduite. Un second arrêté a été publié précisant les modalités relatives à la formation des psychologues chargés de l'examen psychotechnique dans le cadre du contrôle médical de l'aptitude à la conduite (volet auquel je n'ai pas participé).

Ce travail fut pour moi une expérience particulièrement intéressante et nouvelle qui correspondait à une mission d'appui à la décision publique. J'avais au départ la crainte que ces examens psychotechniques soient exagérément axés sur la passation de tests au détriment de l'entretien clinique proprement dit (les éditeurs de tests sont nombreux à proposer des batteries d'évaluation des capacités de conduite sur le marché sans avoir été

évaluées et standardisées préalablement). Bien qu'un certain nombre de capacités testées par ces batteries soient sous-tendues par une approche scientifique solide, je souhaitais défendre l'idée que l'examen soit en majorité composé d'un entretien de nature « clinique » réalisé par un psychologue compétent et en capacité de déceler des comportements à risque, une éventuelle addiction, un éventuel trouble de la personnalité ou du comportement ou encore une absence de conscience et responsabilité du comportement incriminé. Il est également important de sonder l'existence de motivation à changer ses comportements.

Je partageais également le souhait que cet examen puisse être adapté en fonction des publics notamment en fonction de l'âge, du type d'infraction ou de la pathologie. En effet, mon expérience de l'évaluation de la conduite concerne avant tout les conducteurs âgés ayant ou non un trouble neurocognitif. Pour ces derniers, la passation de tests neuropsychologiques standardisés se justifie pleinement pour mieux comprendre les limitations cognitives en lien avec l'aptitude à la conduite. En revanche, pour des conducteurs infractionnistes et récidivistes, l'exploration du bon fonctionnement cognitif me semblait moins fondamentale que la recherche des troubles du comportement (conduites à risque, recherche de sensations fortes, contrôle défectueux de l'impulsivité et des émotions). Malheureusement aucun test standardisé n'existe et ne serait susceptible d'évaluer un potentiel risque de récurrence ou de comportement « déviant » persistant. Dans l'arrêté, il est donc bien précisé que les psychologues doivent se livrer à un entretien approfondi pour pouvoir engager un dialogue avec le contrevenant, observer ses attitudes, proposer des conseils, voire un suivi adapté aux différents profils rencontrés et ainsi rédiger un avis éclairé afin de permettre au médecin de mieux connaître son patient.

La seconde tâche a consisté à réaliser une enquête en ligne à destination des acteurs du contrôle de l'aptitude à la conduite automobile à savoir les psychologues administrant les examens psychotechniques et les médecins agréés utilisant les avis formulés au cours de ces examens ou prescrivant certains de ces examens. C'est surtout Béatrice Degraeve, docteur en psychologie sociale, qui s'est chargée de ce volet, en CDD à l'Ifsttar sur cette action. L'enquête a été envisagée en deux phases, avant et après la parution des nouveaux arrêtés régissant les examens psychotechniques. La première phase de l'enquête a été réalisée entre octobre 2017 et octobre 2018, elle visait à faire un état des lieux avant la parution du nouvel arrêté. Le questionnaire a été élaboré afin de savoir si les professionnels connaissaient les décrets et arrêtés, de mieux connaître leurs pratiques professionnelles, d'identifier les problèmes et les difficultés rencontrées, de décrire ce que pourrait être l'examen idéal et enfin donner leur opinion générale sur le déroulement de l'examen.

Cent vingt-trois personnes ont complété le questionnaire dont 103 psychologues. Il s'avère que les praticiens sont pour les trois quarts informés des nouvelles dispositions du décret n° 2016-39 du 22 janvier 2016 précisant les conditions imposées à un conducteur dont le permis a été annulé ou suspendu. Les difficultés les plus souvent citées et les plus importantes sont : le manque de concertation et de coopération entre les acteurs, les difficultés à s'adapter au

profil du candidat (en cas de pathologie ou trouble de la personnalité notamment), des tests pas toujours appropriés et le manque de validité de ces derniers. Pour les répondants, la demande de tests valides, fiables et pertinents, c'est-à-dire appropriés aux objectifs et aux candidats, est importante. Beaucoup de praticiens font également remarquer que la contrainte temporelle de la visite (généralement $\frac{3}{4}$ d'heure) ne permet pas toujours de pouvoir évaluer et conseiller correctement le candidat.

La seconde phase de l'enquête sera réalisée dans quelques mois afin de recueillir des données sur les répercussions de l'application des arrêtés et leurs conséquences sur la mise en place des bonnes pratiques. Il s'agira notamment de savoir si les nouvelles dispositions ont amélioré l'examen, si la prise de décision d'aptitude ou inaptitude à la conduite est facilitée, si l'adhésion des candidats est plus importante etc.

Un colloque a été organisé les 4 et 5 octobre 2018 à Paris sur le thème : « Psychologie des transports et de la mobilité », sous l'égide de la Fédération Française des Psychologues et de la Psychologie (FFPP), l'IFSTTAR et l'Université de Nancy, dans le but de mettre en réseau les praticiens et les chercheurs et de communiquer sur les nouvelles dispositions réglementaires des passations des examens psychotechniques. Deux communications ont été données dans laquelle j'étais impliquée, l'une sur l'évolution de la réglementation (Gabaude, Granié, Paire-Ficout, 2018), l'autre sur les résultats de l'enquête menée auprès des psychologues et médecins (Degraeve, Gabaude, Granié, Paire-Ficout, 2018). Un article a été publié dans le Journal des Psychologues (Degraeve, Gabaude, Laurent, Paire-Ficout, 2018). Les communications données vont faire l'objet d'un ouvrage (édition Presses Universitaires de Nancy). Les participants ont manifesté beaucoup d'enthousiasme et furent satisfaits de la richesse des échanges. Leurs attentes en termes de tests adaptés et de recommandations se sont exprimées clairement.

Dans ce volet d'action se pose ainsi la question de l'affordance des tests aux candidats dont l'état psychologique et l'aptitude à la conduite doivent être évalués. Comment trouver les tests les plus adaptés à chaque public pour d'identifier d'éventuels comportements déviants ? pour évaluer de manière fiable ces candidats qui sont potentiellement à risque de commettre un excès de vitesse, un accident, et/ou de récidiver ?

4. Adaptation cognitive et métacognitive à un médicament

Dans le cadre de mon post-doctorat réalisé avec Marie Izaute, Professeure de Psychologie Cognitive de l'Université Blaise Pascal de Clermont-Ferrand et Elisabeth Bacon, chercheur Inserm de l'Unité 1114 en psychopathologie cognitive, à l'Université de Strasbourg, j'ai travaillé sur des thèmes passionnants en étudiant l'effet d'une Benzodiazépine (le lorazepam) sur le contrôle des connaissances sémantiques et notamment sur la mémoire et la métamémoire.

Nous avons testé les capacités de mémoire sémantiques auprès de personnes provisoirement sous l'effet du lorazépam, une benzodiazépine connue pour ses effets relaxants et anxiolytiques mais aussi pour ses effets délétères sur la mémoire. Le médicament entraîne une amnésie antérograde transitoire, et disparaît à mesure que le médicament est éliminé. Nous avons tout d'abord utilisé le paradigme « Illusion de Moïse » qui consiste à poser des questions de type « Combien d'animaux de chaque espèce Moïse a-t-il emporté dans son arche ? ». La plupart des personnes répondent « deux » sans relever l'imposteur « Moïse » (ce n'est pas Moïse mais Noé). Sous l'effet du lorazépam, la capacité de détection de l'illusion est vraiment plus faible ce qui suggère une perturbation du contrôle des connaissances sémantiques sous l'effet du médicament (Paire-Ficout, Izaute, Bacon et al. 2001, Izaute, Paire-Ficout, Bacon, 2004).

Nous avons également étudié les effets du lorazépam sur le phénomène connu de sensation « sur le bout la langue » (ou Tip Of the Tong, TOT en anglais). L'expérimentation consistait à provoquer ces états en posant des questions de connaissances générales. Les participants sous lorazépam produisaient plus d'erreurs et se retrouvaient plus souvent en états de TOT que ceux qui avaient absorbé un placebo. En revanche, la résolution des TOTs, c'est-à-dire le fait de parvenir à retrouver le mot cible, n'a pas été altérée par la drogue. Une théorie avance l'hypothèse que c'est un mot écran qui provoque le TOT en bloquant l'accès au mot cible (Bacon, Schwartz, Paire-Ficout, Izaute, 2007, Bacon, Paire-Ficout, Izaute, 2006).

En conclusion, l'ensemble de ces travaux réalisés dans des domaines connexes de mes deux grandes thématiques principales, m'a amené à découvrir de nouveaux champs, de nouveaux paradigmes et de nouvelles théories. Toutes ces expériences furent très enrichissantes, tant du point de vue de la recherche pure que de l'exercice d'expertise.

Chapitre 5. Un thème en développement, mobilité, marche et vieillissement

La création du futur I-Site, à horizon 2020, centré sur la ville du futur va ouvrir de nouvelles perspectives. La problématique de la conduite automobile sera peut-être plus en retrait (au moins pour ce qui est de l'analyse de l'activité de conduite classique par opposition à la conduite « assistée ») au profit d'études portant sur la mobilité urbaine. Mes travaux entrepris plus récemment sur le thème de la marche dans un contexte de vieillissement s'inscrivent dans ces nouvelles perspectives d'évolution de la mobilité.

L'enjeu est capital car la marche à pied est une des formes de mobilité urbaine privilégiée ; elle participe au maintien de la santé et par extension à la qualité de vie et au bien-être de la personne âgée. C'est une activité qui peut paraître élémentaire mais elle peut devenir plus complexe lorsqu'il s'agit de se déplacer en ville ou dans des environnements encombrés ou comportant des obstacles, des déclivités, ou encore lorsque la personne porte des bagages. Certains contextes peuvent s'apparenter à des situations de double tâche (marcher en même temps que rechercher un itinéraire, marcher tout en portant des sacs de courses ou en évitant les obstacles sur la voie publique) exposant ainsi les personnes âgées fragilisées à un risque de chute.

Ce risque de chute est élevé chez les personnes âgées, il touche un tiers des personnes de plus de 65 ans avec en moyenne une chute par année (Rubenstein & Josephson, 2002). Ce risque s'accroît avec l'âge et avec l'apparition d'une pathologie neurodégénérative liée à l'âge (Canning, Paul, & Nieuwboer, 2014; Verghese, Wang, Ayers, Izzetoglu, & Holtzer, 2017). Les conséquences d'une chute, en termes de vie sociale, de traumatismes psychologiques ou physiques, de mobilité et de qualité de vie sont importantes et accroissent de manière considérable le risque d'institutionnalisation. Il est difficile de connaître avec précision où se produisent ces chutes, ce sont surtout des chutes se produisant dans un cadre domestique. Les chutes qui se produisent dans les transports en commun sont comptabilisées dans les accidents de la circulation. En revanche, celles qui se produisent seul sur la voie publique sont peu documentées.

Depuis 2016, un groupe de travail intitulé « Chute et Mobilité » que je coordonne avec Maud Ranchet, s'est constitué au sein du département TS2. Ce groupe rassemble une quinzaine de chercheurs ayant travaillé sur le thème de la chute ou des sujets connexes. Différentes disciplines scientifiques y sont représentées : l'épidémiologie, la psychologie cognitive, la psychologie sociale, la biomécanique, l'informatique. L'objectif principal est d'encourager les collaborations entre ces chercheurs pour améliorer la connaissance sur cette thématique transversale au département TS2, et d'envisager le dépôt d'un projet dans le cadre d'un appel à projets futur.

Bien que le risque de chute touche plusieurs catégories de population, le choix de se centrer plus spécifiquement sur la population âgée s'est vite imposé du fait des thématiques scientifiques de la majorité du groupe. L'objectif principal est ainsi de contribuer à aider les personnes âgées engagées ou non dans un vieillissement pathologique à maintenir leur mobilité le plus longtemps possible.

Il existe une littérature foisonnante sur la problématique de la chute des personnes âgées rendant la tâche du groupe difficile pour fixer les orientations de recherche. Le rapport d'expertise collective de 2015 donne de précieuses recommandations sur des recherches à mener dans les années à venir. Il est notamment stipulé qu'il est nécessaire de conduire des travaux épidémiologiques sur l'incidence des chutes et leurs conséquences en lien avec la transition vers la fragilité. L'intérêt de travailler sur des cohortes est affirmé. Il est également recommandé de mieux documenter les aspects psychologiques et comportementaux liés à la peur de tomber en identifiant les variables médiatrices et modulatrices de la relation entre la peur de tomber et le risque de chute. En définitive, les travaux menés par les chercheurs du groupe de travail s'inscrivent parfaitement dans ces grandes lignes de recherche avec un axe épidémiologique/biomécanique et un autre plus de psychologie expérimentale.

1. Approches épidémiologique et biomécanique

Au plan épidémiologique, des travaux ont été entrepris à partir des données de la Cohorte des trois cités (Bordeaux – Montpellier – Dijon, cf.) pour étudier les facteurs de risque de chute en lien avec la peur de tomber chez les personnes âgées. Cette cohorte, mise en place par trois laboratoires INSERM, est constituée de 10 000 personnes âgées suivies depuis 2000 comporte de nombreuses questions posées tout au long du suivi avec des données objectives (risque réel de chute tels que les antécédents de chute, la rigidité musculaire, les problèmes d'équilibre, les difficultés liées à la marche, l'indice de masse corporelle, la consommation d'alcool, l'état de santé, les performances cognitives et des données subjectives sur le ressenti par rapport au risque de chute. Un travail réalisé en 2018 dans le cadre d'un M1 d'épidémiologie par Laurie Dubonnet et encadré par Sylviane Lafont montre qu'au sein d'une population âgée en moyenne de 74 ans, une personne sur 5 déclarait une chute dans les mois précédents, presque un tiers d'entre elles déclaraient une nouvelle chute dans les deux ans qui suivent. Les facteurs de risque de chute identifiés dans la littérature ont été retrouvés. L'originalité de ce travail a été de montrer que le fait de se sentir en moins bonne santé par rapport aux personnes de son âge augmentait le risque de chute, et cela quel que soit l'état de santé objectif de la personne. Cette perception du risque de chute sera explorée dans de nouveaux travaux.

Parallèlement, les bases de données de l'Observatoire Rhône Alpes du Traumatisme (ORAT) ont été interrogées pour étudier l'enjeu de santé publique des chutes sur la voie publique versus les autres lieux (domicile, locaux publics, lieux extérieurs), les conséquences des blessures sur la restriction de la mobilité et également la nature et la gravité des blessures consécutives à une chute (Blandine Gadebgeku, Hélène Tardy, Amina Ndiaye). Ces données pourraient être mises en relation avec celles dont disposent les chercheurs du LBMC (Thomas Robert, François Bermond) dont la spécialité est la biomécanique, sur le réflexe de protection et la capacité de récupération de la chute. Les grandes questions soulevées s'orientent sur la prédiction du risque de chute en fonction de certains paramètres physiques de la marche d'une personne, et sur les mécanismes de compensation mis en place pour récupérer son équilibre (d'un point de vue biomécanique). Ces travaux trouvent une issue originale dans un contexte « Transport et personnes âgées » : il est en effet important de mieux connaître la capacité de récupération de l'équilibre en situation de freinage par exemple dans un métro ou dans un bus, pour réduire les risques de perte d'équilibre et les chutes. Ces questions de recherche restent essentielles dans le contexte de l'extension des véhicules collectifs autonomes comme les navettes et bus autonomes qui vont se généraliser dans le futur.

2. Approche expérimentale

Des données recueillies dans le cadre du projet MAPISE, coordonné par Marie-Axelle Granié, sur les stratégies de traversées de chaussées des personnes âgées pourraient également trouver une application au sein du groupe de travail « Chute et Mobilité » (Huguenin-Richard, Granié, Coquelet, Dommes, & Cloutier, 2016). Les résultats des observations en situation réelle de traversées régulées montraient que les piétons âgés manifestaient des comportements plus prudents et plus conformes (ils traversent davantage sur les passages réservés) que les piétons plus jeunes, ceci s'accompagnant de regards plus fréquents vers le sol (Granié, Dommes, Cloutier, Coquelet, & Huguenin-Richard, 2014).

Sous l'impulsion de la réflexion initiée par le groupe de travail, un projet a vu le jour au Lescot sous le nom de PARACHUTE (Personnes âgées et risque de chute) qui a reçu un financement de l'AAP Exploratoire sur l'année 2018-2019. Comme il est clairement précisé dans la littérature, la chute est un phénomène multifactoriel (Delbaere, Close, Heim, et al., 2010). Il est donc essentiel d'adopter une approche globale, multidisciplinaire pour mieux comprendre et cerner la nature des facteurs impliqués dans la marche et le risque de chute chez des personnes âgées engagées ou non dans un vieillissement pathologique. Comme illustré sur la Figure 10, une approche qualifiée de triangulaire semble bien adaptée car basée sur le recueil de trois dimensions différentes :

(1) des données comportementales, résultant des performances à des tests cognitifs et à des tests de marche,

(2) des données physiologiques, résultant d'une part, d'une technique d'imagerie cérébrale permettant de mesurer l'activité cérébrale pendant une tâche de marche, il s'agit de la

Spectroscopie proche infra-rouge fonctionnelle (en anglais : Functional Near-Infrared Spectroscopy, fNIRS) et d'autre part d'un dispositif permettant de recueillir des données biomécaniques sur la marche (vitesse de marche, nombre de pas, à l'aide du Gait up).

(3) des données d'auto-évaluation, résultant d'un questionnaire sur l'effort mental réalisé pendant la tâche (Nasa TLX) et pour la pathologie la SAFRM (Self-Awareness of Falls Risk Measure développée par Mihaljic (2014) et traduite en français par nos soins (SAFRAM-F).

Dans le projet, il s'agira d'étudier parmi toutes les variables recueillies celles qui prédisent le plus une perturbation de la performance de marche chez des personnes âgées engagées ou non dans un vieillissement pathologique et par extension un risque de chute plus élevé. Il s'agira d'évaluer leurs interactions entre elles et la manière dont la sévérité d'une pathologie neurodégénérative module ce risque. Un tel schéma de travail permettra de cibler plus concrètement le type d'intervention à privilégier pour favoriser la prise charge des personnes âgées à risque et pour prévenir les risques de chute.

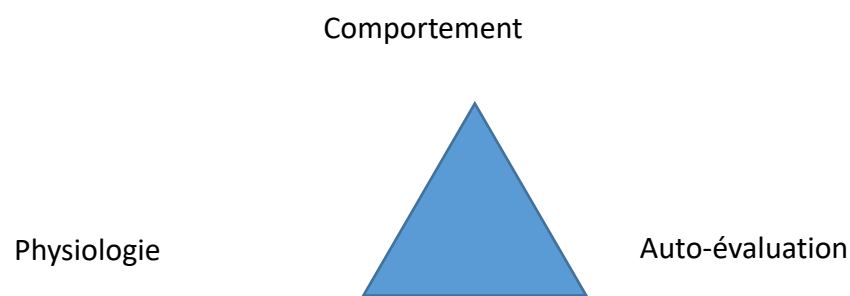


Figure 10 : Illustration d'une approche privilégiant le recueil combiné d'un ensemble de données

Une première étude a été réalisée dans le cadre d'un Master 2 de Neuropsychologie pendant l'année universitaire 2017-2018 par Isabelle Hoang et dont les premiers résultats ont été présentés au congrès International Society for Physical and Rehabilitation Medicine (travail supervisé par Maud Ranchet et moi-même) (Hoang, 2018). L'objectif de cette étude était de mieux comprendre les facteurs cognitifs (notamment les fonctions exécutives) et neurophysiologiques (notamment l'activité du cortex préfrontal dorso-latéral, CPFDL, enregistrée à partir de la fNIRS), associés à la performance de marche chez des personnes âgées au cours du vieillissement normal.

Le paradigme de double tâche est une des méthodes les plus utilisées pour tester l'implication des fonctions exécutives dans la marche. La double tâche consiste le plus souvent à compter à rebours en soustrayant 3 ou, plus difficile, 7 à un nombre à trois chiffres. Plusieurs études mettent en évidence une réduction de la vitesse de marche chez des adultes sains, jeunes et âgés qui réalisent une double tâche en marchant (Yogev-Seligmann, Hausdorff, & Giladi, 2008, pour une revue). L'étude de l'activité cérébrale au cours de la marche est relativement

récente, car peu de techniques d'imagerie permettent de réaliser des enregistrements en mouvement (Vitorio, Stuart, Rochester, Alcock, & Pantall, 2017). Seule la fNIRS, technique d'imagerie optique, permet d'étudier l'activité cérébrale dans ces situations plus écologiques, contrairement à l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) ou à l'électroencéphalographie. La NIRS évalue la quantité d'hémoglobine oxygénée et désoxygénée, reflet de l'activité neuronale. Lorsqu'une population de neurones s'active, on observe une augmentation de l'hémoglobine oxygénée et une diminution de l'hémoglobine désoxygénée. La fNIRS détecte les changements hémodynamiques liés à l'activation neuronale en envoyant de la lumière par des sources positionnées sur la surface de la tête. La quantité de lumière détectée par des détecteurs permet de déterminer la quantité d'oxygène dans le sang et donc l'activité cérébrale liée à la tâche (cf. Figure 11 : bonnet avec les optodes pour enregistrer l'activité du cortex préfrontal).

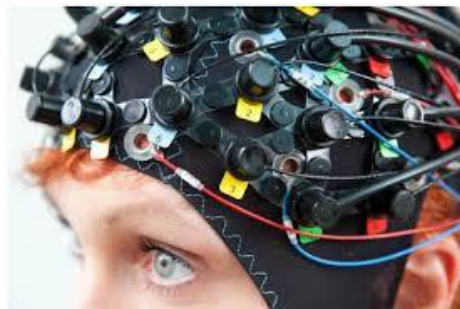


Figure 11 : NIRScout est un système d'enregistrement NIRS, il peut intégrer jusqu'à 64 sources et 32 détecteurs (distribué par la société Nirx)

Dans l'expérimentation, les changements hémodynamiques ont été étudiés dans quatre contextes différents : (1) en condition statique (baseline), (2) de marche, (3) de comptage à rebours de 7 en 7 à partir d'un nombre à 3 chiffres, et (4) de double tâche : marche et soustrayant 7 simultanément. Les participants étaient 15 jeunes et 15 « jeunes âgés » (62 ans en moyenne). Les résultats ont montré que la double tâche ralentissait la vitesse de marche et augmentait significativement la longueur des pas, chez tous les participants qui déclaraient également fournir un effort cognitif plus important en double tâche. Par ailleurs, une augmentation de l'activité du CPFDL en double tâche a été enregistrée dans les deux groupes, témoignant de l'augmentation des ressources cognitives. En revanche, les personnes plus âgées mobilisent plus de ressources cognitives que les jeunes en condition « marche seule ». Pour autant, l'effort mental déclaré et les paramètres de marche ne sont pas différents entre les deux groupes pour cette condition. D'un point de vue hémisphérique, les résultats ont montré que, à performances égales, les régions activées chez les personnes âgées étaient plus étendues que chez les jeunes (les deux hémisphères sont activés chez les plus âgés alors que seul l'hémisphère gauche est activé chez les jeunes). Une interprétation possible de ce résultat est que la marche nécessite davantage de ressources, comme si elle devenait moins

automatique à partir d'un certain âge, mais qu'une compensation corticale est mise en place afin de conserver la même performance. Ce résultat est conforme aux modèles HAROLD et CRUNCH (Park & Reuter-Lorenz, 2009) qui postulent que pour réaliser une tâche, les personnes âgées recrutent des régions supplémentaires, atténuant donc la spécialisation hémisphérique.

La contribution majeure de ce travail est d'avoir mis en évidence qu'à fonctionnements exécutif et « biomécanique » équivalents (pas de différence entre jeunes et âgés pour ce qui est des performances cognitives et de marche), il existe une différence au niveau de l'activité cérébrale. Cela suggère que les explorations physiologiques, à l'aide de la fNIRS sont plus pointues et plus fines que des tests neuropsychologiques. Il reste cependant beaucoup de choses à vérifier, ce qui fera l'objet de la thèse d'Isabelle Hoang sur la période 2018-2021 (sous la direction de Maud Ranchet et moi-même).

Il s'agira en effet de compléter les groupes pour valider de manière plus solide les pré-résultats sur le groupe de « jeunes âgés » et de compléter l'observation avec un groupe de personnes plus âgées (en moyenne 75 ans). Nous espérons pouvoir observer un véritable continuum dans les changements tant cognitifs que neurophysiologiques susceptibles d'expliquer les phénomènes de compensation neurologiques que nous avons commencés à observer.

Par ailleurs, la thèse comprend l'étude d'une population de patients atteints de la maladie de Parkinson. Actuellement, il n'existe aucun traitement spécifique qui permette de réduire ou stopper la progression de la maladie. Les programmes d'interventions non-médicamenteuses sont particulièrement indiqués pour améliorer la qualité de vie de ces patients. Plusieurs travaux ont mis en évidence que l'exercice physique notamment, jouait un rôle neuroprotecteur (cf. Bloem, de Vries, & Ebersbach, 2015, pour une revue). Mais le rôle de ces interventions reste encore à explorer.

La thèse prévoit ainsi d'examiner les effets d'un programme de rééducation intensive conduit par l'hôpital Henry Gabrielle depuis 2015 avec Jacques Luauté, Professeur Universitaire et des hôpitaux de Lyon, Téodor Danaila, neurologue aux hôpitaux de Lyon et Maxime Cheminon, Médecin de Médecine Physique et de Rééducation, à l'Hôpital Henry Gabriel de Saint-Genis-Laval. Ce programme, nommé SIROCCO, est basé sur la technique de la LSVT « BIG and LOUD ». C'est une méthode spécifique de prise en charge pour des patients ayant la maladie de Parkinson, d'abord pratiquée par les orthophonistes et basée sur la rééducation sensori-motrice. Elle privilégie l'amplitude des mouvements de la phonation et du corps (Vega, 2017).

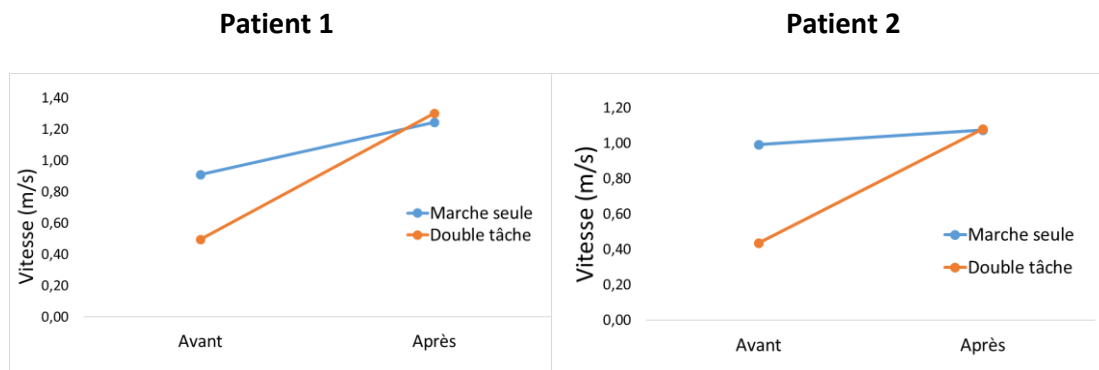
Le programme SIROCCO comprend des interventions en kinésithérapie, orthophonie, ergothérapie et diverses activités physiques adaptées, pendant 5 semaines. Son efficacité a été évaluée chez trente-neuf patients par une comparaison des performances motrices, vocales et fonctionnelles à l'entrée du programme, à la fin et un an après. Les résultats ont montré une amélioration significative des performances sur la mobilité et l'intensité de la voix qui se maintient 1 an après le programme de rééducation (Roche, Danaila, & Thobois, 2017).

Les bénéfiques à long terme, dans cette pathologie dégénérative, suggèrent fortement un effet neuro-protecteur du programme. L'objectif de la thèse d'Isabelle permettra de démontrer, grâce aux recueils des mesures physiologiques fNIRS, de l'existence d'une plasticité cérébrale chez ces patients et d'un effet bénéfique du programme à la fois sur les fonctions motrices, cognitives et cérébrales. Il existe une littérature émergente sur la question de l'analyse de l'activité du cortex préfrontal pendant la marche chez les patients parkinsoniens (5 études utilisant la fNIRS figurent dans la revue de questions de Stuart et al., 2018). Aucune étude n'intègre les effets d'un programme thérapeutique.

Comme cela a été souligné avec les résultats de l'étude 3C, la perception du risque de chute fait également l'objet d'une attention particulière, car c'est une variable qui joue un rôle essentiel dans le risque de chute. Dans l'étude de Delbaere, Close, Brodaty, et al., 2010, sur les 500 personnes âgées testées, un tiers ont une perception inexacte de leur propre risque de chute : soit elles le sous-estiment soit elles le surestiment. Il sera donc intéressant de voir si la perception du risque de chute se modifie sous l'influence du programme SIROCCO. Pour cela, nous utilisons l'échelle SAFRM-F (Self-Awareness Fall Risk Measure Mihaljcic, 2014) que nous avons traduite en français selon les recommandations de Beaton et al. (2000) (avec back translation par un anglo-saxon à partir de la traduction française réalisée par nos soins). Il s'agit de savoir si l'estimation du risque de chute est modifiée sous l'effet du programme.

Deux patients sont recrutés à chaque session de programme et sont évalués trois fois : 5 semaines avant le programme, à l'initiation de celui-ci et à son issue. Les évaluations comprennent des mesures : (1) cognitives avec une série de tests classiques, (2) de la marche à l'aide du test Timed Up and Go, des capteurs de marche placés sur les chaussures du participant qui enregistrent la vitesse, la cadence, les appuis pendant la tâche de marche qui comporte plusieurs conditions, en marche simple ou en double tâche (3) et aussi des mesures de la charge cognitive en observant l'activité du cortex préfrontal durant la marche à l'aide de la fNIRS, (4) et enfin de la perception du risque de chute avec la SAFRM-F.

La comparaison avant-après devrait montrer une amélioration des performances motrices et cognitives des patients. Une première analyse sur deux patients ayant complété le programme a permis de montrer que la vitesse de marche (exprimée dans les Figures 11 et 12 en m/s) avait augmenté notamment en condition de double tâche (soustraire 7 à partir d'un nombre à trois chiffres tout en marchant). Le Temps du Timed Up and Go a lui aussi bien diminué entre avant et après le programme (Hoang et al. 2018).



Figures 11 et 12 : Résultats de la vitesse de marche des deux premiers patients avant et après le programme Sirocco

Ces premiers résultats laissent présager des suites prometteuses sur les effets du programme. Les premières données physiologiques recueillies récemment sur quelques patients permettent de mettre en évidence qu'un recrutement moins important des ressources cognitives est nécessaire à l'issue du programme : l'activation cérébrale préfrontale est moins importante que celle observée chez les participants à l'entrée du programme. Les recueils futurs permettront de mieux comprendre les mécanismes corticaux en lien avec ces améliorations chez les personnes âgées ayant des troubles de la marche. Ils permettront d'émettre des hypothèses sur le rôle d'un entraînement physique intensif sur la plasticité cérébrale et de donner des pistes nouvelles pour la rééducation.

Il apparaît également important que les personnes poursuivent une activité physique au-delà du programme pour que ces effets bénéfiques perdurent dans le temps. Il sera ainsi envisagé de faire des mesures à distance pour voir comment ces effets se manifestent dans la durée. Dans une prochaine étape, des expérimentations in situ, en milieu urbain avec des conditions plus écologiques pourront être envisagées. Les données rapportées permettront néanmoins d'identifier les difficultés ressenties en conditions urbaines.

Maxime Cheminon, fortement impliqué dans le recrutement et l'évaluation des participants parkinsoniens nous a demandé de l'accompagner dans son travail de recherche de Master 2 « Exercice Sport Santé Handicap » qu'il va réaliser sur cette thématique et qu'il va soutenir en mai 2019 à l'Université de Saint-Etienne. Son encadrant universitaire est Jacques Luauté, Maud Ranchet et moi-même, ses encadrantes Ifsttar.

Chapitre 6. Nouvelles perspectives, prendre le virage avec des véhicules de plus en plus automatisés

Si les études sur l'analyse de l'activité de conduite ont occupé un large pan de la recherche durant les dernières années, avec la question centrale de savoir dans quelles conditions les conducteurs âgés peuvent continuer de conduire en toute sécurité, elles cèdent progressivement leur place aux travaux qui explorent le rôle des assistances à la conduite auprès de ces publics. En théorie, il est plus approprié de parler de véhicule automatisé (pour traduire l'idée d'un véhicule comportant plusieurs systèmes d'assistance) que de véhicule autonome, car le véhicule complètement autonome n'est pas encore en circulation.

Le Lescot se trouve en position de force avec Hélène Tattegrain, notre directrice, qui porte cette thématique depuis plusieurs années. Cette problématique devient majeure dans les préoccupations des travaux futurs sur la conduite automobile et soulève de nouvelles questions de recherche pour les conducteurs âgés. Ces derniers vont-ils accueillir avec intérêt ces avancées technologiques ? Vont-ils pouvoir en bénéficier ? Quid des conducteurs âgés souffrant de pathologies neurodégénératives ? Il est donc intéressant de suivre et de s'impliquer sur ce nouvel axe de recherche et d'être force de proposition pour veiller à ce que les développements prennent bien en compte les spécificités des conducteurs âgés mais aussi des personnes en situation de handicap comme le sont les personnes sourdes par exemple.

Mes premiers travaux sur la problématique du véhicule automatisé ont commencé à travers le projet STAR qui a démarré en février 2018, et dans lequel Aline Alauzet du Lescot est aussi impliquée. L'objectif est de concevoir un car autonome capable de circuler en circuit fermé dans un premier temps (aéroport ou entreprise) mesurant 40 m et contenant 110 personnes. C'est un projet très technologique, plutôt industriel, et nous intervenons sous le versant facteur humain pour permettre une prise en considération dès les toutes premières phases de conception des besoins des personnes en situation délicate de mobilité. C'est un projet très technologique conduit par des industriels, et nous intervenons sur les aspects facteurs humains pour permettre une prise en considération, dès les toutes premières phases de conception, des besoins des personnes en situation délicate de mobilité. Pour des raisons purement administratives (délais de signature de la convention), le travail vient tout juste de démarrer, et Caroline Pigeon (PhD) a été récemment embauchée après son post-doc au Canada sur un CDD de 2 ans. Elle va contribuer à la revue de littérature et conduire les premières observations de terrain. C'est un projet dans lequel les interactions avec les constructeurs sont importantes. Les développements technologiques sont au premier plan même si le consortium est également attentif aux besoins des utilisateurs.

Le travail consiste tout d'abord en une analyse des besoins spécifiques de certains utilisateurs (personnes âgées ou handicapées) grâce aux données de la littérature. Il s'agit d'inventorier

les situations dans lesquelles les personnes risquent de se retrouver en situation de gêne en raison d'un obstacle physique, technique, d'un barrage sensoriel ou encore cognitif. Il s'agira de savoir comment ces voyageurs appréhendent ces nouveaux véhicules, quelles sont leurs attentes et inquiétudes vis-à-vis de ces nouvelles formes de déplacement ? Quels sont les nouveaux risques ? Sont-ils tous correctement anticipés par les constructeurs ?

Une typologie des besoins de chaque catégorie d'utilisateurs est déjà amorcée et l'examen de la littérature sur l'acceptabilité à priori est également entrepris. La littérature sur les assistances à la conduite est foisonnante depuis ces dernières années, en revanche, celle qui concerne les navettes et les bus autonomes l'est beaucoup moins. Celle qui concerne l'acceptabilité des personnes âgées et des personnes avec handicap reste également peu fournie. C'est donc particulièrement intéressant de tenter de relever le défi de prévoir en amont tous les besoins de chaque utilisateur et de contribuer à ce gros chantier qu'est l'avènement des véhicules automatisés.

Deux cas d'usage principaux seront à l'étude, l'un sur une ligne de bus dans la région parisienne et l'autre sur une zone aéroportuaire (tarmac sur lequel circulent les bus qui acheminent les voyageurs du terminal à l'avion ou inversement). Les premiers contacts avec les responsables des aéroports de Lyon ont été pris récemment pour mettre au point les accords et les possibilités de tests.

La notion d'affordance sera également primordiale, car il s'agit de faire émerger les situations qui sont les plus problématiques pour ces futurs voyageurs de manière à développer des systèmes ou dispositifs d'assistance, des designs qui sont les plus abordables possibles, c'est-à-dire qui plaquent au plus près aux paramètres internes des utilisateurs en fonction de leurs représentations et connaissances propres.

1. Quelles nouvelles assistances pour les conducteurs âgés ?

Dans la même veine que celle des travaux précédents, les projets SURCA et SELFIE (projet dévolution FSR et DSR) obtenus récemment vont permettre de mieux comprendre comment les personnes âgées appréhendent les systèmes d'assistance à la conduite et quelles sont leurs attentes en termes de développement de ces systèmes automatisés. Le suivi de la cohorte Safe Move, six ans après l'inclusion des participants, ainsi que des expérimentations sur un simulateur de conduite vont permettre de donner un éclairage sur ces questions. Le questionnaire de suivi a été expédié en fin d'année 2018, une relance est prévue en mars 2019, les premiers résultats seront disponibles fin 2019.

Certaines enquêtes précisent que l'achat d'un véhicule n'est pas conditionné par la présence ou non d'assistances, mais que les seniors en apprécient l'utilisation par gain de confort et de sécurité (Gish et al, 2017). L'idéal finalement serait que ces assistances parviennent à

compenser les difficultés ressenties en conduite. On sait par exemple que les personnes âgées se déclarent particulièrement gênées pour conduire dans des situations de visibilité dégradée comme la nuit, par temps de pluie ou de brouillard. Les systèmes qui permettent le rehaussement de la vision sont ainsi essentiels pour cette population. Les nouvelles fonctions prévues dans les futurs véhicules permettent, par l'entremise du pare-brise, de bénéficier d'une amplification de l'information sans avoir à quitter la route des yeux, ni à regarder le tableau de bord. La projection des lignes de bordure de chaussée et des obstacles sur le pare-brise, ou encore la matérialisation de la meilleure trajectoire et la prescription de la vitesse adéquate pour passer une courbe pourrait être transmise par ce moyen. Avec ces fonctionnalités, le pare-brise devient ainsi intelligent.

Un autre système de pare-brise intelligent pourrait être très utile aux conducteurs ayant des difficultés à estimer les distances de sécurité ou la vitesse. Il s'agit d'un régulateur adaptatif qui matérialise, par des barres, la distance de sécurité en fonction de la vitesse adoptée. Le système permet également de mettre en surbrillance une voie dans le cas d'un changement de direction. En cas de nécessité, le véhicule peut, par lui-même, décider de ralentir si cette distance n'est plus sécuritaire. Les concepteurs de ces pare-brise tentent même de les rendre encore plus intelligents en leur permettant de tenter de suivre les yeux du conducteur afin d'optimiser la coopération homme-machine et la coopération inter véhiculaire. Le véhicule de demain pourrait ainsi permettre de surveiller le niveau d'attention du conducteur grâce à ses capteurs de suivi oculaire. La voiture réagira automatiquement aux dangers en distinguant les signaux d'alerte pour la détection d'un piéton près du véhicule, en cas de neige ou de route verglacée, ou encore de chaussée humide.

Certains constructeurs misent sur la modalité vocale : la voix deviendrait l'outil principal pour contrôler le pare-brise intelligent et ses différentes fonctionnalités. Des recherches supplémentaires sont néanmoins nécessaires pour comprendre comment exploiter au mieux la technologie à activation vocale sans compromettre la sécurité. Cela pourrait aider des personnes souffrant de problèmes moteurs (dyspraxie, maladie de Parkinson). Cependant, les personnes atteintes d'un handicap de nature linguistique (aphasies, surdité ou mutité) ne seraient pas concernées par cette assistance.

Enfin, en cas de déficits auditifs, des difficultés particulières peuvent survenir notamment pour percevoir les sirènes des véhicules d'urgence et les klaxons des autres véhicules. Si le véhicule de demain parvient à détecter ces signaux sonores, il pourrait les relayer dans une modalité haptique ou visuelle et donc orienter l'attention du conducteur sur cet événement. Ainsi, les conducteurs présentant une surdité pourraient eux aussi bénéficier de la réalité augmentée.

2. D'une conception universelle à la personnalisation

Ces systèmes d'assistance sont conçus pour tous types de conducteurs : on parle du principe de conception universelle. Pour accroître leur efficacité et leur confort d'usage, la question de la personnalisation de ces aides est souvent évoquée. Cela consisterait à adapter les réactions

du véhicule de manière à ce que le conducteur âgé, en particulier, puisse avoir un comportement adéquat. Par exemple, lorsque le conducteur devra reprendre la main sur le système, il faudrait s'assurer que l'alerte soit émise suffisamment tôt. Pour les systèmes les plus complexes, une prise en main encadrée semble souhaitable.

L'ensemble de ces systèmes permettrait d'aider les conducteurs qui « n'autorégulent » pas spontanément, soit parce qu'ils n'ont pas conscience de leur déclin ou parce qu'ils sont dans le déni du vieillissement. Des variables très liées à la personnalité sont à prendre en considération, selon que la personne sur- ou sous-estime sa propre capacité à appréhender les nouvelles assistances à la conduite. Une personne qui se sous-estime du point de vue cognitif pourrait avoir tendance à ne pas s'estimer capable d'utiliser un véhicule trop avancé technologiquement, à l'inverse un « sur-estimateur » aurait tendance à ne pas évaluer correctement les nouveaux risques liés à l'utilisation de ces nouveaux systèmes. Ces pistes restent encore à explorer.

L'avènement du véhicule à délégation de conduite va provoquer de grands changements dans les usages et dans les pratiques du conducteur. Les assistances à la conduite devraient rendre la conduite plus confortable, augmenter la sécurité et réduire la gravité des blessures potentielles. Ces systèmes sont conçus à l'aide de capteurs qui peuvent s'avérer plus performants que le conducteur qui, lui, peut présenter certaines défaillances. Dans la mesure où le véhicule et le conducteur comprennent mutuellement leurs actions respectives, des gains importants en termes de sécurité routière sont à espérer. Pour que la transition soit parfaitement réussie, il est essentiel de garder à l'esprit que certains conducteurs peuvent avoir des besoins spécifiques et qu'ils doivent être soigneusement pris en compte pour permettre d'offrir une mobilité sécurisée pour tous.

Une publication de vulgarisation, rédigée en collaboration avec Catherine Gabaude, dont sont extraits les paragraphes précédents est sortie en 2018 sur le thème de l'automatisation des véhicules dans le futur pour les personnes âgées (Paire-Ficout et Gabaude, 2018).

Chapitre 7 : Conclusion

Globalement, les deux thématiques principales qui ont donné lieu à un ensemble de travaux détaillés dans ce manuscrit d'HDR, seront toujours présentes dans les futures années. Simplement, elles seront amenées à évoluer quelque peu et à s'adapter aux évolutions contextuelles, technologiques et sociétales.

Pour ce qui est de la problématique de l'accès aux transports des personnes présentant un handicap linguistique, le champ est loin d'être couvert. L'accès au code de la route reste une question de recherche prioritaire pour les publics en difficulté et l'aménagement du matériel d'apprentissage reste un souci majeur. Ces travaux pourront être étendus à d'autres populations que celles des personnes sourdes, comme aux personnes dyslexiques et dysphasiques qui connaissent des difficultés similaires.

L'accès aux informations « transport » est également primordiale que ce soit dans les transports publics que dans les véhicules personnels dans le contexte de l'automatisation. Les signaux d'alerte privilégient souvent la modalité auditive, sans prendre en compte qu'un certain nombre de personnes sont privées d'audition. Il est donc essentiel de travailler sur des systèmes dits universels afin que tous les usagers puissent les utiliser avec le même niveau de confiance et d'efficacité. Dans ce domaine, une collaboration avec l'Université de Valencia (Espagne) est en cours d'étude pour travailler sur le développement d'un système d'aide à la compréhension de la signalisation routière à destination des personnes dyslexiques. La lecture des panneaux de signalisation et des informations écrites peuvent, en effet, poser quelques problèmes de traitement en temps réel et différer une réponse comportementale, pouvant ainsi provoquer des situations à risque d'accident (Roca et al., 2018). Une assistance « affordante » susceptible de délivrer la bonne information au bon moment serait particulièrement adaptée.

Dans la même lignée, je souhaiterai creuser une autre problématique au sujet des difficultés que rencontrent les personnes dyspraxiques dans l'apprentissage même de la conduite et dans l'accès au permis de conduire. La dyspraxie touche en effet la capacité à exécuter de manière automatique des mouvements et planifier les gestes, sans qu'il y ait pour autant des troubles moteurs ou un déficit intellectuel. Il serait ainsi intéressant d'explorer quelles fonctions exécutives en lien avec la conduite automobile sont altérées pour permettre d'orienter les pistes d'amélioration des conditions d'apprentissage pour ces publics en difficulté.

Nous avons proposé avec Caroline Pigeon et des collègues de l'Université Laval (Québec) d'organiser un symposium dans le cadre des Entretiens Jacques Cartier 2019 qui se dérouleront à Montréal. Ce symposium qui vient d'être accepté est intitulé « *Concevoir des environnements capacitants pour améliorer l'inclusion* ». Les interactions avec le Québec sur le thème de l'accès à la conduite sont fort intéressantes et pourraient donner naissance à de nouvelles collaborations.

Mais comme il a été évoqué dans le document, la conduite automobile risque de se modifier grandement dans les années à venir, dans sa forme la plus aboutie d'automatisation, il s'agira de superviser un automate. Il est ainsi possible que l'examen du code de la route dans sa forme actuelle se modifie, voire disparaisse complètement. Il laissera peut-être place à un nouvel examen qui évaluera d'autres connaissances et compétences. Car l'utilisation des assistances nécessite une prise en main et un apprentissage d'un mode d'emploi avant une utilisation en condition réelle de circulation, au moins pour les niveaux intermédiaires d'automatisation. Ainsi, de nouveaux supports d'apprentissage pourront être étudiés et testés. L'animation pourrait être fort utile pour l'apprentissage de notions, tant elle est appropriée pour la compréhension des mécanismes dynamiques.

Les conducteurs âgés doivent être accompagnés dans l'utilisation de ces nouvelles assistances. Molnar et al. (2018) ont récemment mis en évidence que l'acceptation de l'automatisation était très largement influencée par une variable centrale qui est la confiance. Cette variable passe avant même le niveau de confort et ce, quel que soit l'âge des personnes interviewées. Cette variable confiance est aussi fortement associée à la variable de contrôle. Les conducteurs qui sont très « contrôlant » en général, mais aussi au volant, qui n'aiment pas par exemple être conduits par un autre conducteur se montrent moins confiants dans les technologies d'assistance. Plus le besoin de contrôle est fort, plus les réticences vis-à-vis de l'automatisation sont importantes. Une des questions à approfondir dans le futur, qui a été abordée par Molnar et al. (2018), est de savoir si l'acceptation de perte de contrôle est mieux acceptée ou pas par les conducteurs âgés et si le niveau de confiance est plus ou moins important chez eux. Dans tous les cas, la démonstration de fiabilité et de sécurité des véhicules à délégation de conduite doit faire ses preuves pour que les futurs usagers acceptent de l'utiliser en toute confiance. Les besoins de chaque catégorie d'individu doivent aussi rester dans la ligne de mire.

Le sentiment de confiance est également au cœur de la problématique des systèmes autonomes collectifs, comme les navettes et le futur bus STAR sur lequel nous travaillons actuellement. Pour que les usagers embarquent dans une navette ou dans le futur bus sans chauffeur, sans superviseur « visible », la confiance dans le système doit être totale. L'utilisateur doit accepter de se faire prendre en charge, de « lâcher prise ». Il y a certainement d'autres variables psychologiques à prendre en considération et à mettre à jour dans ce processus d'acceptation (cf. les modèles TAM de Davis, 1993 notamment). Ce travail d'acceptation risque d'être long et laisse une large place à la fois aux travaux technologiques mais aussi aux sciences humaines et sociales pour mieux explorer les variables cognitives qui accompagnent le processus d'acceptation d'un système tel qu'un véhicule autonome (utilité perçue, facilité d'utilisation perçue, motivation, intention d'utiliser, capacité et sentiment d'efficacité...). Ce processus est-il en plus différent que la personne présente un handicap de communication ou qui nuit à sa mobilité ?

L'Ifsttar bénéficie d'un outil extraordinaire qui est la piste Transpolis, dont le Président est aussi Directeur de l'innovation et du transfert de technologie de l'Ifsttar. Transpolis est une ville laboratoire

dédiée à la mobilité urbaine durable et aux équipements de la route. Quatre-vingts hectares d'environnement urbain à l'échelle 1 sont mis à disposition pour réinventer de nouvelles solutions de mobilité urbaine. Transpolis est donc un lieu où des expérimentations pourront être réalisées en toute sécurité avec des véhicules expérimentaux. Dans le cadre du projet STAR, dans lequel Transpolis est partenaire, des essais sur piste sont prévus.

Il convient de rester réaliste, car le véhicule complètement autonome et surtout complètement sécurisé, n'existe pas et n'est pas encore sur le marché (contrairement à ce qui a été annoncé il y a quelques années en arrière). Dans l'intervalle, vont se poser de nouveaux problèmes de sécurité car les assistances ne vont pas tout régler. La période transitoire pendant laquelle vont circuler des véhicules automatisés et d'autres qui ne le sont pas vont poser de nouvelles questions de recherche : nous allons observer de nouveaux scénarios d'accidents que nous ne connaissons pas encore. En effet, certains accidents sont évités par compréhension implicite entre les usagers (comportement, regard, signe) qui permettent de lever toute ambiguïté. Les systèmes dits intelligents n'auront pas cette finesse d'interprétation, ce qui risque de provoquer des situations bien délicates voire dangereuses.

L'accompagnement des conducteurs âgés, engagés ou non dans un vieillissement pathologique et le retour à la conduite des patients cérébro-lésés reste donc bien une question actuelle. Les travaux engagés dans cette voie seront donc poursuivis avec une volonté de diversifier les interventions et les partenariats avec les centres hospitaliers et les centres de réadaptation. Les différentes initiatives de mises en place de programmes de rééducation et d'accompagnement à la conduite pourront faire l'objet de recherche et d'évaluation.

Le programme Sirocco est tout à fait exemplaire en la matière. Il concerne davantage la mobilité en générale et a déjà fait la démonstration qu'un entraînement intensif permet de retarder les effets négatifs de la maladie de Parkinson. Nous allons explorer un versant plus neurophysiologique afin de voir comment ces progrès se traduisent au niveau de l'activité cérébrale. Il sera ainsi possible d'appliquer un protocole d'observation similaire à d'autres populations concernées par les troubles de la marche (personnes avec troubles neuro-cognitifs, comme les personnes présentant un Mild Cognitive Impairment (MCI), Alzheimer ou troubles vestibulaires). Il est important de bien identifier les mécanismes en jeu dans cette activité, et ce qui se passe quand les personnes vieillissent, quand elles s'engagent dans un vieillissement pathologique. Les tâches de doubles tâches sont particulièrement intéressantes à étudier pour identifier le moment à partir duquel les ressources ne sont plus suffisantes et risquent de mettre les personnes en limites de capacités au point de se mettre en danger, au point de risquer de chuter. Beaucoup de choses restent à comprendre et à explorer : comment les ressources sont-elles distribuées, comment sont-elles gérées ? Les nouvelles techniques d'imagerie « portable » comme la fNIRS vont permettre ce type d'explorations et s'avèrent particulièrement prometteuses pour la suite.

En conclusion, avant de commencer ce travail de synthèse, j'avais le sentiment que la tâche allait être délicate, car les thématiques de recherche sur lesquelles j'ai travaillé sont particulièrement diversifiées, je craignais que le résultat s'apparente à un catalogue quelque peu rébarbatif.

Maintenant que tout est posé, mon impression a changé.

Ce travail de rédaction fut une belle expérience : j'ai eu un réel plaisir à écrire ce document en cherchant un fil conducteur unificateur autour de la notion de l'Adaptation. C'était plaisant de revisiter les travaux auxquels j'ai participé avant de travailler à l'Ifsttar. Mon goût pour la recherche et mon appétence pour le travail en équipe se sont affirmés au fil du temps : j'apprécie de travailler avec mes collègues, amis et étudiants. C'est tellement enthousiasmant de voir des idées grandir, s'enrichir, un projet s'affirmer, des écrits progresser, une présentation susciter de l'intérêt...

J'ai assisté à des changements importants dans la pratique de la recherche au cours de ma carrière. La généralisation progressive d'internet a grandement facilité l'accès à l'information, aux articles et par là même aux résultats de recherche en un temps record. Il est difficile d'imaginer un retour en arrière maintenant.

L'évolution des techniques d'imagerie cérébrale représente une révolution importante, car elle a permis des avancées considérables des connaissances dans le domaine de la cognition conduisant à des explorations plus fines et moins hasardeuses. Par rapport à mes champs d'intérêt qui touchent à la problématique de la surdité ou du vieillissement normal et pathologique, ces travaux ont soulevé de nouvelles questions de recherche et de nouvelles hypothèses. J'ai désormais un vif désir d'explorer ces nouvelles approches qui combinent données comportementales, physiologiques et métacognitives.

Dans le domaine des recherches sur les transports, l'avènement du véhicule automatisé bouscule la problématique et les méthodes d'analyse et ouvre également de nouvelles pistes d'investigations qui restent difficiles à quantifier à l'heure actuelle. Mais le désir de poursuivre les investigations dans ce sens est important.

Les changements à venir avec la création de l'I-site vont susciter de nouvelles thématiques autour de de mobilité urbaine et il importe que la réflexion comprenne très en amont l'accessibilité, dans tous ses aspects, des personnes connaissant des difficultés de mobilité, qu'elles soient dues à des limitations physiques, sensorielles ou cognitives de manière à ce qu'elles ne soient pas exclues des différentes solutions de mobilité.

Le métier de chercheur est parfois difficile car il arrive que l'on traverse des moments de doute voire de découragement ; par exemple, quand un projet ayant entraîné des heures de préparation est refusé pour financement ou quand un article n'est pas accepté pour la énième fois. La recherche demande vraiment beaucoup de patience, de rigueur et de ténacité et ce sont vraiment des valeurs que j'ai à cœur de transmettre à mes étudiants.

Quand tout est au rendez-vous, c'est beaucoup de satisfaction.

Chapitre 8 : Références

- Alegria, J., Charlier, C., D'Hondt, M., Hage, C., & Leybaert, J. (1999). Surdité. In J. A. Rondal, S ron, X. (Ed.), *Troubles du langage, bases théoriques, diagnostic et r education* (pp. 551-587). Bruxelles : Mardaga.
- Alp rovitch, A., Amouyel, P., Dartigues, J.-F., Ducimet re, P., Mazoyer, B., Ritchie, K., & Tzourio, C. (2002). Les études épidémiologiques sur le vieillissement en France : de l'étude Paquid à l'étude des Trois Cités. *Comptes Rendus Biologies*, 325(6), 665-672. doi: [https://doi.org/10.1016/S1631-0691\(02\)01476-2](https://doi.org/10.1016/S1631-0691(02)01476-2)
- Amieva, H., Jacqmin-Gadda, H., Orgogozo, J.-M., Le Carret, N., Helmer, C., Letenneur, L., . . . Dartigues, J.-F. (2005). The 9 year cognitive decline before dementia of the Alzheimer type: a prospective population-based study. *Brain*, 128(5), 1093-1101.
- Anderson, C. A., Lazard, D. S., & Hartley, D. E. H. (2017). Plasticity in bilateral superior temporal cortex: Effects of deafness and cochlear implantation on auditory and visual speech processing. *Hearing Research*, 343, 138-149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.07.013>
- Arguel, A., & Jamet, E. (2009). Using video and static pictures to improve learning of procedural contents. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 354-359. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.014>
- Audy, P. (1993). La pr vention des échecs et des abandons scolaires par l'actualisation du potentiel intellectuel (API). *Revue québécoise de psychologie*, 1(14).
- Bacon, E., Schwartz, B. L., Paire-Ficout, L., & Izaute, M. (2007). Dissociation between the cognitive process and the phenomenological experience of TOT: Effect of the anxiolytic drug lorazepam on TOT states. *Consciousness and cognition*, 16(2), 360-373.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded Cognition. *Annual Review of Psychology* 59, 617-645.
- Bavelier, D., & Neville, H. (2002). Neuroplasticity, Developmental. In V. S. Ramachandran (Ed.), *Encyclopedia of the Human Brain* (pp. 561-578). New York: Academic Press.
- Beaton, D. E., Bombardier, C., Guillemin, F., & Ferraz, M. B. (2000). Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. *Spine*, 25(24), 3186-3191.
- Bellet, T., Paris, J. C., & Marin-Lamellet, C. (2018). Difficulties experienced by older drivers during their regular driving and their expectations towards Advanced Driving Aid Systems and vehicle automation. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 52, 138-163.
- Berney, S., & Bétrancourt, M. (2016). Does animation enhance learning? A meta-analysis. *Computers & Education*, 101, 150-167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.06.005>

- Bertrand, F. (2005). Faciliter l'accès des jeunes au permis de conduire : Études et propositions (pp. 114): Rapport parlementaire.
- Bloem, B. R., de Vries, N. M., & Ebersbach, G. (2015). Nonpharmacological treatments for patients with Parkinson's disease. *Movement disorders*, 30(11), 1504-1520.
- Bouazzaoui, B., Angel, L., Fay, S., Tacconat, L., Charlotte, F., & Isingrini, M. (2014). Does the greater involvement of executive control in memory with age act as a compensatory mechanism? *Canadian Journal of Experimental Psychology/Revue canadienne de psychologie expérimentale*, 68(1), 59.
- Boucheix, J.-M., & Forestier, C. (2017). Reducing the transience effect of animations does not (always) lead to better performance in children learning a complex hand procedure. *Computers in Human Behavior*, 69, 358-370. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.029>
- Boucheix, J.-M., Gauthier, P., Fontaine, J.-B., & Jaffeux, S. (2018). Mixed camera viewpoints improve learning medical hand procedure from video in nurse training? *Computers in Human Behavior*, 89, 418-429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.01.017>
- Boucheix, J. M. (2008). Contrôle d'animations multimédias par des enfants de dix à 11 ans : quel effet des dispositifs de contrôle ? *Psychologie Française*, 53(2), 239-257. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psfr.2007.10.001>
- Bradley, V. A., Welch, J. L., & Dick, D. J. (1989). Visuospatial working memory in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 52(11), 1228-1235.
- Brin, F., Courrier, C, Lederlé, E et Vasy, V. (2004). Dictionnaire d'orthophonie.
- Brouwer, W. H., Withaar, F. K., Tant, M. L., & van Zomeren, A. H. (2002). Attention and driving in traumatic brain injury: A question of coping with time-pressure. *The Journal of head trauma rehabilitation*, 17(1), 1-15.
- Cabeza, R. (2002). Hemispheric asymmetry reduction in older adults: the HAROLD model. *Psychology and aging*, 17(1), 85.
- Calvo-Merino, B., Grèzes, J., Glaser, D. E., Passingham, R. E., & Haggard, P. (2006). Seeing or doing? Influence of visual and motor familiarity in action observation. *Current biology*, 16(19), 1905-1910.
- Canning, C. G., Paul, S. S., & Nieuwboer, A. (2014). Prevention of falls in Parkinson's disease: a review of fall risk factors and the role of physical interventions. *Neurodegenerative disease management*, 4(3), 203-221.
- Chee, J. N., Rapoport, M. J., Molnar, F., Herrmann, N., O'Neill, D., Marottoli, R., . . . Carr, D. B. (2017). Update on the Risk of Motor Vehicle Collision or Driving Impairment with Dementia: A Collaborative International Systematic Review and Meta-Analysis. *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 25(12), 1376-1390. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jagp.2017.05.007>

- Colin, S., Leybaert, J., Ecalle, J., & A, M. (2013). The development of word recognition, sentence comprehension, word spelling, and vocabulary in children with deafness: A longitudinal study. *Research in Developmental Disabilities, 34*(5), 1781-1793.
- Conway, C., Pisoni, D., & Kronenberger, W. (2009). The Importance of Sound for Cognitive Sequencing Abilities: The Auditory Scaffolding Hypothesis *Current directions in psychological science, 18* (5), 275-279.
- Coquillat, A., Lafont, S., Martin, J.-L., & Wu, D. (2015). Analyse de l'accidentologie des séniors. Projet VOIESUR - Véhicule Occupant Infrastructure Etudes de la Sécurité des Usagers de la Route, ANR-11-VPTT-0007 Livrable L4.7 (pp. 50).
- Craik, F. I., Bialystok, E., & Bialystok, E. (2006). On structure and process in lifespan cognitive development. *Lifespan cognition : Mechanisms of change, 3-14*.
- Cuxac, C. (2000). La langue des signes française. Les voies de l'iconicité, *Faits de Langues 15/16*, . Paris.
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies, 38*(3), 475-487. doi: <https://doi.org/10.1006/imms.1993.1022>
- Davis, S. W., Dennis, N. A., Daselaar, S. M., Fleck, M. S., & Cabeza, R. (2007). Que PASA? The posterior–anterior shift in aging. *Cerebral cortex, 18*(5), 1201-1209.
- De Koning, B. B., Tabbers, H. K., Rikers, R. M., & Paas, F. (2011). Attention cueing in an instructional animation: The role of presentation speed. *Computers in Human Behavior, 27*(1), 41-45.
- Debevc, M., & Peljhan, Z. (2004). The role of video technology in on-line lectures for the deaf. *Disability and Rehabilitation, 26* (17).
- Degraeve, B., Gabaude, C., Granié, M. A., & Paire-Ficout, L. (2018). L'évaluation de l'aptitude à la conduite automobile : état des lieux, difficultés et besoins des acteurs de terrains. Présentation des résultats d'une enquête réalisée auprès des professionnels de ce champ d'activité. Paper presented at the Colloque de la Fédération Française des Psychologues et de la Psychologie « Psychologie des transports et de la mobilité », Paris.
- Degraeve, B., Gabaude, C., Laurent, S., & Paire-Ficout, L. (2018). Le rôle des psychologues dans le contexte de la sécurité routière : formateurs, évaluateurs, rééducateurs et acteurs de la recherche. *Journal des Psychologues, 360*, 14-18.
- Delbaere, K., Close, J. C., Heim, J., Sachdev, P. S., Brodaty, H., Slavin, M. J., . . . Lord, S. R. (2010). A multifactorial approach to understanding fall risk in older people. *Journal of the American Geriatrics Society, 58*(9), 1679-1685.
- Delbaere, K., Close, J. C., Mikolaizak, A. S., Sachdev, P. S., Brodaty, H., & Lord, S. R. (2010). The falls efficacy scale international (FES-I). A comprehensive longitudinal validation study. *Age and ageing, 39*(2), 210-216.
- Dennis, N. A., & Cabeza, R. (2008). Neuroimaging of healthy cognitive aging. *The handbook of aging and cognition, 3*, 1-54.

- Dewey, R. S., & Hartley, D. E. H. (2015). Cortical cross-modal plasticity following deafness measured using functional near-infrared spectroscopy. *Hearing Research*, 325, 55-63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heares.2015.03.007>
- Duchek, J. M., Hunt, L., Ball, K., Buckles, V., & Morris, J. C. (1998). Attention and driving performance in Alzheimer's disease. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 53(2), 130-141.
- Dumont, A. (2008). *Orthophonie et surdité : communiquer, comprendre, parler*. France: Elsevier Masson.
- Dye, M. W. G., Baril, D. E., & Bavelier, D. (2007). Which aspects of visual attention are changed by deafness? The case of the Attentional Network Test. *Neuropsychologia*, 45(8), 1801-1811. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.12.019>
- Etienne, V., Marin-Lamellet, C., & Paire-Ficout, L. (2010). Simulator-based study to investigate executive functioning of older drivers at left-turn intersections. Paper presented at the Transport Research Board, Washington, USA.
- Falzon, P. (2013). *Pour une ergonomie constructive : Presses Universitaires de France*.
- Fari a, N., Du abeitia, J. A., & Carreiras, M. (2017). Phonological and orthographic coding in deaf skilled readers. *Cognition*, 168, 27-33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2017.06.015>
- Fine, I., Finney, E. M., Boynton, G. M., & Dobkins, K. R. (2005). Comparing the Effects of Auditory Deprivation and Sign Language within the Auditory and Visual Cortex *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(10), 1621-1637.
- Fitz-Patrick, M., Barkow, B., & Beattie, J. (1990). Le transport interurbain des voyageurs sourds ou malentendants - Analyse de l'accessibilité actuelle. Rapport de l'étude réalisée par la Société canadienne de l'ou ie et la société Behavioural Team (pp. 57). Toronto : Centre de développement des transports (Transports Canada).
- Fougeyrollas, P. (2002). L'évolution conceptuelle internationale dans le champ du handicap : enjeux socio-politiques et contributions québécoises. *Piste*, 4(2), 1-28.
- Frasnelli, J., Collignon, O., Voss, P., & Lepore, F. (2011). Chapter 15 - Crossmodal plasticity in sensory loss. In A. M. Green, C. E. Chapman, J. F. Kalaska & F. Lepore (Eds.), *Progress in Brain Research* (Vol. 191, pp. 233-249): Elsevier.
- Gabaude, C., Granié, M. A., & Paire-Ficout, L. (2018). Contexte et évolution de la réglementation : les évolutions réglementaires en matière d'examen psychotechnique et leurs implications. Paper presented at the Colloque de la Fédération Française des Psychologues et de la Psychologie « Psychologie des transports et de la mobilité », Paris.
- Gagnon, S. (2010). Le vieillissement réussi et la conduite automobile : et si la relation était bidirectionnelle? *Revue de Neuropsychologie*, 2(2), 98-105.
- Gibson, J. (1977). *The Theory of Affordances Perceiving, Acting, and Knowing* (pp. 127-143.). Eds Robert Shaw and John Bransford: Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.

- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approach to Visual Perception*. New York Psychology Press.
- Gilbert, B., Fontaine, S., Belleville, S., Gagnon, L., & Ménard, E. (2008). Programme d'intervention cognitive pour les aînés : Programme MEMO: Montréal.
- Gish, J., Vrkljan, B., Grenier, A., & Van Miltenburg, B. (2017). Driving with advanced vehicle technology: A qualitative investigation of older drivers' perceptions and motivations for use. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 498-504.
- Granié, M.-A., Dommes, A., Cloutier, M.-S., Coquelet, C., & Huguenin-Richard, F. (2014). Etude des effets de l'âge et du contexte de traversée de rue sur les comportements observés sur passages piétons régulés. . Paper presented at the Montréal (Canada): Institut National de la Recherche Scientifique - Centre Urbanisation et Société., *La ville sous nos pieds: connaissances et pratiques favorables aux mobilités piétonnes*. Actes du 4e Colloque francophone international du GERI COPIE.
- Grasset, L., Brayne, C., Joly, P., Jacqmin-Gadda, H., Peres, K., Foubert-Samier, A., . . . Helmer, C. (2016). Trends in dementia incidence: evolution over a 10-year period in France. *Alzheimer's & Dementia*, 12(3), 272-280.
- Grasset, L., Matthews, F. E., Péres, K., Foubert-Samier, A., Helmer, C., Dartigues, J. F., & Brayne, C. (2018). Evolution of dementia diagnosis over time (1988-2013): Evidence from French and English cohorts. Implication for secular trends analyses. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*, 10, 490-497.
- Grave, A. (2013). Analyse de ressentis verbalisés à un an d'un traumatisme crânien (pp. 55): Mémoire Master 2, UFR de Psychologie, Sciences Sociales et Sciences de l'Éducation, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand.
- Greenwood, P. M., & Parasuraman, R. (2010). Neuronal and cognitive plasticity: a neurocognitive framework for ameliorating cognitive aging. *Frontiers in aging neuroscience*, 2, 150.
- Groff, J. (2013). *Traitement cognitif des animations graphiques adaptées à la signalétique transport*. Université de Bourgogne, Dijon.
- Groff, J., Boucheix, J.-M., & L., P.-F. (2014). Does animation in public transport information improve decision making. Paper presented at the Earli Rotterdam.
- Groff, J., Boucheix, J.-M., Lowe, R., Paire-Ficout, L., Argon, S., Saby, L., & Alauzet, A. (2011). Does Animation Facilitate Comprehension of Public Information Graphics? Evidence from Eye Tracking. Paper presented at the European Association for research on learning and Instruction Earli Exeter UK.
- Guillot, D. (1998). *Le Droit des sourds : 115 propositions : rapport au Premier ministre* (pp. 133 pages).
- Hakamies-Blomqvist, L. (1994). Compensation in older drivers as reflected in their fatal accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 26(1), 107-112.

- HAS. (2010). Surdité de l'enfant : accompagnement des familles et suivi de l'enfant de 0 à 6 ans, hors accompagnement scolaire. Recommandations de bonne pratique (pp. pp.288). France : Haute Autorité de Santé.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view *Psychology of learning and motivation* (Vol. 22, pp. 193-225): Elsevier.
- Hauser, P. C., Dye, M. W. G., Boutla, M., Green, C. S., & Bavelier, D. (2007). Deafness and visual enumeration: Not all aspects of attention are modified by deafness. *Brain Research*, 1153, 178-187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.03.065>
- Hay, M. (2016). Effets d'un entraînement cognitif et d'une immersion en réalité virtuelle sur la cognition et la conduite automobile des seniors. Université de Caen Normandie.
- Heming, J. E., & Brown, L. N. (2005). Sensory temporal processing in adults with early hearing loss. *Brain and Cognition*, 59(2), 173-182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2005.05.012>
- Hertzog, C., Dixon, R. A., Hulstsch, D. F., & MacDonald, S. W. (2003). Latent change models of adult cognition: Are changes in processing speed and working memory associated with changes in episodic memory? *Psychology and aging*, 18(4), 755.
- Hoang, I., Ranchet, M., Cheminon, M., Luauté, J., Paire-Ficout, L., & Danaila, T. (2018). Effet d'un programme intensif auprès de patients atteints de la Maladie de Parkinson : premiers résultats. Paper presented at the Les 31 mes Entretiens Jacques Cartier : Comment faire rimer innovations avec inclusion ? 13-14 novembre 2018, Lyon.
- Hoang, I., Ranchet, M., & Paire-Ficout, L. (2018). Cognitive load during a walking task: A pilot study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 61, e445.
- H ffler, T. N., & Leutner, D. (2011). The role of spatial ability in learning from instructional animations – Evidence for an ability-as-compensator hypothesis. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 209-216. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.07.042>
- Holmer, E., Heimann, M., & Rudner, M. (2016). Evidence of an association between sign language phonological awareness and word reading in deaf and hard-of-hearing children. *Research in Developmental Disabilities*, 48, 145-159. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2015.10.008>
- Huguenin-Richard, F., Granié, M.-A., Coquelet, C., Dommes, A., & Cloutier, M.-S. (2016). Pi tons  g s : leur mobilité au prisme de l'accessibilité et de la sécurité, Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (Predit) Vieillesse et mobilité. Paris : La Documentation Française.
- Isingrini, M., Vazou, F., & Leroy, P. (1995). Dissociation of implicit and explicit memory tests: Effect of age and divided attention on category exemplar generation and cued recall. *Memory & Cognition*, 23(4), 462-467.
- Izaute, M., Paire-Ficout, L., & Bacon, E. (2004). Benzodiazepines and semantic memory: effects of lorazepam on the Moses illusion. *Psychopharmacology*, 172(3), 309-315.

- Järveläinen, J., Schürmann, M., Avikainen, S., & Hari, R. (2001). Stronger reactivity of the human primary motor cortex during observation of live rather than video motor acts. *Neuroreport*, 12(16), 3493-3495.
- Jönsson, R., Sixt, E., Landahl, S., & Rosenhall, U. (2004). Prevalence of dizziness and vertigo in an urban elderly population. *Journal of Vestibular Research* 14(1), 47-52.
- 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(5), 617.
- Lafont, S., Gabaude, C., Paire-Ficout, L., & Fabrigoule, C. (2010). Des conducteurs âgés moins dangereux pour les autres: étude des accidents corporels en France entre 1996 et 2005. *Le travail humain*, 73(1), 75-92.
- Lafont, S., & Laumon, B. (2003). Vieillesse et gravité des atteintes lésionnelles des victimes d'accident de la circulation routière. *Recherche Transports Sécurité*, 79, 121-133.
- Lafont, S., Marin-Lamellet, C., Paire-Ficout, L., Thomas-Anterion, C., Laurent, B., & Fabrigoule, C. (2010). The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the best indicator of the risk of impaired driving in Alzheimer disease and normal aging. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 29(2), 154-163.
- Laurent, S., Boucheix, J.-M., Argon, S., Hidalgo-Munoz, A., & Paire-Ficout, L. (soumis). Animation for Highway Code Learners: facilitation for deaf candidates. *Computer and Human Behavior*.
- Lévy, E. (2001). Saisir l'accessibilité : les trajets-voyageurs à la gare du Nord. In M. G. e. J.-P. Thibaud (Ed.), *L'espace urbain en méthodes* (pp. 47-62.). Marseille : Editions, Parenthèses.
- Lindenberger, U., Marsiske, M., & Baltes, P. B. (2000). Memorizing while walking : increase in dual-task costs from young adulthood to old age. *Psychology and aging*, 15(3), 417.
- Lindenberger, U., Mayr, U., & Kliegl, R. (1993). Speed and intelligence in old age. *Psychology and aging*, 8(2), 207.
- Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées. (2005).
- Lowe, R. K., & Boucheix, J.-M. (2016). Principled animation design improves comprehension of complex dynamics. *Learning and Instruction*, 45, 72-84. doi: <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2016.06.005>
- Marin-Lamellet, C., Paire-Ficout, L., Lafont, S., Amieva, H., Laurent, B., Thomas-Anterion, C., . . . Fabrigoule, C. (2003). Mise en place d'un outil d'évaluation des déficits attentionnels affectant les capacités de conduite au cours du vieillissement normal et pathologique : l'étude SÉROVIE. *Recherche, Transports, Sécurité*, 8, 177-189.
- Marschark, M., Convertino, C. M., & D., L. (2006). L'évaluation dans les domaines de la cognition, de la communication et des apprentissages chez les élèves et étudiants sourds Troubles du développement psychologique et des apprentissages (pp. 26-53). Bruxelles: Mardaga.

- Mathias, J., & Lucas, L. (2009). Cognitive predictors of unsafe driving in older drivers: a meta-analysis. *International psychogeriatrics*, 21(4), 637-653.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, 12(1), 107-119. doi: [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(01\)00018-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(01)00018-4)
- Mehravari, A. S., Emmorey, K., Prat, C. S., Klarman, L., & Osterhout, L. (2017). Brain-based individual difference measures of reading skill in deaf and hearing adults. *Neuropsychologia*, 101, 153-168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.05.004>
- Meltzoff, A. N., Murray, L., Simpson, E., Heimann, M., Nagy, E., Nadel, J., . . . Pascalis, L. D. (2018). Re examination of Oostenbroek et al.(2016): evidence for neonatal imitation of tongue protrusion. *Developmental Science*, 21(4), 12609.
- Michon, J. A. (1985). A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do? *Human behavior and traffic safety* (pp. 485-524): Springer.
- Mihaljcic, T., Haines, T. P., Ponsford, J. L., & Stolwyk, R. J. (2015). Self-awareness of falls risk among elderly patients: characterizing awareness deficits and exploring associated factors. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 96(12), 2145-2152.
- Miyake, A., Friedman, N., Emerson, M., Witzki, A., Howerter, A., & Wager, T. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.
- Molnar, L. J., Eby, D. W., Charlton, J. L., Langford, J., Koppel, S., Marshall, S., & Man-Son-Hing, M. (2013). Driving avoidance by older adults: Is it always self-regulation? *Accident Analysis & Prevention*, 57, 96-104.
- Molnar, L. J., Ryan, L. H., Pradhan, A. K., Eby, D. W., St. Louis, R. M., & Zakrajsek, J. S. (2018). Understanding trust and acceptance of automated vehicles: An exploratory simulator study of transfer of control between automated and manual driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 58, 319-328. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.06.004>
- Mottez, B. (1981). *La surdité dans la vie de tous les jours*.
- Mottez, B. (2006). *Les Sourds existent-ils ?*
- Muslimovi , D., Post, B., Speelman, J. D., & Schmand, B. (2005). Cognitive profile of patients with newly diagnosed Parkinson disease. *Neurology*, 65(8), 1239-1245.
- Neville, H. J., Coffey, S. A., Lawson, D. S., Fischer, A., Emmorey, K., & Bellugi, U. (1997). Neural Systems Mediating American Sign Language: Effects of Sensory Experience and Age of Acquisition. *Brain and Language*, 57(3), 285-308. doi: <https://doi.org/10.1006/brln.1997.1739>
- Neville, H. J., & Lawson, D. (1987). Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task. III. Separate effects of auditory deprivation and acquisition of a visual language. *Brain Research*, 405(2), 284-294. doi: [https://doi.org/10.1016/0006-8993\(87\)90297-6](https://doi.org/10.1016/0006-8993(87)90297-6)

- Owsley, C., Ball, K., McGwin Jr, G., Sloane, M. E., Roenker, D. L., White, M. F., & Overley, E. T. (1998). Visual processing impairment and risk of motor vehicle crash among older adults. *Jama*, 279(14), 1083-1088.
- Paire-Ficout, L. (1989). Contribution à la connaissance du développement mental de l'adolescent sourd, Mémoire de Master 1, dirigé par Ch. Caouette et S. Portalier, Université Lumière Lyon 2 et Université de Montréal (pp. 64).
- Paire-Ficout, L. (1991). Intégration des sourds à l'Université, Mémoire réalisé dans le cadre du diplôme de fin d'année CAPEJ.
- Paire-Ficout, L. (1992). Etude de la perception visuelle de la parole application au système ALLAO : Aide à la Lecture Labiale Assistée par Ordinateur. In d. p. L. C. e. S. P. Mémoire de Master 2 (Ed.), (pp. 79): Laboratoire de Physiologie Sensorielle et Université Lumière Lyon 2.
- Paire-Ficout, L. (1998). Etude des mécanismes d'accès à la signification de mots écrits chez des lecteurs sourds sévères et profonds prélinguistiques : rôle des représentations dérivées de la lecture labiale, Jury : Portalier, S. Alegria, J. Bastien, M, Besse, J.M. Gombert, J-E, soutenue le 9 Janvier 1998. Université Lumière Lyon 2, pp.242, Lyon.
- Paire-Ficout, L., & A., M. (2001). Traitement syllabique en lecture chez des enfants sourds : effet du Langage Parlé Complété. Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant, ANAE, 64, 200-206.
- Paire-Ficout, L., & Bedoin, N. (1996). Code phonologique précoce et lisibilité labiale des mots chez le lecteur entendant et le lecteur sourd profond pré-lingual. *Revue de Neuropsychologie*, 6, 239-250.
- Paire-Ficout, L., Bedoin, N., & Ferber-Viart, C. (2009, 26-28 April 2009). Vestibular disorders, attention and driving. Paper presented at the International Transportation Medicine Association, The Hague, Netherlands.
- Paire-Ficout, L., & Borgetto, J. (2012). Le code de la route reste peu accessible à un grand nombre de personnes sourdes. *Les Cahiers de l'Audition*, 25(5), 7-12.
- Paire-Ficout, L., & Gabaude, C. (2017). La conduite automobile d'aujourd'hui à demain : comment les personnes âgées pourraient-elles prendre le virage? : Observatoire de la santé visuelle & auditive.
- Paire-Ficout, L., Izaute, M., & Bacon, E. (2001). Illusion de Moïse et Benzodiazépine. Paper presented at the Colloque ARCO, Lyon 12-14 déc 2001.
- Paire-Ficout, L., Lafont, S., Conte, F., Coquillat, A., Fabrigoule, C., Ankri, J., . . . Morrone, I. (2018). Naturalistic Driving Study Investigating Self-Regulation Behavior in Early Alzheimer's Disease: A Pilot Study. *Journal of Alzheimer's Disease (Preprint)*, 1-10.
- Paire-Ficout, L., Lafont, S., Morrone, I., Fabrigoule, C., Ankri, J., Blanc, F., . . . Novella, J.-L. (2019, 11-13 juin 2019). Perçoit-on correctement ses difficultés en conduite avec une maladie d'Alzheimer

- ? Paper presented at the 2e Rencontres Francophones Transport Mobilité (RFTM), Montréal, Québec, Canada.
- Paire-Ficout, L., Lafont, S., Ranchet, M., & Gabaude, C. (2019). Les conducteurs âgés : quels enjeux pour la sécurité routière ? La sécurité routière en France : quand la recherche fait son bilan et trace des perspectives.
- Paire-Ficout, L., Marin-Lamellet, C., Lafont, S., Thomas-Antérion, C., & Laurent, B. (2016). The role of navigation instruction at intersections for older drivers and those with early Alzheimer's disease. *Accident Analysis & Prevention*, 96, 249-254.
- Paire-Ficout, L., Saby, L., Alauzet, A., Conte, F., & Guarracino, G. (2010). SURDyn : Signalétique d'Urgence Dynamique adaptée aux usagers sourds et malentendants (pp. 49): Rapport final PREDIT GO n°2.
- Paire-Ficout, L., Saby, L., Alauzet, A., Groff, J., & Boucheix, J. M. (2013). Quel format visuel adopter pour informer les sourds et malentendants dans les transports collectifs ? *Le Travail Humain*, 76(1), 57-78.
- Parasuraman, R., & Nestor, P. G. (1991). Attention and driving skills in aging and Alzheimer's disease. *Human factors*, 33(5), 539-557.
- Park, D. C., Gutchess, A. H., Meade, M. L., & Stine-Morrow, E. A. (2007). Improving cognitive function in older adults: Nontraditional approaches. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 62(Special_Issue_1), 45-52.
- Park, D. C., & Reuter-Lorenz, P. (2009). The adaptive brain: aging and neurocognitive scaffolding. *Annual Review of Psychology*, 60, 173-196.
- Parnes, S. (1997). Current concepts in the clinical management of patients with tinnitus. *European archives of oto-rhino-laryngology*, 254(9-10), 406-409.
- Petitto, L. (1987). On the autonomy of language and gesture: Evidence from the acquisition of personal pronouns in American sign language. *Cognition*, 27(1), 1-52.
- Piolat, A., & Bannour, R. (2009). EMOTAIX : un scénario de Tropes pour l'identification automatisée du lexique émotionnel et affectif. *L'Année psychologique*, 109(4), 655-698.
- Posner, M. I., & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual review of neuroscience*, 13(1), 25-42.
- Qi, S., & Mitchell, R. E. (2011). Large-Scale Academic Achievement Testing of Deaf and Hard-of-Hearing Students: Past, Present, and Future. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 17, 1-18.
- Ramig, L. O., Fox, C., & Sapir, S. (2007). Speech disorders in Parkinson's disease and the effects of pharmacological, surgical and speech treatment with emphasis on Lee Silverman voice treatment (LSVT®) *Handbook of Clinical Neurology* (Vol. 83, pp. 385-399): Elsevier.

- Ranchet, M., Broussolle, E., & Paire-Ficout, L. (2016). Longitudinal executive changes in drivers with Parkinson's disease: study using neuropsychological and driving simulator tasks. *European neurology*, 76(3-4), 143-150.
- Ranchet, M., Broussolle, E., Poisson, A., & Paire-Ficout, L. (2012). Relationships between cognitive functions and driving behavior in Parkinson's disease. *European neurology*, 68(2), 98-107.
- Ranchet, M., Paire-Ficout, L., Marin-Lamellet, C., Laurent, B., & Broussolle, E. (2011). Impaired updating ability in drivers with Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, 82(2), 218-223.
- Ranchet, M., Paire-Ficout, L., Uc, E. Y., Bonnard, A., Sornette, D., & Broussolle, E. (2013). Impact of specific executive functions on driving performance in people with Parkinson's disease. *Movement disorders*, 28(14), 1941-1948.
- Redfern, M. S., Jennings, J. R., Martin, C., & Furman, J. M. (2001). Attention influences sensory integration for postural control in older adults. *Gait & posture*, 14(3), 211-216.
- Renard, M. (1993). *Surdités et transports*, Les Essarts le Roi : Autoéité.
- Reuter-Lorenz, P. A., & Lustig, C. (2005). Brain aging: reorganizing discoveries about the aging mind. *Current opinion in neurobiology*, 15(2), 245-251.
- Rizzolatti, G., & Craighero, L. (2004). The mirror-neuron system. *Annu. Rev. Neurosci.*, 27, 169-192.
- Robert, D., Forestier, C., Boucheix, J. M., & Paire-Ficout, L. (2015). L'obtention de l'examen du code de la route pour les personnes avec difficulté linguistique : un parcours fastidieux. Paper presented at the "Entretiens Jacques Cartier", Bruxelles, Belgique.
- Roca, J., Insa, B., & Tejero, P. (2018). Legibility of Text and Pictograms in Variable Message Signs: Can Single-Word Messages Outperform Pictograms? *Human Factors and Ergonomics Society*, 60(3), 384-396.
- Roche, P., Danaila, T., & Thobois, S. (2017). Évaluation des effets à court terme et long terme d'un programme de rééducation multidisciplinaire collectif intensif sur 5 semaines chez des patients parkinsoniens suivi à Lyon. *Revue Neurologique*, 173, S136.
- Rowe, J. W., & Kahn, R. L. (1997). Successful aging. *The gerontologist*, 37(4), 433-440.
- Rubenstein, L. Z., & Josephson, K. R. (2002). The epidemiology of falls and syncope. *Clinics in geriatric medicine*, 18(2), 141-158.
- Saby, L. (2007). *Vers une amélioration de l'accessibilité urbaine pour les sourds et malentendants : quelles situations de handicap résoudre et sur quelles spécificités perceptives s'appuyer ?* Doctorat, L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review*, 103(3), 403.

- Salthouse, T. A., & Babcock, R. L. (1991). Decomposing adult age differences in working memory. *Developmental psychology*, 27(5), 763.
- Scherer, K. R. (2005). What are emotions? And how can they be measured? *Social science information*, 44(4), 695-729.
- Scherer, K. R., Shuman, V., Fontaine, J., & Soriano Salinas, C. (2013). The GRID meets the Wheel: Assessing emotional feeling via self-report.
- Schneider, W., & Shiffrin, R. M. (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological review*, 84(1), 1.
- Schnotz, W., & Lowe, R. (2003). External and internal representations in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 13(2), 117-123. doi: [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00015-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00015-4)
- Seymour, J. L., Low, K. A., Maclin, E. L., Chiarelli, A. M., Mathewson, K. E., Fabiani, M., . . . Dye, M. W. G. (2017). Reorganization of neural systems mediating peripheral visual selective attention in the deaf: An optical imaging study. *Hearing Research*, 343, 162-175. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heares.2016.09.007>
- Sharma, A., Gilley, P. M., Dorman, M. F., & Baldwin, R. (2007). Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants. *International Journal of Audiology*, 46(9), 494-499. doi: 10.1080/14992020701524836
- Sindwani, R., & Parnes, L. S. (1997). Reporting of vestibular patients who are unfit to drive: survey of Canadian otolaryngologists. *Journal of otolaryngology*, 26(2).
- Sindwani, R., Parnes, L. S., Goebel, J. A., & Cass, S. P. (1999). Approach to the vestibular patient and driving: a patient perspective. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, 121(1), 13-17.
- Stelmach, G., Zelaznik, H. N., & Lowe, D. (1990). The influence of aging and attentional demands on recovery from postural instability. *Aging Clinical and Experimental Research*, 2(2), 155-161.
- Stinchcombe, A., Odenheimer, G. L., & Bédard, M. (2015). Managing safety and mobility needs of older drivers *Psychology and Geriatrics* (pp. 135-152): Elsevier.
- Stokoe, W., Jr. (1960). Sign language structure: An outline of the visual communication system of the American deaf. In Gallaudet & C. Press (Eds.), *Studies in linguistics*. Reissued Washington D.C.
- Stolzberg, D., Butler, B. E., & Lomber, S. G. (2018). Effects of neonatal deafness on resting-state functional network connectivity. *NeuroImage*, 165, 69-82. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2017.10.002>
- Stuart, S., Vitorio, R., Morris, R., Martini, D. N., Fino, P. C., & Mancini, M. (2018). Cortical activity during walking and balance tasks in older adults and in people with Parkinson's disease: A structured review. *Maturitas*, 113, 53-72.
- Sweller, J. (2011). CHAPTER TWO - Cognitive Load Theory. In J. P. Mestre & B. H. Ross (Eds.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 55, pp. 37-76): Academic Press.

- Tarquino, C., & Spitz, E. (2016). *Psychologie de l'adaptation*. Bruxelles, Belgique.
- Tavernier, B.-C., Paire-Ficout, L., Charnay, P., Tardy, H., Izaute, M., Silvert, L., & Hours, M. (2017). Emotional experiences one year after a traffic accident: An exploratory study of verbatim accounts of the ESPARR cohort. *Injury*, 48(3), 659-670.
- Tillmann, B., & Schön, D. (2012). La musique au secours du langage : De l'étude des corrélats neuronaux vers des perspectives de réhabilitation. Paper presented at the Actes du Congrès de la Société de Neuropsychologie de Langue Française, Paris.
- Tran, V. (2004). The influence of emotions on decision-making processes in management teams=(l'influence des émotions sur les processus de prise de décision dans les équipes de cadres). University of Geneva.
- Transler, C., Leybaert, J., & Gombert, J.-E. (2005). L'acquisition du langage par l'enfant sourd : les signes l'oral et l'écrit
- Troyer, A. K., Moscovitch, M., & Winocur, G. (1997). Clustering and switching as two components of verbal fluency: evidence from younger and older healthy adults. *Neuropsychology*, 11(1), 138.
- Turner, G. R., & Spreng, R. N. (2012). Executive functions and neurocognitive aging: dissociable patterns of brain activity. *Neurobiology of aging*, 33(4), 826-832.
- Uc, E. Y., Rizzo, M., Anderson, S. W., Shi, Q., & Dawson, J. D. (2004). Driver route-following and safety errors in early Alzheimer disease. *Neurology*, 63(5), 832-837.
- Van Eslande, P. (2003). Erreurs de conduite et besoins d'aide : une approche accidentologique en ergonomie. *Le Travail Humain*, 3(66), 197-224.
- Van Gog, T., Paas, F., Marcus, N., Ayres, P., & Sweller, J. (2009). The mirror neuron system and observational learning: Implications for the effectiveness of dynamic visualizations. *Educational Psychology Review*, 21(1), 21-30.
- Vega, P., Bruyr, F., Schepers, A., Harmegnies, B., & Roland, V. (2017). Application de la méthode LSVT BIG® auprès de personnes atteintes de la maladie de Parkinson. *Kinésithérapie, la Revue*, 17(184), 87-88. doi: <https://doi.org/10.1016/j.kine.2017.02.098>
- Verghese, J., Wang, C., Ayers, E., Izzetoglu, M., & Holtzer, R. (2017). Brain activation in high-functioning older adults and falls: prospective cohort study. *Neurology*, 88(2), 191-197.
- Virole, B., & Esperne, N. (2011). Musique et Surdité. In docplayer.fr/13400599-Musique-et-surdite-benoit-virole-esperne-nicolas-novembre-2011.html (Ed.).
- Vitorio, R., Stuart, S., Rochester, L., Alcock, L., & Pantall, A. (2017). fNIRS response during walking—Artefact or cortical activity? A systematic review. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 83, 160-172.
- Weaver, B., Bédard, M., McAuliffe, J., & Parkkari, M. (2009). Using the Attention Network Test to predict driving test scores. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 76-83.

- Weindruch, R., Korper, S., & Hadley, E. (1989). The prevalence of dysequilibrium and related disorders in older persons. *Ear, nose, & throat journal*, 68(12), 925-929.
- Wu, Y.-T., Fratiglioni, L., Matthews, F. E., Lobo, A., Breteler, M. M., Skoog, I., & Brayne, C. (2016). Dementia in western Europe: epidemiological evidence and implications for policy making. *The Lancet Neurology*, 15(1), 116-124.
- Yogev-Seligmann, G., Hausdorff, J. M., & Giladi, N. (2008). The role of executive function and attention in gait. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 23(3), 329-342.

Chapitre 9. Curriculum vitae détaillé

Laurence PAIRE-FICOUT, 52 ans

Mariée, 3 enfants, Maxime 24 ans, Gérôme 21 ans, No  12 ans

Formation

- Doctorat de Psychologie (Janvier 1998), Université Lumiere Lyon 2 (Lyon)
- DEA de Psychologie (1993). Université Lumiere Lyon 2 (Lyon) et Laboratoire de Physiologie sensorielle, CNRS 1447, Hôpital Édouard Herriot
- Certificat d'Aptitude au Professorat d'Enseignement aux Jeunes Sourds (1990), Université Lumiere Lyon 2 (Lyon).
- Maîtrise de Psychologie (1989). Université de Montréal (Montréal) - Université Lumiere Lyon 2 (Lyon)

Expériences professionnelles

- 2005- Chargée de Recherche, Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports, Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, INRETS devenu IFSTTAR en 2012.
- 2002- 2004 Contractuelle – LESCOT / INRETS / IFSTTAR
- 2000-2002 Post-doctorat, Laboratoire de Psychologie Sociale de la Cognition (LAPSCO - UMR 6024 CNRS) Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand et Unité INSERM 666 Strasbourg, (Physiopathologies et psychopathologie cognitive de la schizophrénie) – Contrat Cognitique -
- 1999-2000 Attachée d'Enseignement et de Recherche (ATER), Ecole d'Orthophonie, Université Claude Bernard Lyon 1
- 1998-1999 Attachée d'Enseignement et de Recherche (ATER), Laboratoire Développement et Handicap, Université Lumiere Lyon 2.
- 1994-1998 Recherches doctorales, bourse du Conseil Général et de l'Association Recherche et Partage
- 1990-1993 Enseignante spécialisée pour Sourds à l'Institut de Jeunes Sourds Plein Vent, Saint-Etienne

Enseignements

| Lieux | Période, volume horaire | Cours, niveau | Contenus |
|---------------------------------|-------------------------|---|--|
| Lyon 1, école d'orthophonie | 1992-2001, 24h/an | Cours Magistraux, 3ème année | Introduction à la psychologie cognitive et psycholinguistique- Incidences de la surdité sur l'apprentissage du langage oral et écrit- Neuropsychologie et surdité. Langue des signes française et bilinguisme. |
| Lyon 1, école d'orthophonie | 2000, 48h | TD 3ème année | Méthodologie de la recherche et suivi de mémoire |
| Université de Savoie Chambéry | 1992-95-6 h/an | Futurs enseignants spécialisés CAPEJS : Certificat d'Aptitude au Professorat d'Enseignement aux Jeunes Sourds | |
| IUFM, Lyon | 1992-95- 6 h/an | Futurs enseignants spécialisés préparant le CAPSAIS Certificat d'Aptitude au Professorat Spécialisé en Adaptation et à l'Intégration Scolaire | |
| Lyon 2, Psychologie | 1993-2002-24 h/an | TD 2 ^{ème} année DEUG | La surdité : approche cognitive et différentielle - Initiation aux techniques expérimentales-élaboration d'une expérimentation |
| Lyon 2, Psychologie | 1996-2000-24 h/an | TD 2 ^{ème} année DEUG Statistiques | Moyenne-Variance-Ecart-type-Test de comparaison de moyenne-ANOVA -Test du chi 2- Applications sous Excel |
| Lyon 2, Psychologie | 1996-2000-24 h/an | TD Maîtrise | Elaboration de stage. Accompagnement dans les démarches de demande de stage Simulation d'entretien avec support vidéo |
| Lyon 2, Psychologie | 1994-1999-24 h/an | TD Licence | L'intégration de l'enfant handicapé sensoriel |
| Un.é. Blaise Pascal Clermont-Fd | 2002 | CM Maîtrise | Psycholinguistique : phénomène du mot sur le bout de la langue |
| Lyon 2 | 1994-1999 14 h/an | Diplôme Universitaire d'Interprètes en Langue des Signes | Les mémoires - Applications à des situations d'interprétariat - Neuropsychologie de la surdité - |

| | | | |
|--------|-----------|--|---|
| Lyon 1 | 1999-2002 | Diplôme Universitaire de pathologie de la communication et d'audiophonologie de l'adulte | La lecture labiale et les systèmes de compensation. |
| Lyon 1 | 2005-2014 | Diplôme Universitaire de sage-femme | Méthodologie et accompagnement dans le travail de recherche |

Activités d'administration de la recherche

- 2015-2016 : Encadrement de Marion Hay en contrat CDD dans le cadre du projet SafetyCube.
- 2012-2015 : Encadrement de Fanny Conte et Cécilia Gabel en contrat CDD dans le cadre des projets SafeMove et DriveCog.
- 2012-2013 : Encadrement de Antoine Incandella dans le cadre du projet SURDyn 2.
- 2009-2010 : Encadrement de Fanny Conte dans le cadre du projet SURDyn 1.
- 2007-2009 : Co-encadrement avec Catherine Gabaude de Christophe Jallais en post-doctorat sur le projet DACOTA.

Autres contributions à la vie de l'établissement et/ou à la communauté scientifique et technique

- Membre de la COMEVAL : Commission d'évaluation des Chargé.es de Recherche, à compter de Juin 2019.
- Participation à des groupes de travail en préparation de l'évaluation du département TS2 de l'HCERES (rapporteur pour le groupe Mobilité Santé)
- Participation à des projets fédérateurs de TS2 : « Mobilité et transition numérique » et « Ville 2050 »
- Animation d'un groupe de travail sur le thème : « Chute et Mobilité » au sein du département TS2-Ifsttar depuis janvier 2017 (Transport, Santé, Sécurité)
- Correspondante du laboratoire pour le réseau SMASHS (Sécurité-Mobilité : Approches Sciences Humaines et Sociales)
- Planification des séminaires mensuels internes au laboratoire Lescot
- Participation à un groupe de travail Inrets « Politique d'évaluation et politique de publication », rédaction d'un rapport de synthèse en mars 2012.
- Activités au sein de l'APIO (Association du personnel) : Coordination de l'activité Arbre de Noël, (2007-2010), chorale depuis 2006.

Activités d'expertise

- Réponse à une demande du Comité des Experts du Conseil National de Sécurité Routière pour proposer des mesures pour baisser l'accidentologie des personnes âgées
- Réponse à une demande de la Délégation de la Sécurité Routière (DSR) pour harmoniser l'examen de l'aptitude à la conduite pour les conducteurs inflationnistes et récidivistes.
- Rédaction d'un article pour le compte de la fondation Optic 2000.

Encadrements

- 2018-2019 : Encadrement du Master 2 de Maxime Cheminon, medecin de Médecine Physique de Réadaptation
- 2018-2019 : Co-encadrement, avec Maud Ranchet du Master 2 de Neuropsychologie de Mélissa, Llorens avec l'Hôpital des Charpennes.
- 2017-2018 : Co-encadrement, avec Maud Ranchet du Master 2 de Neuropsychologie de Manon Tchoulyfayan, travail en collaboration avec l'Hôpital des Charpennes « Étude pilote sur l'efficacité du programme d'ACcompagnement des patients avec trouble COgnitif dans le Maintien ou le Processus d'Arrêt de la conduite automobile en Gériatrie et NEurologie (ACCOMPAGNE) : résultats préliminaires.
- 2018-2021 : Encadrement, avec Maud Ranchet de la thèse d'Isabelle Hoang sur le thème de la marche, des mesures physiologiques et de la maladie de Parkinson.
- 2017- 2020 : Encadrement, avec Jean-Michel Boucheix de la thèse en cours de Sébastien Laurent avec Jean-Michel Boucheix sur le thème de la conception d'outils multimédia innovants pour l'apprentissage du code de la route pour les publics en difficulté linguistique tels que les candidats sourds et malentendants
- 2017-2018 : Co-encadrement avec Maud Ranchet du Master 2 de Neuropsychologie d'Isabelle Hoang « Les effets du vieillissement sur la marche : approche multifactorielle » (25% d'encadrement)
- 2010-2013 : Co-encadrement, avec Jean-Michel Boucheix, de la thèse de Jonathan Groff « Traitement cognitif des animations graphiques adaptées à la signalétique transport », soutenue le 29 novembre 2013, LEAD, Université de Bourgogne, rapporteurs M. Bétrancourt et M. Fayol, avec B. Lété, Franck Granier (75% d'encadrement).
- 2012-2013 : Co-encadrement, avec Marie Izaute de Anthony Grave, dans la cadre de son Master 2 de Psychologie de l'Université Blaise Pascal, Université de Clermont-Ferrand,
- 2014-2015 : Co-encadrement, avec Jean-Michel Boucheix, de la thèse de Claire Forestier qui a rompu son contrat en octobre 2015.
- 2015-2016 : Encadrement de Marion Binay et Diane Girardin dans le cadre de leur Master 1 de Sciences Cognitives et de Sébastien Laurent, étudiant en Sciences Cognitives de Master 2 sur le projet ACoSur, (100% d'encadrement).
- 2013-2014 : Co-encadrement avec Jean-Michel Boucheix de Madeline Chevret, dans le cadre de son Master 2 ICATFP (Université de Bourgogne) « Aider à comprendre les informations de perturbations ferroviaires. Intérêt du couplage d'un avatar et des animations graphiques. » (75% d'encadrement)
- 2009-2011 : Co-encadrement de la thèse de Maud Ranchet avec le Professeur Emmanuel Brousolle « Effet de la maladie de Parkinson sur la conduite automobile : implications des fonctions exécutives » soutenue le 30 novembre 2011, rapporteurs : C. Fabrigoule et P. Lemaire, avec E. Uc et S. Thobois. (75% d'encadrement).

- 2010-2011 : Co-encadrement des Master 1 de Mélissandre Codina et Stéphanie Renaud avec Georges Michael et Jonathan Groff « Compréhension et animation de messages de perturbations et de sécurité dans le domaine des transports ferroviaires » (75% d'encadrement).
- 2011-2012 : Encadrement du Master 1 de Sciences Cognitives de Amel Cachouch et Caroline Missler « Compréhension des messages graphiques de perturbations ferroviaires par des personnes : présentant des troubles cognitifs : L'effet de l'animation » (100% d'encadrement).
- 2009-2010 : Encadrement de Cécilia Gabel dans le cadre de son Master 1 de Sciences Cognitives : Lien entre les troubles vestibulaires et le ressenti des difficultés en conduite automobile (100% d'encadrement).
- 2010-2011 : Encadrement de Cécilia Gabel dans le cadre de son Master 1 de Sciences Cognitives : « Troubles vestibulaires et performances en conduite automobile : étape de faisabilité. » (100% d'encadrement).
- 2007-2008 : Co-encadrement du Master 2 de Maud Ranchet de Neuropsychologie Recherche avec Claude Marin-Lamellet « Etude des fonctions exécutives et de la vitesse de traitement dans la maladie de Parkinson : Approche sur simulateur de conduite » (75% d'encadrement).
- 2005-2006 : Co-encadrement de Nathalie Para avec Nathalie Bedoin dans le cadre de son Master 1 Sciences Cognitives : « Troubles de l'équilibre, déficits d'attention et conduite automobile » (50% d'encadrement).
- Avant 2005, encadrements de travaux de recherche d'étudiants de Master 1 et Master 2 en Psychologie ou Sciences Cognitives (Université Lumière Lyon 2), d'étudiants à l'école d'orthophonie (Université Claude Bernard Lyon 1) dans le cadre des deux années en tant qu'ATER.

Activités d'évaluation

Participation à des Jurys

- Avant 2005 : Participation à plusieurs jurys à l'école d'orthophonie de Lyon et à l'Université Lyon 2.
- 2010 : Participation à un jury pour le recrutement d'un Ingénieur d'étude au laboratoire LMA de Salon de Provence. En charge de préparer l'épreuve écrite et les critères d'évaluation.

Relecture d'articles

- 2 articles pour les Congrès Handicap 2018
- 1 article pour la revue Geriatrics
- 2 articles pour la revue Transportation Research : Part F
- 3 articles pour le Congrès Handicap et Transport

- 3 articles pour la revue RTS Recherche Transport Sécurité pour un n° spécial
- 1 article pour la revue European Transport Research Review
- 1 article pour la revue Alzheimer Disease and Associated Disorders
- 2 articles pour le Congrès Driving Assessment
- 2 articles pour la revue ANAE : Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant
- 2 articles pour la revue d'Audiophonologie
- Comité de lecture au 4ème Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives

Rayonnement et diffusion de la culture scientifique

Comité éditorial dans des revues

- Revue : Journal of Alzheimer Disease, à compter de Janvier 2019 pendant un an renouvelable.

Comité de pilotage de manifestations scientifiques

- Entretiens Jacques Cartier, Organisation d'un symposium « Environnements capacitants et villes inclusives » des Entretiens Jacques Cartier, Québec, 2019
- Entretiens Jacques Cartier, Comité scientifique, Lyon, 2018
- Entretiens Jacques Cartier, Comité scientifique, Montréal, 2017
- Congrès Handicap et Transport handicap, Lyon, Comité scientifique et de pilotage, 2014
- Modérateur aux 4èmes Journées Scientifiques de l'École d'Orthophonie (École Centrale de Lyon : « Le langage écrit : modèles, apprentissage, troubles », 2002)
- Congrès Perception, Cognition et Handicap, Comité scientifique et de pilotage, Univ. Lyon 2, 1996

Vulgarisation des résultats de la recherche

- Animation Table ronde semaine du cerveau, Lyon, 2014.
- Participation à Sciences en fête et au salon Handica, à plusieurs reprises

Articles de vulgarisation

- Degraeve, B. Gabaude, C., Laurent, S. Paire-Ficout, L. (2018). Le rôle des psychologues dans le contexte de la sécurité routière : formateurs, évaluateurs, rééducateurs et acteurs de la recherche. Journal des Psychologues.
- Paire-Ficout, L., Gabaude, C. (2018). La conduite automobile d'aujourd'hui à demain : comment les personnes âgées pourraient-elles prendre le virage ? Les cahiers de l'observatoire de la santé visuelle et auditive, 35-39. France.
- Bacon, E. Paire-Ficout, L. & Izaute, M. (2006). Je l'ai sur le bout de la langue ! Les dossiers de la recherche n°21, 28-32.
- Bacon, E. Paire-Ficout, L. & Izaute, M. (2001). Je l'ai sur le bout de la langue, La Recherche : La Mémoire et l'oubli. 344. Juillet-Aout 2001.

- Lafont S, Paire-Ficout L, Gabaude C, Hay M, Bellet T, Paris J-C, Marin-Lamellet C, Fabrigoule C. SAFE MOVE for older drivers : pour une mobilité sûre des conducteurs âgés In: Direction de la Recherche et de l'Innovation du MEDDE - La Documentation Française. ed, Paris, 2015:p121-141.

Responsabilité dans des projets de recherches

- Co-responsable du projet Expertise Optic 2000 (2017-2018, 9 000€)
- Co-responsable du projet Becape (2017-2018, 11 900€)
- Co-responsable du projet Exploratoire PARACHUTE, Personnes Agées et Risque de CHUTE : En marche vers une ville inclusive (2018-2019, 1909000€)
- Responsable du projet ACOSUR (DSR 2015-2017, 30 000€)
- Co-responsable du Volet Conduite du projet DriveCog (PHRC national (2011-2015, 86 100€)
- Coordinatrice du volet expérimental du projet SafeMove, (ANR TDD-10-2010-2015,100 000€), et collaboration internationale avec le VTI (SUEDE)
- Co-responsable du projet SURDyn 2 (Predit 2011-2013, 23 250€)
- Co-responsable du projet SURDyn : Signalétique d'Urgence Dynamique adaptée aux voyageurs sourds et malentendants (Predit 2008-2010, 29536€)
- Co-responsable du volet expérimental de l'Action de Recherche 1 du projet DACOTA « défaut d'attention en conduite automobile » (ANR-VTTT05-2005-2009, 84 000€)

Chapitre 10. Publications

Article dans revue à comité de lecture

Soumis :

Paire-Ficout, L., Lafont, S., Coquillat, A., Fabrigoule, C. and Chavoix, C. (soumis). Relationships between cognitive and driving self-awareness among healthy older drivers. *Experimental gerontology*.

Laurent, S. Boucheix, J-M, Argon, S, Hidalgo-Munoz, A., **Paire-Ficout, L.** (soumis). Can animation compensate for temporal processing difficulties in deaf people? Learning and individual differences.

Pellichero, A. Lafont, S. **Paire-Ficout, L.** Fabrigoule, C. Chavoix C. (soumis). Anticipation of driving cessation to avoid disengagement in social participation among older adults. *The gerontologist*.

Publiés :

Paire-Ficout, L., Lafont, S., Conte, F., Coquillat, A., Fabrigoule, C., Ankri, J., Blanc, F., Gabel, C., Novella J.-L., Morrone, I. Mahmoudi, R. (2018). A naturalistic driving study investigating self-regulation behavior in early Alzheimer's disease: a pilot study, *Journal of Alzheimer Disease*, 63 (4), 1499-1508.

Tavernier, B.-C., **Paire-Ficout, L.**, Tardy, H., Izaute, M., Silvert, L., Charnay, P., & Hours, M. (2017). Emotional experiences one year after a traffic accident: An exploratory study of verbatim accounts of the ESPARR cohort. *Injury*, 48, 659-670.

Ranchet M., Broussolle E, **Paire-Ficout, L.**, (2016). Longitudinal changes in executive functions in drivers with PD, *European Neurology*, 2016, 76:143–150.

Paire-Ficout, L., Marin-Lamellet, C., Lafont, S., Thomas-Anterion, C., Laurent, B., (2016). The role of navigation instruction at intersections for older drivers and those with early Alzheimer's disease *Accident Analysis and Prevention*, 96, 249–254.

Lafont, S., Mintsas, C. Coquilla, A. Chavoix C., **Paire-Ficout, L.**, Fabrigoule, C. (2016). Relation entre personnalité et estimation de ses propres capacités cognitives chez des conducteurs âgés. *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique*, 64 (Supplement 4): p. 256.

Jallais, C., Gabaude, C. and **Paire-Ficout, L.** (2014). When emotions disturb the localizations of road elements: effects of anger and sadness. *Transportation Research Part F* 23, pp.125-132,

Groff, J, Boucheix J-M., Lowe R, Argon S., Saby, L. & Alauzet A., **Paire-Ficout, L.** (2014). Don't miss your train! Just follow the computer screen animation: Comprehension of animated public information graphics. *Computers in Human Behavior*. 30, 206-221.

Ranchet, M. **Paire-Ficout, L.**, Uc, E.U. Bonnard, A., Sornette, D., Broussolle, E. (2013). Impact of specific executive functions on driving performance in people with Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 28, (14). 1941-1948.

Paire-Ficout L., Saby L., Alauzet A., Groff J., Boucheix J.M. (2013). Quel format visuel adopter pour informer les sourds et malentendants dans les transports collectifs ? *Le travail humain* 76(1), 57-78.

- Ranchet, M. Broussolle, E. Poisson, A., **Paire-Ficout, L.** (2012). Relationships between Cognitive Functions and Driving Behavior in Parkinson's Disease. *European Neurology*, Jul 4;68(2):98-10768(2):98-107.
- Ranchet, M., **Paire-Ficout, L.**, Marin-Lamellet, C., Laurent, B., & Broussolle, E. (2011). Impaired updating ability in drivers with Parkinson's disease. *Journal Neurology Neurosurgery Psychiatry*, 82, 218-223.
- Lafont S, Marin-Lamellet C., **Paire-Ficout L** , Thomas-Anterion C., Bernard L. Fabrigoule C. (2010). The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the best predictor of unsafe driving in Alzheimer disease and normal aging, *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*; 29:154-163.
- Lafont, S., Gabaude, C., **Paire-Ficout, L.** Fabrigoule, C. (2010). Les conducteurs âgés sont moins dangereux pour les autres usagers dans toutes les situations de conduite : étude des accidents corporels en France entre 1996 et 2006. *Le Travail Humain*, 73(1): 75-92.
- Bacon, E., Schwartz, B., **Paire-Ficout, L.** Izaute, M. (2007). Dissociation between the cognitive process and the phenomenological experience of TOT: Effect of the anxiolytic drug lorazepam on TOT states. *Consciousness and Cognition*, 16(2)360-373.
- Lafont, S. Marin-Lamellet, C. **Paire-Ficout, L.** Laurent, B. Thomas Antérion, C., Dirson, S. Fabrigoule C. (2005). Évaluation de la compétence de conduite chez des DTA débutants. *Revue Neurologique*, Volume 161, Issue 12, Part 2, December 2005, Page 123
- Izaute, M. **Paire-Ficout, L.**, Bacon, E. (2004). Benzodiazépines and semantic memory: effects of lorazepam on the Moses illusion, *Psychopharmacology*, 172, 309-315.
- Paire-Ficout, L.**; Colin S., Magnan, A. Ecalte, J. (2004). Les habiletés phonologiques chez des enfants sourds prélecteurs, *Revue de Neuropsychologie*, 13, 237-262.
- Marin-Lamellet, C., **Paire-Ficout, L.**, Lafont, S., Amieva, H., Laurent, B., Thomas-Antérion, C., Dirson, S. & Fabrigoule C. (2003). Mise en place d'un outil d'évaluation des déficits attentionnels affectant les capacités de conduite au cours du vieillissement normal et pathologique : l'étude SÉROVIE, *Recherche, Transports, Sécurité*, 8, 177-189.
- Paire-Ficout, L.**; Magnan A. (2001). Traitement syllabique en lecture chez des enfants sourds : effet du Langage Parlé Complété, *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, ANAE, 64, 200-206.
- Paire-Ficout, L.**, & Bedoin, N. (1996). Code phonologique précoce et lisibilité labiale des mots chez le lecteur entendant et le lecteur sourd profond pré-lingual. *Revue de Neuropsychologie*, 6, 239-250.

Ouvrage scientifique ou chapitre

- Degraeve B, Gabaude C, **Paire-Ficout L**, Granié M.A. (2019). Les examens psychotechniques dans le cadre du contrôle de l'aptitude à la conduite automobile : état des lieux, difficultés et besoins des acteurs de terrain, Presses Universitaires de Nancy, à paraître.
- Gabaude C, Lekbir, S, **Paire-Ficout L.** (2019). Retour d'expérience par les psychologues pratiquant les examens psychotechniques, Presses Universitaires de Nancy, à paraître.

- Gabaude C, Fegueux, S, **Paire-Ficout L**, Granié M.A. (2019). Evolutions réglementaires de l'examen psychotechnique pour le contrôle médical de l'aptitude à la conduite : une concertation active au service de la politique publique de sécurité routière. Presses Universitaires de Nancy, à paraître.
- Paire-Ficout, L.**, Lafont S, Ranchet M, Gabaude, C. (2018). Les conducteurs âgés : quels enjeux pour la sécurité routière ? In La sécurité routière en France : quand la recherche fait son bilan et trace des perspectives. La sécurité routière en France, Quand la recherche fait son bilan et trace des perspectives. L'Harmattan, Paris.
- Pellichero A, Lafont S, **Paire-Ficout L**, Fabrigoule C, Chavoix C. Mobilité et activités des personnes âgées à l'extérieur du domicile après arrêt de la conduite automobile. Dans « Engagement, Occupation et Santé », Actualités en Ergothérapie, Coordonné par JM Caire & A Schabaille, ANFE/De Boeck Supérieur (Ed), Paris, 2018, Chapitre 23, pp 349-370.
- Lafont, S., **Paire Ficout, L.**, Gabaude, C., Hay, M., Bellet, T., Paris, J.-C., Chavoix, C., Marin-Lamellet, C., Fabrigoule, C. (2015). Safe Move for Older Drivers : Pour Une Mobilité Sûre Des Conducteurs Âgés. In Direction De La Recherche Et De L'innovation Du Medde - La Documentation Française. Paris. p121-41.
- Paire-Ficout, L.**, Alauzet, A., Boucheix, J.-M., Saby, L., Lefebvre-Albaret, F., Groff, J., Argon, S. and Jobez, P. (2015). How not to give up on train travel when you are deaf? In Best papers from the 14th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons (TRANSED 2015). Cambridge Scholars Publishing, Lisbon, Portugal, 9p.
- Paire-Ficout, L.**, Alauzet, A, Saby, L, Boucheix, J-M, Argon, S, Lefebvre-Albaret, F, Jobez, P. (2015). Comment ne pas rater son train quand on est sourd ou malentendant ? Projet SURDyn., *La Recherche et l'Accessibilité*, Tome 1, pp. 59-63.
- Paire-Ficout, L.**, Borgetto, J. (2012). Le code de la route reste peu accessible à un grand nombre de personnes sourdes. *Les Cahiers de l'Audition*, 25(5), 7-12.
- Paire-Ficout, L.**, Alauzet, A., Saby, L. Guarracino, G. (2011). SURDyn : Signalétique d'Urgence Dynamique adaptée aux usagers sourds et malentendants, *Le Livre des projets Predit*, 146-149.
- Rogé, J., **Paire-Ficout, L.**, Gabaude, C., Motak, L. and Marin-Lamellet, C. (2009). New trends in road traffic safety research on senior drivers. In Road Traffic: Safety, Modeling, and Impacts. Paterson, S. and Allan, L. (Eds). NOVA publishers, pp. 321-345.
- Gabaude, C., **Paire-Ficout, L.**, Vital-Durand, F., Marquié, J.C., Lemerrier, C. and Lafont, S. (2006). Des populations prédisposées : le conducteur âgé. In Défauts d'Attention et conduite automobile : état de l'art et nouvelles orientations pour la recherche dans les transports. Chapon, A., Gabaude, C. and Fort, A. (Eds). Les collections de l'Inrets – Synthèse Inrets n°52, Inrets, Paris, pp. 59-63.
- Paire-Ficout, L.** (2006). Des populations prédisposées : les pathologies - les troubles de l'équilibre. In Défauts d'Attention et Conduite Automobile : état de l'art et nouvelles orientations pour la recherche dans les transports. Chapon, A., Gabaude, C. and Fort, A. (Eds). Les collections de l'Inrets - Synthèse Inrets n°52, Inrets, Paris, pp.71-75.
- Izaute, M., Chambres,P., Marescaux, P.J.& **Paire-Ficout, L.** (2002). Varied situations and accuracy in metacognition: concluding remarks In P. Chambres, M. Izaute & P.J. Marescaux (Eds). (pp. 233-238) Metacognition: Process, Function and Use. Norwell, Massachusetts : Kluwer Academic Publishers.
- Paire-Ficout, L.** (1997). Les difficultés d'accès au langage écrit chez des sourds. *Les Cahiers de l'Audition*, 10, 25-28.

Communications avec actes dans un congrès international ou national

- Laurent, S. Boucheix, J.M, Argon, S, Hidalgo-Muñoz, A.R., **Paire-Ficout, L.** (2019). Animation improve Highway Code Rules learning in deaf candidates, congrès EARLI, Tubingen, Allemagne.
- Laurent, S. **Paire-Ficout, L.** Argon, S. Boucheix, JM. (2017). L'animation 3D comme support au code de la route. Intérêt pour les candidats sourds. Actes de colloques, Epique 2017, 5-7 juillet 2017, Dijon.
- Gabaude, C., **Paire-Ficout, L.**, Lafont, S. (2016). Determinants of driving errors in older adults. *The Gerontologist*, Volume 56, Issue Suppl_3, p 571.
- Broussolle, E., **Paire-Ficout, L.**, Ranchet, M. Are PD patients fit to drive? (2016). Abstract for 11th International Congress on Non-Motor Dysfunctions in Parkinson's Disease and Related Disorders (NMDPD 2016) (Slovenia, October 9, 2016)
- Groff, J, Boucheix, J-M, **Paire-Ficout L.** (2014). Does animation in public transport information improve decision making? Earli 2014, Rotterdam.
- Groff, J., **Paire-Ficout L.**, Lowe R., Boucheix, J-M., (2013). Gernsbacher's structure building framework applied to Public Information Graphics Messages. Similarities and limits. Earli 2013, Munich Aout 2013.
- Gabaude, C., Cerf, J.E., Jallais, C., Douissembekov, E., Letisserand, D., **Paire-Ficout, L.**, Michael, G.A. (2011). Effects of aging and cognitive competing task on the setting of the salience-relevance balance in visual search. *Driver Distraction and Inattention Conference*, Gothenburg, Sweden, September 5-7th, 18 p.
- Groff, J, BoucheixJ-M., Lowe R, **Paire-Ficout L.**, Argon S., Saby, L. & Alauzet A. (2011). Does Animation Facilitate Comprehension of Public Information Graphics? Evidence from Eye Tracking. European Association for research on learning and Instruction, Earli, August 2011, Exeter UK.
- Jallais, Ch., Gabaude, C., **Paire-Ficout, L.** (2011). When emotions disturb the localization of road elements: effects of anger and sadness. *Driver Distraction and Inattention Conference*, September 5-7th 2011, Gothenburg, Sweden.
- Ranchet, M., **Paire-Ficout, L.**, & Broussolle, E. (2011, 5-6 Juin). Longitudinal two-year follow-up of updating and flexibility functions in drivers with Parkinson's Disease: preliminary results. Paper presented at the Conference Driving Assessment 2011, Californie, USA.
- Etienne, V., Marin-Lamellet, C., **Paire-Ficout, L.** (2010). A simulator-based study to investigate executive functioning of older drivers at left-turn intersections, 89th annual meeting of Transportation Research Board, Washington city.
- Boucheix, J.M. Lowe, R., **Paire-Ficout, L.** Saby, L. Alauzet, A. Conte, F., Groff, J. Argon, S. (2010). Comprehension of Animated Public Information graphics. European Association for research on learning and Instruction, Earli, August 25 to 28 2010, Tubingen.
- Paire-Ficout, L.**, Saby, L., Conte, F. Alauzet. (2010). How to design visual information for hearing impaired travellers ? (SUrDyn Project). 12th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons (TRANSED 2010), June 2 to 4, 2010, Hong Kong.

- Jallais, Ch., **Paire-Ficout, L.** Gabaude, C. (2009). Objects localization in road scenes: effects of aging and cognitive distraction, European Conference of Transport Research Institutes, Torino, Italy, 3-5 June 2009. <http://www.ectri.org/YRS09/Papers.htm>
- Gabaude, C., **Paire-Ficout, L.** and Marin-Lamellet, C. (2006). Vers une harmonisation Européenne de l'évaluation de la compétence de conduite. 6ème Congrès Association Représentative des Initiatives en Basse vision (ARIBa), Lyon, 26-27 Novembre 2006, pp.95-96.
- Paire-Ficout, L.**, Gabaude, C. & Marin-Lamellet, C. (2006). L'évaluation de la compétence de conduite. 6ème Congrès Association Représentative des Initiatives en Basse vision (ARIBa), Lyon, 26-27 Novembre 2006, pp.91-93.
- Paire-Ficout, L.**, Izaute, M., & Bacon, E (2001). Illusion de Moïse et Benzodiazépine, Colloque ARCO, Lyon 12-14 déc 2001, pp137-141.
- Paire-Ficout, L.**, Bedoin, N., Brun, I., Magnan, A., & Ecalle, J. (2001). Lipreadability and syllable structure complexity in deaf and hearing children: Effects in reading and writing task. The XIIth Conference of the European Society for Cognitive Psychology (ES COP, 5-8 September, 2001, Edinburgh, Scotland.
- Colin, S., **Paire-Ficout, L.**, Magnan, A. & Ecalle, J. (2001). Rhyming abilities in deaf prereaders, The XIIth conference of the European Society for Cognitive Psychology, 5-8 September, 2001, Edinburgh, Scotland.
- Paire-Ficout, L.** Colin, S., Magnan, A. (2000). Phonological recoding in deaf children. In Tenth Annual Meeting of the Society for Text and Discourse, 19-20-21 Juillet 2000, Lyon
- Paire-Ficout, L.**, Magnan, A. (2000). Deaf children's use of phonological syllables as reading units. In XXVII International Congress of Psychology, 23-28 Juillet 2000, Stockholm.
- Paire-Ficout, L.** (1999). Implicit phonological awareness in prelingually young deaf children : the Cued Speech effect. In 1st Bisontine conference for conceptual and linguistic development in the child aged from 1 to 6 years, 2-3 December 1999, Besançon, France.

Communications sans actes dans un congrès international ou national

- Ranchet, M. Hoang, I. Cheminon, M., Derollepot, R., Devos, H. Perrey, S. Luauté, J., Danaila, T., **Paire-Ficout L.** (2019). Mesure de l'activité cérébrale pendant la marche dans la maladie de Parkinson : étude pilote. Colloque Épique juillet 2019, Lyon.
- Hoang, I. Ranchet, M. Cheminon, M., Derollepot, R., Devos, H. Perrey, S. Luauté, J., Danaila, T., **Paire-Ficout L.** (2019). Effects of SIRROCO program on walking capacities and on cerebral plasticity in people with Parkinson Disease. Colloque Mouvement and Disorders, International Parkinson and Movement Disorder Society, September 22-26, 2019.
- Lafont, S., Chavoix, C, Pilet, C., **Paire-Ficout, L.** (2019). Évolution sur deux ans de l'activité de conduite automobile au sein d'une cohorte française de conducteurs âgés. Deuxième rencontres Transport Mobilité, Montréal, Québec, 11 — 13 juin 2019.

- Hoang, I, Ranchet, M, **Paire-Ficout, L**, (2019). Impact d'une double tâche sur la performance de marche dans le vieillissement : résultats préliminaires. Deuxième rencontres Transport Mobilité, Montréal, Québec, 11 — 13 juin 2019.
- Paire-Ficout, L**, Lafont, S., Morrone I., Fabrigoule, C., Ankri, J. Blanc, F. Mahmoudi, R., Novella, J-L, (2019). Perçoit-on correctement ses difficultés en conduite avec une maladie d'Alzheimer ? Deuxième rencontres Transport Mobilité, Montréal, Québec, 11 — 13 juin 2019.
- Gabaude, C., Granié M.A., **Paire-Ficout, L**. Contexte et évolution de la réglementation : les évolutions réglementaires en matière d'examen psychotechnique et leurs implications, Colloque de la Fédération Française des Psychologues et de la Psychologie « Psychologie des transports et de la mobilité », 4-5 octobre 2018, Paris.
- Degraeve, B., Gabaude, C., Granié, MA., **Paire-Ficout, L**. (2018). L'évaluation de l'aptitude à la conduite automobile : état des lieux, difficultés et besoins des acteurs de terrains. Présentation des résultats d'une enquête réalisée auprès des professionnels de ce champ d'activité. Colloque de la Fédération Française des Psychologues et de la Psychologie « Psychologie des transports et de la mobilité », 4-5 octobre 2018, Paris.
- Laurent, S., Boucheix, J-M., Argon, S., Hidalgo-Muñoz, A-R., **Paire-Ficout, L**. (2018). L'intérêt de l'animation comme support au code de la route pour les candidats sourds. Les 31èmes Entretiens Jacques Cartier : Comment faire rimer innovations avec inclusion ? 13-14 novembre 2018, Lyon.
- Laurent, S., Boucheix, J-M., Argon, S., Hidalgo-Muñoz, A-R., **Paire-Ficout, L**. (2018). Utiliser l'animation pour le matériel pédagogique du code de la route : Un intérêt particulier pour les apprenants sourds. Institut Fédératif de Recherche sur le Handicap : Mobilité et Handicap, 16 novembre 2018, Paris.
- Gabaude C., Granié, M.A., **Paire-Ficout, L**. (2018). Contexte et évolution de la réglementation : les évolutions réglementaires en matière d'examen psychotechnique et leurs implications, Colloque Psychologie des transports et de la mobilité, Fédération Française des psychologues et de la Psychologie (FFPP), 4-5 octobre 2018, Paris.
- Degraeve, B. Gabaude, C. Granié, M-A, **Paire-Ficout, L**. (2018). L'évaluation de l'aptitude à la conduite automobile : état des lieux, difficultés et besoins des acteurs de terrains. Présentation des résultats d'une enquête réalisée auprès des professionnels de ce champ d'activité. Colloque Psychologie des transports et de la mobilité, Fédération Française des psychologues et de la Psychologie (FFPP), 4-5 octobre 2018, Paris.
- Pellichero, A., Lafont, S. **Paire-Ficout, L.**, Fabrigoule C. Chavoix C. (2018). Mobilité et activités des personnes âgées à l'extérieur du domicile après arrêt de la conduite automobile, XIIèmes Journées Nationales de l'Ergothérapie, Toulouse, 5-6 avril 2018.
- Paire-Ficout, L**. (2018). Quelles difficultés les personnes sourdes rencontrent-elles dans les transports : Approche psycho-ergonomique, Réunion Scientifique IFRATH, Institut Fédératif de Recherche sur les Aides Techniques pour les Personnes Handicapées, Paris, 25 janvier 2018.
- Paire-Ficout, L**. Lafont, S., Novella, JL, Mahmoudi, R (2017). Analyse de l'activité de conduite de personnes présentant une démence de type Alzheimer. Conférence Entretiens Jacques Cartier, 16-17 octobre 2017, Québec
- Ranchet, M. Devos H., Tant, M., Thobois S, Broussolle E., Akinwuntan A., **Paire-Ficout L**. (2017). Maladie de Parkinson et conduite automobile : une approche pluridisciplinaire, Conférence Entretiens Jacques Cartier, 16-17 octobre 2017, Québec

- Paire-Ficout, L.** Laurent, S. Boucheix, J-M. (2017). ACoSur : Accès au Code de la route et Surdité. Journée Comité des études, Sécurité routière et Santé, 19 septembre 2017, Paris.
- Lafont S, Mintsya-Eya C, Coquillat A, **Paire-Ficout L**, Chavoix C, Davenne D, Fabrigoule C. (2016) Profils d'auto-estimation des capacités cognitives des conducteurs âgés et impact sur la régulation de la conduite à deux ans. Symposium Vieillir et restreindre sa participation sociale et sa mobilité : 5 me colloque international REIACTIS. Lausanne - Switzerland, 10-12 février 2016.
- Paire-Ficout, L.**, Lafont, S., Conte F., Coquillat, A., Fabrigoule C., Ankri J, Blanc F., Gabel C., Morrone, I., Novella J-L. (2016). Observation de l'activité de conduite de patients Alzheimer : Approche en naturalistic driving. Conférence RFMASA, 8-10 juin 2016.
- Paire-Ficout, L.**, Laurent, S., Argon, S., Boucheix, J-M. (2016). Animer le matériel d'apprentissage du code de la route pour une meilleure compréhension et réussite à l'examen, 29 mes Entretiens Jacques Cartier, La réalité virtuelle, le numérique et les jeux sérieux : leur application en réadaptation et intégration sociale, 21-22 novembre 2016, Lyon.
- Paire-Ficout, L.**, Laurent, S., Argon, S., Boucheix, J-M. (2016). Animer le matériel d'apprentissage du code de la route, une solution pour les personnes sourdes et malentendantes. In Séminaire ARPEGE journée « Handicap ». 2016. Paris.
- Lafont S, Mintsya-Eya C, Coquillat A, Paire-Ficout L, Chavoix C, Fabrigoule C. (2015). Epidemiological results about profiles of cognitive over and under estimators. *Seminar on ageing society*. Lindholmen Conference Centre, Göteborg (Sweden), 5 november 2015.
- Lafont, S., Mintsya-Eya C. Coquillat A., Chavoix Ch., **Paire-Ficout L.**, Fabrigoule C. (2015). Relationship between personality and self-estimation of cognitive abilities in older drivers: results of the SAFE MOVE cohort. Tours et Détours sur les Cinq Grandes Dimensions de la Personnalité : Big Five 18-19 septembre 2015, Université François-Rabelais de Tours, Tour, France.
- Lafont, S., Mintsya-Eya C. Coquillat A., **Paire-Ficout L.**, Chavoix Ch., Davenne, S., Fabrigoule C. (2015). Liens entre auto-évaluation des capacités cognitives, celle des capacités de conduite, et régulation de l'activité de conduite. Séminaire d'échanges scientifiques du département TS2. Vieillessement : concilier mobilité, santé et sécurité, Bron, France, 30/11/2015
- Lafont, S., **Paire-Ficout, L.**, Coquillat, A., Conte, F. Gabel C. Mintsya, C., Fabrigoule, C. (2015). Safe Move - Epidemiological results about profiles of cognitive over and under estimators, Seminar on ageing society, Göteborg, Suède, 05-11-2015.
- Lafont, S., Coquillat, A., Mintsya, C., **Paire-Ficout, L.**, Chavoix, C, Fabrigoule, C. (2015). Projet Safe move for older drivers - SP1 Cohort study. Final Meeting of the Safe Move Project, Göteborg, Suède, 03/11/2015, 04/11/2015
- Paire-Ficout, L.** (2015). Auto-estimation des capacités cognitives et de conduite chez les conducteurs âgés. Quel lien ? Séminaire d'échanges scientifiques de TS2 « Les recherches de TS2 sur le vieillissement : concilier mobilité, santé et sécurité », Bron, France, 30 novembre.
- Paire-Ficout, L.** (2015). Conduite automobile et maladie d'Alzheimer : apport d'une approche "naturalistic driving" Séminaire d'échanges scientifiques de TS2 « Les recherches de TS2 sur le vieillissement : concilier mobilité, santé et sécurité », Bron, France, 30 novembre.
- Paire-Ficout, L.**, Lafont, S. and Gabaude, C. (2015). Vieillir et conduire : Une question d'adaptation. Les décennies de l'IFSTTAR - 50 ans de recherche en sécurité routière, Bron, France, 15 octobre 2015.

- Paire Ficout, L.**, Chavoix, C., Lafont, S., Coquillat, A., Conte, F., Gabel, C., Fabrigoule C. (2015). Experimental results about relationship between cognitive and driving self-awareness. Seminar on ageing society. Lindholmen Conference Centre, Göteborg (Sweden), november 5th.
- Paire-Ficout, L.**, Alauzet, A., Boucheix, J-M, Saby, L. Lefebvre-Albaret, F., Groff, J., Argon, S. Jobez, P. (2015). How not to give up on train travel when you are deaf? 14th Transed conference, July 28th-31st Lisboa, Portugal.
- Paire-Ficout, L.**, Lafont S., Coquillat, A., Chavoix, C., Conte, F., Gabel, C., Mintsä, C., Fabrigoule, C. (2015). Relationship between cognitive and driving self-assessments in older drivers. Result of epidemiological and experimental on-road studies in France, SafeMove Symposium, 14th Transed Conference, July 28th Lisboa, Portugal.
- Lafont S, Chavoix C, **Paire-Ficout L**, Fabrigoule C. (2014). Symposium SAFE MOVE: Factors leading to a strong overestimation of cognitive performances in older drivers: first results from a cohort study in France. 28th international congress of Applied Psychology; 2014 8-13 July; Paris
- Paire-Ficout, L.** Lafont, S. Chavoix, C, Conte, F, Gabel, C. Mintsä-Eya, C. Fabrigoule, C. (2014). Self-estimation of driving performances in older drivers who over or under estimate their cognitive abilities: Safe Move study. Ageing and Safe Mobility Conference, 27-28 November 2014, Bergisch Gladbach, Germany.
- Paire-Ficout, L.** Ranchet, M., Broussolle, E. (2014). Maladie de Parkinson et conduite automobile : état de la recherche, ARC 2 : Qualité de vie et vieillissement, 29 novembre 2014, Lyon.
- Paire-Ficout, L.**, Lafont, S., Hay, M., Gabaude, C., Fabrigoule, C. Table ronde « vieillissement et conduite automobile », semaine du Cerveau, 13 mars 2014, Lyon.
- Ranchet, M., **Paire-Ficout, L.** et al. (2014). Investigating executive functions on driving simulator. 28th International Congress of Applied Psychology, 8-13 juillet 2014. Paris.
- Paire-Ficout, L.** Alauzet, A., Boucheix J-M, Lefebvre-Albaret, Saby, L. Groff, J., Jobez, (2014). Innovative visual design to assure information for all in transportation. 28th ICAP International Congress of Applied Psychology, 8-13 July 2014, Paris.
- Ranchet, M., **Paire-Ficout, L.** Hugot, M. Sornette, D. Bonnard, A. Broussolle, E. (2012). Relationships between updating deficit and driving performances in patients with Parkinson's disease. Colloque Viellissement Cognitif, Tours, 25-26 Juin 2012.
- Bellet, T. Gabaude, C., Jallais, C., Marin-Lamellet, C, Paire-Ficout, L. Pauzié, A., Rogé, J. (2011). La Psycho-Ergo appliquée aux transports : les activités du LESCOT. Colloque de synthèse du GDR Psycho-Ergo, 4-6 avril 2011, Toulouse, France.
- Gabaude, C. Cerf, J.E., Jallais, C., Douissembekov, E, **Paire-Ficout, L.** Mickaël, G. (2011). Effects of ageing and cognitive distraction on the setting of salience-reliance balance in visual search. Drivers Distraction and Inattention conference, Gothenburg, Sweden, 2011.
- Ranchet, M., Broussolle, E., Marin-Lamellet, C., Laurent, B., & **Paire-Ficout, L.** (2010). *Impaired updating ability in driving with mild to moderate Parkinson disease* Paper presented at the 7th International Congress on Mental Dysfunctions and Other Non-Motor Features in Parkinson's Disease and Related Disorders, Barcelone, December 9-12 2010.
- Boucheix, J. M., Lowe, R., **Paire-Ficout, L.**, Saby, L., Alauzet, A., Conte, F., et al. (Eds.). (2010). Comprehension of Animated Public Information graphics. European Association for research on learning and Instruction. Tubingen.

- Fabrigoule, C., Lafont, S., **Paire-Ficout, L.**, Marin-Lamellet, C., Laumon, B. (2009). Validation of cognitive tools related to risk of accident and fitness to drive in normal aging and Alzheimer disease: result of the SEROVIE study, International Transportation Medicine Association, The Hague, Netherlands 26-28 April 2009, pp.72.
- Gabaude, C., **Paire-Ficout, L.**, Lafont, S., Bedoin, N., Knoblauch, K., Bruyas, M.P., Vital-Durand, F. (2009). Relationship between change detection and decision making at left-turn intersection: effects of age and distraction. International Transportation Medicine Association, The Hague, Netherlands 26-28 April 2009, pp.44-45.
- Jallais, Ch. **Paire-Ficout, L.** & Gabaude, C. (2009) Object localization in jumbled natural road scenes. International Transportation Medicine Association, La Haye, Netherlands 26-28 avril 2009, pp.82.
- Lafont, S., Gabaude, C., **Paire-Ficout, L.**, & Fabrigoule, C. (2009). Older drivers' threat for other road users at intersection: results from the French database of injury crashes between 1996 and 2005. Paper presented at the International Traffic Medicine Association, The Hague, Netherlands 26-28 April pp.98-99.
- Paire-Ficout, L.**, Bedoin, N., Ferber-Viart, Ch. (2009). Vestibular disorders, attention and driving, International Transportation Medicine Association, The Hague, Netherlands 26-28 April 2009, pp.45.
- Paire-Ficout L.**, Gabaude C., Bruyas M-P, Lafont, S., Bedoin, N., Knoblauch, K., Vital-Durand, F. (2008). The impact of distraction on change detection at intersection: aging effect, 4th International Conference on Traffic & Transport Psychology, Washington DC, USA, August 31- September 4 2008.
- Ranchet, M., **Paire-Ficout, L.**, Marin-Lamellet, C., Broussolle, E. (2009). Executive functions and information processing speed in Parkinson's disease: An approach on driving simulator. International Transportation Medicine Association, La Haye, Netherlands 26-28 April 2009, pp.9
- Marin-Lamellet, C., Lafont, S., Paire-Ficout, L., Laurent, B., Thomas-Antérion, C. and Fabrigoule, C. (2008). The impact of attentional and executive impairments on driving abilities in normal aging and Alzheimer disease. 4th International Conference on Traffic & Transport Psychology, Washington DC, USA, August 31- September 4 2008
- Bacon, E. **Paire-Ficout, L.** & Izaute, M. (2002). Dissociation between subjective experience and the cognitive process: the effect of the anxiolytic drug lorazepam on TOT states. Abstract book du Psychonomic meeting 2002, Kansas-City, p.53.
- Colin, S., **Paire-Ficout, L.**, Magnan, A., Ecalte, J. (2000). Les enfants sourds prélecteurs sont-ils sensibles aux similitudes phonologiques finales d'un mot ? Effets du Langage Parlé Complété, In Colloque de l'Association de Psychologie Scientifique de Langue Française (APSLF), Nantes, Septembre 2000.
- Colin, S., **Paire-Ficout, L.**, Magnan, A. & Ecalte, J. (2000). Compétence épiphonologique d'enfants prélecteurs sourds et entendants : Etude comparative. In 3e Journées Scientifiques de l'Ecole d'Orthophonie de Lyon " Accéder au(x) langage(s) ", Lyon, Novembre 2000.
- Colin, S., **Paire-Ficout, L.**, Magnan, A. & Ecalte, J. (2001). Phonological awareness in deaf children: Effets of Cued Speech. A longitudinal study, The IXth European Conference for Research on Learning and Instruction, August 28th September 1st, 2001, Fribourg/Freiburg, Switzerland.

Hoang I, Ranchet M, Cheminon M, Luauté J, **Paire-Ficout L**, Danaila T. (2018). Effet d'un programme intensif auprès de patients atteints de la Maladie de Parkinson : premiers résultats. Les 31èmes Entretiens Jacques Cartier : Comment faire rimer innovations avec inclusion ? 13-14 novembre 2018, Lyon.

Tchoulfayan M, Delphin-Combe F, Ranchet M, **Paire-Ficout L**, Coste M-H. (2018). Etude pilote sur l'efficacité du programme d'ACcompagnement des patients avec trouble COgnitif dans le Maintien ou le Processus d'Arrêt de la conduite automobile en Gériatrie et Neurologie (ACCOMPAGNE) : résultats préliminaires. Association pour la Promotion des Hôpitaux de Jour pour Personnes Agées. 38ème journée des hôpitaux de jour gériatrique, Colmar, 7-8 juin 2018.

Laurent, S. **Paire-Ficout, L.** Argon, S. Boucheix, JM (2017). Rendre dynamique le matériel d'apprentissage du code de la route : un intérêt particulier pour les sourds. Entretiens Jacques Cartier, 16-17 octobre 2017, Québec, Canada.

Gabaude, C., **Paire-Ficout, L.**, Levasseur, M., Lafont, S. (2016). Determinants of driving errors in older drivers. Annual meeting of the Gerontological Society of America. New-Orleans, Louisiana, USA. November 16-20th, 2016.

Robert D., Forestier C., Boucheix J.-M., **Paire-Ficout L.** (2015). L'obtention de l'examen du code de la route pour les personnes avec difficulté linguistique : un parcours fastidieux. Entretiens Jacques Cartier, 25-26 novembre 2015. Bruxelles, Belgique.

Gabaude, C., **Paire-Ficout, L.** (2005). Toward a driving competency assessment encouraging Elderly's automobility: a french point of view. 3rd international driving symposium on human factors in driver assessment, training and vehicle design, Maine, USA, 27-30 June, pp.318-327.

Ouvrages de vulgarisation

Degraeve, B. Gabaude, C., Laurent, S. **Paire-Ficout, L.** (2018). Le rôle des psychologues dans le contexte de la sécurité routière : formateurs, évaluateurs, rééducateurs et acteurs de la recherche. *Journal des Psychologues*, 360, 14-18.

Paire-Ficout, L., Gabaude, C. (2018). La conduite automobile d'aujourd'hui à demain : comment les personnes âgées pourraient-elles prendre le virage ? Les cahiers de l'observatoire de la santé visuelle et auditive, 35-39. France.

Bacon, E. **Paire-Ficout, L.** & Izaute, M. (2006). Je l'ai sur le bout de la langue ! Les dossiers de la recherche n°21, 28-32.

Bacon, E. **Paire-Ficout, L.** & Izaute, M. (2001). Je l'ai sur le bout de la langue, *La Recherche : La Mémoire et l'oubli*. 344. Juillet-Aout 2001.

Lafont S, **Paire-Ficout L**, Gabaude C, Hay M, Bellet T, Paris J-C, Marin-Lamellet C, Fabrigoule C. SAFE MOVE for older drivers : pour une mobilité sûre des conducteurs âgés In : Direction de la Recherche et de l'Innovation du MEDDE - *La Documentation Française*. ed, Paris, **2015**:p121-141.

Rapport de Recherche

- Gabaude, C., Degraeve B. **Paire-Ficout, L.** Granié M-A. (2018). GT Psycho-Tec : groupes de travail sur les examens psychotechniques. Rapport intermédiaire de la convention signée entre l'Ifsttar et la DSR relative au projet n°2201073319.
- Hay, M. Etienne, V. **Paire-Ficout, L.** (et nombreux autres auteurs du projet H2020 de Safety Cube) (2017). Identification and Safety Effects of Road User related Measures. Deliverable 4.2 of the H2020 project SafetyCube.
- Paire-Ficout, L.** Boucheix, J-M., Laurent S. (2017). ACoSUR : Accès au Code de la route et S.URdité. Rapport intermédiaire pour la DSR, pp.27.
- Talbot, R., Aigner-Breuss, E., Kaiser, S., Alfonsi, R., Braun, E., Eichhorn, A., Etienne, V., Filtner, A., Gabaude, C., Goldenbeld, C., Hay, M., Jänsch, M., Leblud, J., Leskovšek, B., **Paire-Ficout, L.**, Papadimitriou, E., Pilgerstorfer, M., Rußwurm, K., Sandin, J., Soteropoulos, A., Strand, N., Theofilatos, A., Van Schagen, I., Yannis, G., Ziakopoulos, A. (2016), Identification of Road User Related Risk Factors, Deliverable 4.1 of the H2020 project SafetyCube.
- Paire-Ficout, L.**, Lafont, S., Gabel, C. Conte, F. Mintsas, C. Coquillat, A. Chavoix, C. Fabrigoule, C. (2015) Rapport final ANR, Projet Safe move for older drivers : Tâche 1- volet expérimental, pp.58.
- Coquillat, A., Lafont, S. Minsta-Eya, C. **Paire-Ficout, L.** Chavoix, C. Fabrigoule, C. Davenne, D. (2015) Rapport Safe Move Tâche 1- volet épidémiologique- Cohorte, pp. 99
- Paire-Ficout, L.**, Lafont, S., Gabel, C. Conte, F. Mintsas, C. Coquillat, A. Chavoix, C. Fabrigoule, C. (2015) Rapport final ANR, Projet Safe move for older drivers : Tâche 1- Volet expérimental, pp.58.
- Paire-Ficout, L.**, Alauzet, A., Lefebvre-Albaret, F. Jobez, P. Boucheix, JM., Argon, S. Groff, J., Saby L. (2013). SURDyn 2 : Signalétique d'Urgence Dynamique pour les usagers Sourds et Malentendants, vers une mise en application, Rapport final PREDIT GO n°2, pp.73.
- Lafont, S, C Fabrigoule, C Chavoix, **Paire-Ficout, L** and Mintsas-Eya, C. (2013). Rapport Safe Move. Questionnaire and Cognitive Tests of the Cohort Study.
- Lallemand, S, **Paire-Ficout, L**, Chavoix, C. Lafont, S. Levin, L and Fabrigoule.C. (2013). Rapport Safe Move - Task 1. Literature Review: Identification of the Potential Discrepancies of Challenging Situations/Scenarios According to Crash Studies and Drivers Themselves.
- Paire-Ficout, L.**, Saby, L., Alauzet, A., Conte, F., Guarracino, G. (2010). SURDyn : Signalétique d'Urgence Dynamique adaptée aux usagers sourds et malentendants, Rapport final PREDIT GO n°2, pp.49.
- Paire-Ficout, L.**, Gabaude, C, Lafont, S, Bedoin, N., Bruyas, MP., Jallais, Ch., Dapzol, N., Knoblauch, K. Vital-Durand, F. (2009). Les difficultés rencontrées par les conducteurs âgés en intersection. Rapport final de l'action de recherche n°1 du projet DACOTA : Défauts d'Attention et CONduiTe Automobile, pp. 23.
- Paire-Ficout, L.**, Saby, L., Alauzet, A., Conte, F., Guarracino, G. (2008). SURDyn : Signalétique d'Urgence Dynamique adaptée aux usagers sourds et malentendants, Rapport intermédiaire PREDIT GO n°2, pp.49.
- Paire-Ficout, L.**, Gabaude, C. and Marin-Lamellet, C. (2004). Vieillesse de la population et sécurité routière - Rapport final Rapport de convention CNSR-DSCR/INRETS - 02-013-T, Inrets/Lescot, Bron, Avril 2004, 52 p.
- Lafont, S., Marin-Lamellet, C. and **Paire-Ficout, L.** (2004). SEROVIE Sécurité routière et vieillissement - Rapport final. Rapport de convention DSCR/INRETS - 01-70-018, Inrets, Bron, 75 p.

Lafont S, **Paire-Ficout L**, Gabaude C & Fabrigoule C (2014). Dix propositions de mesures pour baisser l'accidentologie des personnes âgées, réponse à une demande du Comité des Experts du Conseil National de Sécurité Routière. p 12 p.

Collectif d'auteurs (2014). Proposition d'une stratégie pour diviser par deux le nombre des personnes tuées ou blessées gravement d'ici 2020, Tome 2 : les groupes à risque, Juin 2014.

Chapitre 11. Résumés français et anglais

Ce travail de synthèse présente un recueil des travaux que j'ai effectués depuis les années 1990 et qui s'inscrit au carrefour des domaines de la psychologie cognitive du handicap, de la neuropsychologie et de la psycho-ergonomie. Il est centré sur la notion d'adaptation. Cette notion est très ancienne, elle remonte à la théorie de l'évolution mais elle reste cependant très actuelle puisque des auteurs l'ont récemment revisitée dans un ouvrage intitulé « Psychologie de l'adaptation » coordonné par C. Tarquinio et E. Spitz en 2016. Ces auteurs définissent l'adaptation comme « *un processus dynamique de changement lié aux capacités innées ou acquises d'un organisme, d'un individu ou d'un groupe, de réagir à des réactions internes ou externes, des contraintes ou des conflits en cherchant à réduire ou à éliminer leurs conséquences défavorables par des ajustements divers qui favorisent un nouvel équilibre compatible avec leur survie.* »

Les travaux que j'ai effectués durant ma carrière de chercheuse m'ont principalement amenée à travailler avec des populations présentant des différences par rapport à des référentiels dit « jeune » ou « entendant » ou « sans pathologie ». L'effort d'adaptation que doivent fournir ces populations est différent et les processus par lesquels ces personnes développent des connaissances et utilisent des stratégies pour s'adapter sont différents et s'appuient sur des mécanismes cognitifs et neuropsychologiques originaux pour résoudre des tâches. La notion d'affordance (qui signifie « être en capacité de ») développée par Gibson, est également fort intéressante dans le contexte de ce travail. L'affordance est à envisager dans une perspective de réciprocité entre l'individu et l'environnement. Les travaux que j'ai effectués durant ma carrière de chercheuse m'ont amenée à utiliser ce concept sur le versant « objet ou environnement » pour par exemple développer des systèmes, des designs, des programmes qui soient les plus affordants possibles, de sorte qu'ils suggèrent directement leur propre utilisation et qu'ils permettent de placer les individus en situation de développer leurs compétences ou performances. Cette notion a également été étudiée sur le versant « individu » pour mieux comprendre les mécanismes perceptifs et cognitifs que les personnes mettent en place pour traiter ces objets ou ces environnements.

Six chapitres composent ce travail de synthèse, les deux premiers présentant mes deux thématiques majeures, le troisième présentant diverses recherches sur le thème de l'adaptation et les deux derniers exposant mes nouvelles lignes de recherches.

Le **Chapitre 2** aborde dans un premier temps, les travaux que j'ai réalisés avant mon arrivée à l'Ifsttar concernant l'accès au langage écrit des personnes sourdes et malentendantes, puis dans un second temps, la problématique de l'accès aux transports des personnes sourdes et malentendantes que j'ai mise à jour au Lescot depuis quelques années. Les deux situations problématiques combinant surdité et transport et ayant fait l'objet de plusieurs travaux seront successivement décrits: celle de l'accès aux informations de perturbations dans les gares et pôles multimodaux d'une part et celle de l'accès au code de la route pour ces candidats sourds

d'autre part. L'approche privilégie l'aménagement de l'environnement afin de faciliter l'adaptation cognitive.

Le **Chapitre 3** traite de ma seconde thématique majeure qui concerne l'étude de la conduite automobile dans le contexte du vieillissement normal ou pathologique. C'est en premier lieu avec Sylviane Lafont et Claude Marin-Lamellet que j'ai traité ces questions en arrivant au laboratoire. Le propos était d'étudier la manière dont le vieillissement, qui se traduit par des modifications aux niveaux physique, sensoriel et cognitif, engendre des changements au niveau des activités quotidiennes comme dans la conduite automobile. Il s'agit plus généralement de savoir comment les personnes âgées avec ou sans pathologie s'adaptent à ces changements pour maintenir un bon niveau de mobilité. Ces travaux feront l'objet du troisième chapitre.

Le **Chapitre 4** expose plusieurs travaux ayant en commun de traiter du thème de l'adaptation : l'adaptation cognitive et métacognitive à un médicament tel qu'un Benzodiazépine, l'adaptation d'une victime d'accident de la circulation un an après son accident, l'adaptation à la conduite d'une personne présentant un trouble vestibulaire.

Le **Chapitre 5** est consacré à la description d'un volet de recherche plus émergent, développé en collaboration avec Maud Ranchet, et toujours dans la lignée des travaux sur la mobilité des personnes âgées engagées dans une trajectoire de vieillissement normal ou pathologique. C'est la marche qui est, cette fois, au centre d'intérêt avec un recueil de données cognitives, physiologiques et métacognitives auprès de personnes jeunes, âgées avec ou sans pathologie (maladie de Parkinson). Une collaboration nouvellement mise en place avec l'hôpital Henry Gabrielle va permettre d'étudier finement les effets neuro-protecteurs et adaptatifs d'un programme d'entraînement intensif chez des patients parkinsoniens.

Le **Chapitre 6** aborde les nouvelles questions de recherche que soulève l'avènement des véhicules à délégation de conduite tant pour les personnes âgées que pour les personnes ayant un handicap auditif. L'adaptation à ces nouveaux véhicules, qu'ils soient individuel comme une voiture ou collectif, comme les navettes ou bus autonomes se fera-t-elle sans heurt ? Les développements prévoient-ils suffisamment en amont l'ensemble des questions d'accessibilité des personnes avec handicap ? L'accompagnement pour une meilleure adaptation de l'ensemble des usagers est fondamental et nécessite des travaux expérimentaux en amont afin de ne pas exclure une frange de la population de ces nouvelles technologies.

Le **Chapitre 7** conclut ce travail de synthèse.

Abstract

Cognitive and environmental adaptation in a situation of disability: A collection of work carried out in the fields of deafness and normal and pathological ageing

Laurence Paire-Ficout

This synthesis work presents a collection of the work I have done since the 1990s, which is at the crossroads of the fields of cognitive psychology of disability, neuropsychology and psycho-ergonomy. It focuses on the notion of adaptation. This notion is very old, it goes back to the theory of evolution but it remains very current since authors recently revisited it in a book entitled "Psychology of adaptation" coordinated by C. Tarquinio and E. Spitz in 2016. These authors define adaptation as "*a dynamic process of change related to the innate or acquired capacities of an organization, individual or group to respond to internal or external reactions, constraints or conflicts by seeking to reduce or eliminate their adverse consequences through various adjustments that promote a new balance compatible with their survival.* »

The work I have done during my research career has mainly led me to work with populations that differ from so-called "young" or "hearing" or "non-pathological" referentials. The adaptation effort required by these populations is different and the processes by which they develop knowledge and use coping strategies are different and rely on original cognitive and neuropsychological mechanisms to solve tasks. The notion of affordance (which means "being in a position to") developed by Gibson is also very interesting in the context of this work. Affordance should be considered in a perspective of reciprocity between the individual and the environment. The work I have done during my research career has led me to use this concept on the "object or environment" side to develop systems, designs, programs that are as affording as possible; so that they directly suggest their own use and that they place individuals in a position to develop their skills or performance. This notion has also been studied on the "individual" side to better understand the perceptual and cognitive mechanisms that people put in place to deal with these objects or environments.

Six chapters make up this synthesis work, the first two presenting my two major themes, the third presenting various research on the theme of adaptation and the last two exposing my new lines of research.

Chapter 2 first deals with the work I did before I arrived at Ifsttar concerning access to written language for deaf and hard of hearing people, and then with the issue of access to transport for deaf and hard of hearing people, which I have been updating in Lescot for several years. The two problematic situations combining deafness and transport are successively described: (1) access to disturbance information in multimodal stations and hubs and (2) access to the

Highway Code for deaf candidates. The approach focuses on environmental design to facilitate cognitive adaptation.

Chapter 3 deals with my second major theme, which concerns the study of driving in the context of normal or pathological ageing. It was first with Sylviane Lafont and Claude Marin-Lamellet that I dealt with these questions when I arrived at the laboratory. The aim was to study how aging, which results in changes in the physical, sensory and cognitive levels, causes changes in daily activities such as driving. More generally, it is a question of how older people with or without pathology adapt to these changes in order to maintain a good level of mobility.

Chapter 4 presents several studies that deal with the topic of adaptation: the adaptation of a traffic accident victim one year after the accident; the driving adaptation of a person with a vestibular disorder, the adaptation of psychotechnic tests to assess driving ability after suspension or cancellation of the driving licence and finally the cognitive and metacognitive adaptation to a drug such as Benzodiazepine (not in driving context).

Chapter 5 is devoted to the description of a more emerging research component, developed in collaboration with Maud Ranchet, and always in line with the work on the mobility of elderly people engaged in a normal or pathological ageing trajectory. This time, walking is the focus with a collection of cognitive, physiological and metacognitive data from young, elderly people with or without pathology (Parkinson's disease). A newly established collaboration with Henry Gabrielle Hospital allow exploring the adaptive effects of an intensive training program in Parkinson's patients.

Chapter 6 addresses the new research questions raised by the advent of delegated driving vehicles for both the elderly and the hearing impaired. Will the adaptation to these new vehicles, whether they are individual like a car or collective, like autonomous shuttles or buses, be smooth? Do developments provide for all accessibility issues for people with disabilities sufficiently in advance? Support for a better adaptation of all users is fundamental and requires experimental work upstream so as not to exclude a segment of the population from these new technologies.

Chapter 7 concludes this synthesis work. Overall, the two main themes will continue to be present in future years. They will simply have to evolve and adapt to contextual, technological and societal changes.

As far as the issue of access to transport for people with a linguistic disability is concerned, the field is far from being covered. Access to the Highway Code remains a priority research issue for people with special needs and the development of learning materials remains a major concern. This work could be extended to other populations, such as dyslexic and dysphasic people who experience similar difficulties.

Access to transport information is also essential in both public transport and personal vehicles in the context of automation. Warning signals often favour the auditory mode, without taking

into account that a certain number of people are deprived of hearing. It is therefore essential to work on so-called universal systems so that all users can use them with the same level of confidence and efficiency. In this field, a collaboration with the University of Valencia (Spain) is being studied to work on the development of a system to help people with dyslexia understand road signs. Reading traffic signs and written information can cause some real-time processing problems and delay a behavioural response, which can lead to accident risk situations (Roca et al., 2018). Affordable assistance that can deliver the right information at the right time would be particularly appropriate.

Driving is likely to change significantly in the coming years, in its most advanced form of automation, it will be a matter of supervising an automated system. It is thus possible that the examination of the Highway Code in its current form may change or even disappear completely. It may be replaced by a new exam that will assess other knowledge and skills. Because the use of assistive devices requires getting to grips with and learning a user manual before use in real traffic conditions, at least for intermediate levels of automation. In this way, new learning materials can be studied and tested. Animation could be very useful for learning concepts, as it is so appropriate for understanding dynamic mechanisms.

Older drivers must be accompanied in the use of these new assistance services. Molnar et al (2018) recently found that acceptance of automation was very much influenced by a central variable: trust. This variable even takes precedence over the level of comfort, regardless of the age of the interviewees. This trust variable is also strongly associated with the control variable. Drivers who are very "controlling" in general, but also at the wheel, who do not like to be driven by another driver, for example, are less confident in assistive technologies. The greater the need for control, the greater the reluctance to automate. One of the questions to be explored in the future, which has been addressed by Molnar et al (2018), is whether or not the acceptance of loss of control is better accepted by older drivers and whether the level of confidence is more or less important for them. In any case, the demonstration of reliability and safety of delegated driving vehicles must be proven so that future users accept to use it with confidence. The needs of each category of individual must also remain in focus.

The feeling of trust is also at the heart of the problem of collective autonomous systems, such as shuttles and the future STAR bus on which we are currently working. For users to board a shuttle or future bus without a driver, without a "visible" supervisor, there must be total trust in the system. The user must agree to be taken in charge, to "let go". There are certainly other psychological variables to be considered and updated in this acceptance process (see Davis' TAM models, 1993 in particular). This acceptance work is likely to be long and leaves a large place both for technological work and for the human and social sciences to better explore the cognitive variables that accompany the acceptance process of a system such as an autonomous vehicle (perceived utility, perceived ease of use, motivation, intention to use, ability and sense of effectiveness, etc.). Is this process also different if the person has a communication disability or if it affects their mobility?

Ifsttar benefits from an extraordinary tool: the Transpolis site. Transpolis is a laboratory city dedicated to sustainable urban mobility and road equipment. 80 hectares of urban environment are made available to reinvent new urban mobility solutions. Transpolis is therefore a place where experiments can be carried out safely with experimental vehicles. As part of the STAR project, in which Transpolis is a partner, tests are planned .

It is important to remain realistic, because the completely autonomous and above all completely secure vehicle does not exist and is not yet on the market (contrary to what was announced a few years ago). In the meantime, new safety problems will arise because the assistance will not solve everything. The transitional period during which automated vehicles and others that are not automated will raise new research questions: we will observe new accident scenarios that we do not yet know. Indeed, some accidents are avoided by implicit understanding between users (behaviour, look, sign) which makes it possible to remove any ambiguity. The so-called intelligent systems will not have this ability to interpret, which could lead to very delicate or even dangerous situations.

Support for elderly drivers, whether or not they are engaged in pathological ageing, and the return of brain damaged patients to driving therefore remains a current issue. The work undertaken in this area will therefore be continued with a view to diversifying interventions and partnerships with hospitals and rehabilitation centers. The various initiatives to set up rehabilitation and driving support programs may be the subject of research and evaluation.

The Sirocco program is absolutely exemplary in this respect. It is more concerned with mobility in general and has already demonstrated that intensive training can delay the negative effects of Parkinson's disease. We will explore a more neurophysiological side to see how these advances translate into brain activity. This will make it possible to apply a similar observation protocol to other populations affected by gait disorders (people with neuro-cognitive disorders, such as people with Mild Cognitive Impairment (MCI), Alzheimer's or vestibular disorders). It is important to identify the mechanisms involved in this activity, and what happens when people get older, when they engage in pathological aging. Dual-tasking tasks are particularly interesting to identify when resources are no longer sufficient and may place people at the limits of their abilities to the point of putting themselves at risk, to the point of risking falling. Much remains to be understood and explored: how are resources distributed, how are they managed? The recent techniques of cerebral imaging such as the fNIRS will allow exploring these new research questions; they are particularly promising for the future.

In conclusion, this work was a great experience: I had a real pleasure writing this document by looking for a unifying thread around the notion of Adaptation. It was nice to revisit the work I participated in before working at Ifsttar. My taste for research and my appetite for teamwork have grown over time: I enjoy working with my colleagues, friends and students. It is so exciting to see ideas grow, enrich, a project assert itself, writings progress, a presentation arouse interest...

I have seen significant changes in research practice over the course of my career. The gradual spread of the Internet has greatly facilitated access to information, articles and thus research results in record time. It is difficult to imagine a step back now.

The evolution of brain imaging techniques represents an important revolution, as it has allowed considerable advances in knowledge in the field of cognition leading to finer and less hazardous explorations. In relation to my fields of interest, which deal with the problem of deafness or normal and pathological aging, this work has raised new research questions and new hypotheses. I now have a strong desire to explore these new approaches that combine behavioural, physiological and metacognitive data.

In the field of transport research, the advent of the automated vehicle is shaking up the problems and methods of analysis and also opening up new avenues of investigation that remain difficult to quantify at the present time. But the desire to continue investigations in this direction is important.

The changes to come with the creation of the I-site will generate new themes around urban mobility and it is important that the reflection includes, well in advance, the accessibility, in all its aspects, of people experiencing mobility difficulties, whether they are due to physical, sensory or cognitive limitations so that they are not excluded from the different mobility solutions.

The job of researcher is sometimes difficult because there are times of doubt or even discouragement; for example, when a project that has led to hours of preparation is refused for funding or when an article is not accepted for the umpteenth time. Research really requires a lot of patience, rigour and tenacity and these are values that I really want to pass on to my students.

When everything is in place, it's a lot of satisfaction.

Chapitre 12. Dix articles significatifs

| | Publication | Date |
|---|--|------|
| 1 | Paire-Ficout, L. , Lafont, S., Conte, F., Coquillat, A., Fabrigoule, C., Ankri, J., Blanc, F., Gabel, C., Novella J.-L., Morrone, I. Mahmoudi, R. (2018). A naturalistic driving study investigating self-regulation behavior in early Alzheimer's disease: a pilot study, <i>Journal of Alzheimer Disease</i> , 63 (4), 1499-1508. DOI : 10.3233/JAD-171031 , IF : 3.476. | 2018 |
| 2 | Tavernier, B.-C., Paire-Ficout, L. , Tardy, H., Izaute, M., Silvert, L., Charnay, P., & Hours, M. (2017). Emotional experiences one year after a traffic accident: An exploratory study of verbatim accounts of the ESPARR cohort. <i>Injury</i> , 48, 659-670. DOI : 10.1016/j.injury.2017.01.011 IF : 2.459 | 2017 |
| 3 | Paire-Ficout, L. , Marin-Lamellet, C., Lafont, S., Thomas-Anterion, C., Laurent, B., (2016). The role of navigation instruction at intersections for older drivers and those with early Alzheimer's disease <i>Accident Analysis and Prevention</i> , <i>Accident Analysis and Prevention</i> 96, 249–254, DOI : 10.1016/j.aap.2016.08.013 , IF: 2.584. | 2016 |
| 3 | Ranchet M., Broussolle E, Paire-Ficout, L. , (2016). Longitudinal changes in executive functions in drivers with PD, <i>European Neurology</i> , 2016, 76:143–150. DOI: 10.1159/000448992 , IF: 1.697. | 2016 |
| 4 | Jallais, C., Gabaude, C. and, Paire-Ficout L. (2014). When emotions disturb the localizations of road elements: effects of anger and sadness. <i>Transportation Research Part F</i> 23, pp.125-132, IF : 1.935, DOI: org/10.1016/j.trf.2013.12.023 | 2014 |
| 5 | Groff, J, Boucheix, J-M., Lowe R, Argon S., Saby, L. & Alauzet A., Paire-Ficout, L. (2014). Don't miss your train! Just follow the computer screen animation: Comprehension of animated public information graphics. <i>Computers in Human Behavior</i> . 30, 206-221. DOI : 10.1016/j.chb.2013.08.010 , IF : 3.536. | 2014 |
| 6 | Ranchet, M. Paire-Ficout, L. , Uc, E.U. Bonnard, A., Sornette, D., Broussolle, E. (2013). Impact of specific executive functions on driving performance in people with Parkinson's disease. | 2013 |

| | | |
|----|---|------|
| | <i>Movement Disorders</i> , 28, (14). 1941-1948. DOI 10.1002/mds.25660 IF : 8.324 | |
| 7 | Paire-Ficout L. , Saby L., Alauzet A., Groff J., Boucheix J.M. (2013). Quel format visuel adopter pour informer les sourds et malentendants dans les transports collectifs ? <i>Le Travail Humain</i> 76(1), 57-78. DOI 10.3917/th.761.0057 . IF: 0.49. | 2013 |
| 8 | Ranchet, M. Broussolle, E. Poisson, A., Paire-Ficout, L. (2012). Relationships between Cognitive Functions and Driving Behavior in Parkinson's Disease. <i>European Neurology</i> , Jul 4;68(2):98-107. DOI: 10.1159/000338264 IF: 1.697. | 2012 |
| 9 | Ranchet, M., Paire-Ficout, L. , Marin-Lamellet, C., Laurent, B., & Broussolle, E. (2011). Impaired updating ability in drivers with Parkinson's disease. <i>Journal Neurology Neurosurgery Psychiatry</i> , 82, 218-223. DOI : 10.1136/jnnp.2009.203166 IF : 7.144 | 2011 |
| 10 | Lafont S, Marin-Lamellet C., Paire-Ficout L , Thomas-Anterion C., Bernard L. Fabrigoule C. (2010). The Wechsler Digit Symbol Substitution Test as the best predictor of unsafe driving in Alzheimer disease and normal aging, <i>Dementia and Geriatric Cognitive Disorders</i> ; 29:154-163. DOI : 10.1159/000264631 IF : 2.886 | 2010 |