



Les défauts d'attention dans la survenue de traumatismes non intentionnels

Mélanie Nee

► To cite this version:

Mélanie Nee. Les défauts d'attention dans la survenue de traumatismes non intentionnels. Psychologie et comportements. Université de Bordeaux, 2018. Français. NNT : 2018BORD0212 . tel-02079518

HAL Id: tel-02079518

<https://theses.hal.science/tel-02079518>

Submitted on 26 Mar 2019

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.

THÈSE PRÉSENTÉE
POUR OBTENIR LE GRADE DE
**DOCTEUR DE
L'UNIVERSITÉ DE BORDEAUX**

École doctorale Sociétés, Politique, Santé Publique (SP2)

Spécialité : Santé Publique

Option : Épidémiologie

Par **Mélanie NÉE**

**Les défauts d'attention dans la survenue
de traumatismes non intentionnels**

Sous la direction de : **Emmanuel LAGARDE**

Co-directeur : **Cédric GALÉRA**

Soutenue le 16 novembre 2018

Membres du jury :

Mme Catherine Gabaude,	Présidente
M. Bernard Laumon,	Rapporteur
M. Emmanuel Lagarde,	Directeur de thèse
M. Cédric Galéra,	Co-directeur de thèse
Mme Marta Avalos Fernandez,	Invitée
Mme Virginie Postal-Le Dorse,	Invitée

Thèse préparée dans le cadre du Réseau
doctoral en santé publique animé par l'EHESP

Titre : Les défauts d'attention dans la survenue de traumatismes non intentionnels

Résumé : L'attention est un prérequis à l'exécution de la majorité des tâches que nous réalisons au quotidien. Si notre niveau d'attention fluctue naturellement au cours de la journée, de nombreux facteurs peuvent également altérer notre niveau de vigilance (p. ex. alcool, médicaments) ou détourner notre attention (p. ex. téléphone, pensées) et, dès lors, nous exposer à un risque d'accident. En accidentologie routière, les défauts d'attention sont devenus un enjeu de préoccupation majeur, mais des questions demeurent en suspens. Et qu'en est-il des autres traumatismes non intentionnels ? L'objectif de ce travail de thèse était d'étudier le rôle des défauts d'attention dans la survenue de traumatismes non intentionnels. Il s'agissait d'explorer des questions épidémiologiques restées en suspens en accidentologie routière tout en élargissant la problématique à ces accidents moins connus que sont les accidents de la vie courante (AcVC). Pour ce faire, trois axes ont été explorés. Le premier a consisté à étudier le lien entre consommation de médicaments et risque d'accident de la route chez les piétons en s'appuyant sur l'appariement des données sur les remboursements de médicaments de l'Assurance Maladie avec celles sur les accidents de la circulation recueillies par les forces de l'ordre. Dans un second temps, nous nous sommes intéressés à la problématique des différents types de distraction au volant. Cette seconde partie a reposé sur les données d'une étude menée au CHU de Bordeaux. Enfin, un dernier axe a consisté à étudier le rôle des défauts d'attention dans la survenue des AcVC en s'appuyant sur les données d'une cohorte prospective et en ligne sur les AcVC. Dans cette dernière étude, les défauts d'attention ont été étudiés sous l'angle du mind-wandering en tant que trait mesuré par le biais d'un questionnaire ainsi que par l'implémentation de trois tests neuropsychologiques en ligne. Plusieurs classes de médicaments, dont les benzodiazépines, étaient associées à une augmentation du risque d'accident chez les piétons. Dans l'étude sur la distraction au volant, la distraction visuelle a été identifiée comme étant celle qui présentait le plus de risque. Enfin, si aucun lien n'a été trouvé entre les mesures aux tests neuropsychologiques et le risque d'accident de la vie courante, le mind-wandering trait a été associé à une augmentation du risque d'accident de type sports, loisirs et déplacements. Ce travail fournit un éclairage essentiel sur des questions restées jusqu'ici inexplorées. Au-delà des conducteurs et du risque routier, nos résultats indiquent que les défauts d'attention pourraient également présenter un risque pour les piétons ainsi que pour la survenue d'autres accidents du quotidien. Dans les années à venir, la part des défauts d'attention dans la survenue de traumatismes devrait encore croître du fait notamment de l'utilisation croissante des nouvelles technologies dans notre quotidien. Par conséquent, mieux comprendre le rôle de ces défauts d'attention dans la survenue de traumatismes non intentionnels est plus que jamais essentiel.

Mots-clés : Traumatismes non intentionnels, attention, vigilance, distraction, accidents de la route, accidents de la vie courante

Title : Failures of attention and unintentional injuries

Abstract : Attention is a complex process that is required in almost all our daily activities. Beyond its natural fluctuation during the day, our level of attention is also influenced by a large range of factors that can diminish our level of alertness (e.g. medicines, alcohol use) or divert our attention (e.g. mobile phone, thoughts) thus exposing us to the occurrence of unintentional injuries. In road traffic safety, attention failures have been identified as a major cause of concern but questions remain unsolved. What about attentional failures in the occurrence of daily-life injuries ? The aim of this thesis was to explore the role of attention failures on the risk of unintentional injuries. The idea was to explore epidemiological issues that remained unresolved in road traffic injuries while extending the problematic to those lesser-known injuries that are Home and Leisure Injuries (HLIs). To that end, this thesis was divided in three parts. First, we investigated the association between medicine use and the risk of road traffic injuries among pedestrians. To do that, we used data on road traffic crashes collected by the French police forces matching with data on reimbursed medicine from the French Health insurance. In a second part, we were interested in several types of driving distractions on the risk of road traffic crashes using data from a sample of road users interviewed at the Bordeaux University Hospital. The third and final part was to study the role of attentional failures on the occurrence of HLIs and was based on data from a prospective and online cohort on HLIs. Attentional failures were studied from the perspective of mind-wandering as a trait measured through a questionnaire and also the implementation of three online neuropsychological tests. Several medicine classes, including benzodiazepines, were associated with an increased risk of being involved in a road traffic crash as a pedestrian. In the study on distracted driving, the higher risk was found for visual distraction. Finally, whereas neuropsychological test scores were not associated with a higher risk of HLI, mind-wandering trait was associated with a higher risk of sport, leisure and moving-related injuries. This work provides essential insights into issues that have remained unexplored to date. Beyond the drivers and road risk, our results indicate that attentional failures could also present a risk for pedestrians as well as for the occurrence of other everyday injuries. In years to come, the share of attentional failures in the occurrence of injuries is expected to further increase, particularly due to the increasing use of new technologies in our daily live. Therefore, a better understanding of the role of these attentional failures in the occurrence of unintentional injuries is more than ever essential.

Keywords : Unintentional injuries, attention, alertness, distraction, road traffic injuries, home and leisure injuries

Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Catherine Gabaude et Bernard Laumon de me faire l'honneur d'évaluer ce travail de thèse. Merci d'avoir accepté de consacrer de votre temps pour la relecture de mon travail et d'en être les rapporteurs.

Merci également à Virginie Postal-Le Dorse et Bernard N'Kaoua pour vos conseils et nos échanges lors de mon comité de suivi de thèse. Merci d'avoir accepté d'être présent pour ma soutenance.

À Emmanuel Lagarde, mon directeur de thèse. Merci de m'avoir supporté pendant ces 4 années! Je tiens à vous remercier d'avoir cru en moi en me proposant ce projet de thèse. Votre disponibilité, vos conseils et commentaires avisés tout au long de ces années ont contribué à faire de ce travail ce qu'il est. Malgré des moments de doute, cette expérience m'a beaucoup apporté.

Merci à Cédric Galéra d'avoir accepté de co-diriger ma thèse. Merci pour nos échanges et tes conseils qui m'ont aidé à mener à bien ce travail au cours de ces trois années.

Merci à toi, Marta, de m'avoir fait confiance en me proposant ce stage qui m'a finalement mené jusqu'à la réalisation de cette thèse. Merci d'avoir été présente pour m'apporter ce petit coup de pouce dans les moments de doute et malgré un emploi du temps souvent chargé.

Je tiens à remercier également tous ceux qui ont contribué aux développements des tests neuropsychologiques (les membres du CREDIM, Julien...). Un merci tout particulier à Lucile.

Je tiens également à remercier les personnes de Calyxis. Merci à Marion d'avoir toujours pris le temps de répondre à mes questions.

Merci à l'ensemble des membres de l'équipe IETO. Merci à Benjamin, ta contribution à participer à l'aboutissement de ce travail. Un petit clin d'oeil tout particulier à mes collègues de pauses déjà. Ces petits moments ont fortement contribué à mon équilibre au cours de ces trois années. Merci à Ludivine, pour tes conseils et ta disponibilité depuis mon arrivée dans l'équipe. Et merci à toi, Marie-Odile, d'avoir pris de ton temps pour m'aider à corriger mon anglais.

Pensée toute particulière pour Léa et Dunia, mes deux ex-comparses de bureau. Nos échanges ont été essentiels et tellement enrichissants. Merci pour ces moments de rigolade, ces délicieux gâteaux « ratés » (n'est-ce pas Dunia?), et pour votre soutien sans faille lors

des moments difficiles.

Un grand merci à ma famille. Vous avez été mon refuge lorsque le besoin de prendre du recul se faisait sentir. Petite pensée pour toi, mamie. À toi Léane, ma petite filleule, dont la naissance a coïncidé avec le début de cette thèse. Un grand merci à mes amis et tout particulièrement à toi, Flore. Ce fut un plaisir de partager avec toi cette petite excursion australienne.

À toutes les personnes que j'ai pu croiser au cours de ces années, à l'ISPED ou ailleurs, et avec qui j'ai pu partager des discussions enrichissantes, recevoir des conseils ou tout simplement partager de bons moments. Aux collègues de l'EHESP : Narimane, Jonathan, Gloria, Annabelle et Solenn. Bonne fin de thèse à vous !

Table des Matières

Liste des tableaux	vii
Liste des figures	viii
Liste des abréviations	ix
Introduction	1
1 Cadre théorique	4
1.1 Les traumatismes non intentionnels	5
1.1.1 Définitions	5
1.1.2 Données chiffrées sur les traumatismes non intentionnels	7
1.1.3 Conclusion	11
1.2 Attention et fonctions exécutives	12
1.2.1 L'attention	12
1.2.1.1 Définition de l'attention	12
1.2.1.2 Les dimensions de l'attention selon Van Zomeren et Brouwer	13
1.2.1.3 Les facteurs à l'origine de défauts d'attention	15
1.2.2 Les fonctions exécutives	17
1.2.3 Conclusion	18
1.3 Défauts d'attention et traumatismes non intentionnels	19
1.3.1 Défauts d'attention en accidentologie routière	19
1.3.1.1 Facteurs pouvant altérer la dimension intensité de l'attention	19
1.3.1.2 Facteurs pouvant altérer la dimension sélectivité de l'at-	
tention	21
1.3.2 Défauts d'attention et risque d'AcVC	24
1.3.3 Conclusion	25
2 Objectifs de la thèse	26
3 Sources de données	28
3.1 Étude CESIR	29
3.1.1 Présentation de l'étude	29
3.1.2 Les données de l'étude CESIR	29
3.1.2.1 Source des données	29
3.1.2.2 Procédure d'appariement	30
3.1.3 Les défauts d'attention dans l'étude CESIR	32

3.1.3.1	La classification ATC	32
3.1.3.2	Caractérisation de l'exposition	32
3.1.4	Traumatismes non intentionnels dans CESIR	33
3.2	Étude PIAAC/ATLAS	34
3.2.1	Présentation de l'étude	34
3.2.2	Le recueil des données	34
3.2.3	Les défauts d'attention dans l'étude PIAAC/ATLAS	35
3.2.4	Traumatismes non intentionnels dans PIAAC/ATLAS	38
3.3	Étude MAVIE	40
3.3.1	Présentation de l'étude	40
3.3.2	Inscription à l'étude	40
3.3.3	Recueil et sécurisation des données	42
3.3.4	Les défauts d'attention dans l'étude MAVIE	43
3.3.5	Traumatismes non intentionnels dans MAVIE	53
3.4	Conclusion	54
4	Résultats	55
4.1	Étude du lien entre consommation de médicaments et risque d'accident chez les piétons	56
4.1.1	Avant-propos	56
4.1.2	Résultats de l'étude	56
4.1.3	Conclusion	78
4.2	Étude du lien entre distractions et responsabilité de l'accident	79
4.2.1	Avant-propos	79
4.2.2	Résultats de l'étude	79
4.2.3	Conclusion	103
4.3	Étude du lien entre défauts d'attention et accidents de la vie courante . . .	104
4.3.1	Mind-wandering trait et risque d'AcVC	105
4.3.1.1	Avant-propos	105
4.3.1.2	Résultats de l'étude	105
4.3.1.3	Conclusion	128
4.3.2	Lien entre caractéristiques neuropsychologiques et AcVC	129
4.3.2.1	Contexte	129
4.3.2.2	Résultats de l'étude	129
4.3.2.3	Conclusion	153
	Conclusion	154
	Références	156
	Annexes	166
	Annexes A Étude PIAAC/ATLAS	167
A.1	Questionnaire standardisé de la phase PIAAC	168
	Annexes B Étude MAVIE - Tests en ligne	185
B.1	Configuration des niveaux du test Tour de Londres	186

B.2	Mails d'invitation à passer les tests en ligne	187
B.3	Page présentation du test Go - No Go	188
B.4	Page bilan du test Go - No Go	189
B.5	Page présentation du test Go - No Go / Mind-Wandering	190
B.6	Page bilan du test Go - No Go / Mind-Wandering	191
B.7	Page présentation du test de la Tour de Londres	192
B.8	Page bilan du test de la Tour de Londres	193

Liste des tableaux

1.1	Distraction au volant et risque d'accident, d'après les études naturalistes de Klauer et al. (2006) et Dingus et al. (2016)	23
3.1	Classification ATC illustrée avec l'exemple du Flurazepam	33
3.2	Les 5 items du Mind-wandering Questionnaire	44
3.3	Résumé des sources de données et des variables étudiées dans le cadre de ce travail de thèse	54

Liste des figures

1.1	Graphique de l'évolution de la mortalité routière entre 1952 et 2016	9
1.2	Schématisation du modèle de Van Zomeren et Brouwer	13
1.3	Les niveaux de pictogramme	21
3.1	Les étapes de la procédure d'appariement	32
3.2	Extrait de la section portant sur les distractions	37
3.3	Illustration du rôle d'un référent au sein de l'étude MAVIE	41
3.4	Illustration des différents onglets qui composent le questionnaire individu .	42
3.5	Illustration d'un espace volontaire du site MAVIE	43
3.6	Illustration des stimuli Go et No Go	46
3.7	Illustration du déroulé du test Go - No Go	47
3.8	Illustration d'un stimulus et de l'élément de transition du test Go-No Go/Mind-Wandering	48
3.9	Élément annonçant un sondage de pensées dans le test Go-No Go/Mind- Wandering	48
3.10	Sondage de l'état d'esprit pour chacun des blocs du test Go-No Go/Mind- Wandering	49
3.11	Illustration du test de la Tour de Londres	50
3.12	Illustration des vignettes d'accès aux tests en ligne	52
3.13	Illustration de la procédure simplifiée de demande de nouvelles	53

Liste des abréviations

AcVC Accidents de la Vie Courante.

AGIRA Association pour la Gestion des Informations sur le Risque en Assurance.

ANSM Agence Nationale de Sécurité du Médicament des Produits de Santé.

ATC classification Anatomique, Thérapeutique et Chimique.

ATLAS Attention Related Traffic Low Attentional Status.

BAAC Bulletins d'Analyse des Accidents Corporels.

CANTAB Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery.

CESIR Combinaison d'Études sur la Santé et l'Insécurité Routière.

CNAM-TS Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés.

CNIL Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés.

EPAC Enquête permanente sur les accidents de la vie courante.

GNG Test Go-No Go.

GNG/MW Test Go-No Go / Mind-Wandering.

IETO Injury epidemiology, transport, occupation.

IFSTTAR Institut Français des Sciences et Technologies des TRansports, de l'Aménagement et des Réseaux.

Inpes Institut National de Prévention et d'Éducation pour la Santé, Santé Publique France depuis mai 2016.

Inserm Institut national de la santé et de la recherche médicale.

InVS Institut de veille sanitaire, Santé Publique France depuis mai 2016.

IRDES Institut de Recherche et de Documentation en Économie de la Santé.

MAVIE Mutualistes pour la recherche contre les Accidents de la VIE.

NIR Numéro d'Inscription au Répertoire des personnes physiques.

OMS Organisation Mondiale de la Santé.

ONISR Observatoire national interministériel de la sécurité routière.

PIAAC Prévalence et Impact des Activités Annexes à la Conduite sur le risque d'accident.

PV Procès-Verbaux.

SART Sustained Attention to Response Task.

SISTM Équipe Statistiques pour la médecine translationnelle ou Statistics In Systems Biology and Translational Medicine en anglais.

SNIIR-AM Système national d'Information Inter-Régimes de l'Assurance Maladie.

TDL Test Tour De Londres.

Introduction

Les traumatismes non intentionnels représentent un enjeu majeur de santé publique compte tenu de leur importance en termes de morbidité et de mortalité. Les accidents de la route et les Accidents de la Vie Courante (AcVC) constituent la grande majorité de ces traumatismes.

Contrairement à ce que sous-entend l'utilisation du terme "accident", ils ne sont pas juste la conséquence non évitable du destin. Ainsi, en France, l'initiation d'une véritable politique de lutte contre l'insécurité routière à partir des années 1970 a permis de diviser par 5 le nombre de tués sur les routes alors que, dans le même temps, le trafic routier était plus que doublé [1]. Aujourd'hui, la mortalité routière tend cependant à se stabiliser en France. De même, malgré une diminution du nombre de tués sur les routes de 20% entre 2010 et 2017, l'objectif de l'Union Européenne visant à réduire de moitié la mortalité routière entre 2010 et 2020 semble loin d'être atteint [2, 3].

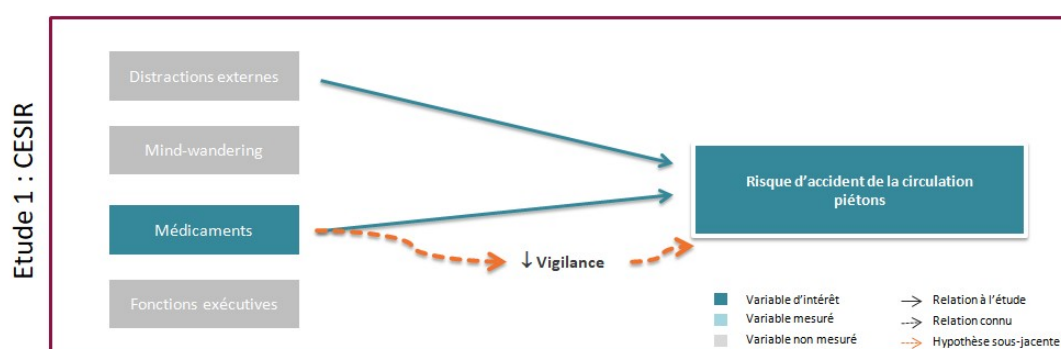
En ce qui concerne les AcVC, en France les actions visant à les prévenir et/ou à limiter leurs conséquences ont principalement consisté en des mesures de prévention ponctuelles et ciblées. Pour mieux sensibiliser la population à ce risque et favoriser la mise en place de politiques nationales d'information et de prévention, des initiatives ont alors émergé ces 10 dernières années. Parmi elles, la candidature du Collectif inter-associatif de Lutte contre les Accidents de la Vie Courante (CLAC) pour tenter de faire de ces accidents la Grande Cause Nationale de l'année 2013.

Cependant, la lutte contre l'insécurité routière et les AcVC ne peut être efficace sans une bonne connaissance de ces accidents et de leurs facteurs de risque. Parmi ces facteurs potentiels, l'attention occupe aujourd'hui une place centrale dans le domaine de l'accidentologie routière. En effet, l'attention est requise pour la réussite, en toute sécurité, de la plupart des tâches de la vie quotidienne, dont la conduite. Certains facteurs pouvant entraîner une baisse du niveau de vigilance (p. ex. la consommation de certains médicaments) ou un détournement de notre attention (p. ex. les distractions) ont ainsi été identifiés comme étant des facteurs contributifs à une part substantielle des accidents de la route. C'est le cas des benzodiazépines ou encore de l'usage du téléphone portable au volant dont le risque pour la conduite est aujourd'hui bien documenté et pour lesquels des mesures ont d'ores et déjà été prises dans de nombreux pays, dont la France, pour tenter de limiter l'exposition à ces risques (pictogrammes sur les boîtes de médicaments, interdiction du téléphone portable au volant). Cependant, si de nombreux travaux émergent sur les défauts d'attention dans la survenue d'accident de la route, des questions demeurent en suspens.

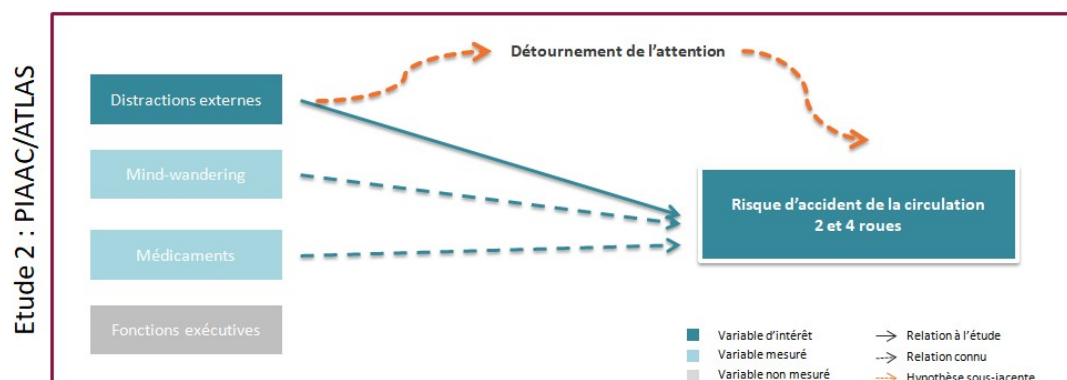
Par ailleurs, si les défauts d'attention sont soupçonnés d'être à l'origine d'une part non négligeable des accidents de la route, qu'en est-il des autres accidents de la vie quotidienne ? En dehors des études sur le risque de chute chez les personnes âgées, cette question a peu été étudiée dans la littérature. Pourtant, nombre de ces AcVC surviennent lors de la pratique d'une activité qui nécessite la mise en jeu de ce processus complexe qu'est l'attention et, par conséquent, pourraient être à risque lorsque celle-ci est diminuée ou détournée. Dans une étude réalisée parmi les salariés d'une entreprise française de gaz et d'électricité, le manque d'attention a été reporté dans près de 30% des accidents analysés, suggérant ainsi que la problématique des défauts d'attention dans la survenue d'AcVC mérite en effet d'être investiguée au-delà du risque de chute en population âgée [4].

Ce travail de thèse a ainsi pour objectif principal d'étudier, au travers d'études épidémiologiques, le rôle des défauts d'attention dans le risque de survenue de traumatismes non intentionnels. Il s'agit d'explorer des questions restées en suspens en accidentologie routière tout en élargissant la problématique des défauts d'attention à ces accidents moins connus que sont les AcVC.

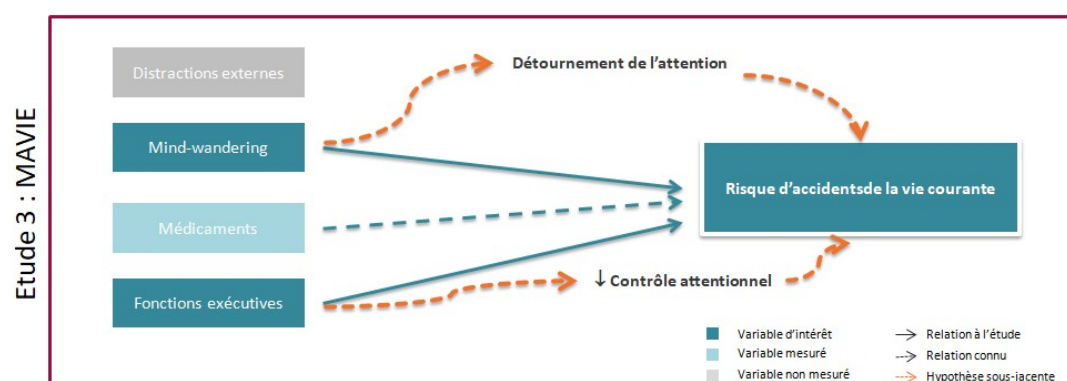
Dans le cadre d'une première étude, on s'intéresse au lien entre la consommation de médicaments et le risque d'accident de la route chez les piétons. Cette étude s'appuie sur les données du projet CESIR, un appariement entre les données de remboursement des caisses d'assurance maladie avec les données sur les accidents corporels recueillies par les forces de l'ordre (Bulletins d'Analyse des Accidents de la Circulation et Procès-Verbaux).



Dans une seconde étude, nous nous intéressons à la problématique des distractions externes dans la survenue des accidents de la route en se focalisant sur le type de demande générée par l'activité secondaire (p. ex. manuelle, visuelle). Cette seconde étude repose sur l'analyse de données issues d'une étude de responsabilité réalisée au sein du service des urgences adultes du CHU de Bordeaux dont le recrutement s'est effectué en deux phases (phase ATLAS, phase PIAAC).



Enfin, le dernier axe d'étude de cette thèse porte sur les défauts d'attention dans la survenue des AcVC. Elle se base sur les données de l'étude MAVIE, une cohorte prospective en ligne sur la survenue d'AcVC en France. Les défauts d'attention sont étudiés tout d'abord sous l'angle d'une distraction interne, le mind-wandering, à partir de données auto-reportées par le biais d'un questionnaire à l'inclusion. Dans un second temps, ils sont étudiés à partir de données issues de tests neuropsychologiques non supervisés et se focalisent sur les fonctions exécutives - l'inhibition et la planification - ainsi que sur le mind-wandering mesuré *via* une tâche d'attention soutenue.



1 | Cadre théorique

1.1 Les traumatismes non intentionnels

1.1.1 Définitions

Traumatismes et accidents

Selon la définition couramment utilisée par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), le traumatisme est « une blessure causée par l'exposition aiguë à des agents physiques comme l'énergie mécanique, la chaleur, l'électricité, les produits chimiques et les rayonnements ionisants qui interagissent avec les corps dans des proportions ou à une vitesse qui dépassent le seuil de tolérance humaine. Dans certains cas (noyade, gelures), les traumatismes résultent de la privation subite d'un agent essentiel comme l'oxygène ou la chaleur » [5]. L'étude des traumatismes est donc un champ particulièrement large incluant les chutes, les brûlures, les noyades ou encore les homicides.

On distingue généralement les traumatismes intentionnels des traumatismes non intentionnels. Les premiers regroupent l'ensemble des traumatismes résultant d'une volonté délibérée de nuire à autrui ou à soi-même. Les agressions, les tentatives de suicides et les homicides sont des exemples de traumatismes intentionnels. En l'absence de volonté délibérée de nuire, on parle de traumatismes non intentionnels. Ces derniers regroupent :

- les accidents du travail ;
- les accidents de la route ;
- les accidents de la vie courante.

La distinction entre traumatisme intentionnel et traumatisme non intentionnel n'est pas toujours claire. Par exemple, un accident en partie lié à une prise de risque peut être considéré comme en partie intentionnel. De même, la distinction entre les 3 types d'accidents qui composent les traumatismes non intentionnels est parfois floue. Un accident de la route peut être à la fois un accident de la route et un accident du travail. De même, une chute de vélo sur la route peut à la fois être considérée comme un accident de la route, un accident de la vie courante ou encore un accident du travail si celle-ci survient sur le chemin du travail (dit accident de trajet).

On peut également noter l'utilisation conjointe des termes « traumatisme » et « accident » dans ces définitions. De nombreux pays, notamment les pays anglo-saxons, ainsi que l'OMS privilégient le terme « *injury* » (qui peut se traduire par traumatisme, blessure) à celui d'« accident ». On parle ainsi de *road traffic injuries* pour les accidents de la route et de *home and leisure injuries* pour parler des accidents de la vie courante. Le terme traumatisme a la particularité d'inclure à la fois l'évènement et ses conséquences. De plus, l'utilisation du mot « traumatisme » évite la confusion sur la fatalité de l'évènement au contraire du terme « accident » qui connote le hasard et l'imprévisible. En effet, la définition même de l'accident évoque cette idée de fatalité « tout évènement indépendant de la volonté humaine, caractérisé par la libération soudaine d'une force extérieure, qui peut se manifester par une blessure corporelle » [6]. Le choix de privilégier un terme par rapport à l'autre n'est pas anodin. En effet, l'identification des facteurs associés à l'occurrence d'un évènement est un prérequis à toute élaboration d'actions de prévention. Or, si

aujourd'hui la capacité à prévenir une partie non négligeable des accidents de la route est globalement reconnue, ce n'est pas le cas des accidents de la vie courante. Ces derniers demeurent encore largement méconnus et souvent considérés comme l'effet du destin et par conséquent inévitables. Pourtant, on sait aujourd'hui qu'une part substantielle de ces accidents pourrait être évitée par une meilleure connaissance de ces accidents ainsi que par le biais de mesures de prévention.

— Pour la suite de ce mémoire —

Ce travail de thèse se focalise uniquement sur les traumatismes non intentionnels et plus particulièrement sur deux d'entre eux ^a :

1. les accidents de la route,
2. les accidents de la vie courante.

a. En France, les accidents du travail relèvent du droit du travail français. Ils font ainsi l'objet de traitements et de procédures particuliers au sein des régimes de sécurité sociale. Dans le cadre de ce travail, nous n'avons pas accès aux données sur ces accidents

Les accidents corporels de la circulation

Parmi les accidents de la circulation, seuls les accidents corporels ont été étudiés dans le cadre de ce travail. Dans un arrêté du 27 mars 2007 relatif aux conditions d'élaboration des statistiques relatives aux accidents corporels de la circulation, l'accident corporel (mortel ou non) de la circulation routière est défini comme un « accident qui survient sur une voie ouverte à la circulation publique, qui implique au moins un véhicule routier, et qui provoque au moins une victime » [7].

Parmi les victimes des accidents corporels de la circulation, on distingue :

- les indemnes ;
- les blessés correspondant aux victimes ayant subi un traumatisme nécessitant un traitement médical (hospitalisées ou non) ;
- les tués correspondant aux victimes déclarées décédées sur le coup ou dans les 30 jours qui suivent l'accident.

Les accidents de la vie courante

Il n'existe pas de définition propre aux accidents de la vie courante (AcVC), qui sont le plus souvent définis à partir de ce qu'ils ne sont pas. Ainsi, le terme AcVC désigne tout traumatisme non intentionnel qui n'est ni un accident de la circulation, ni un accident du travail. Cette définition a été définitivement adoptée puisqu'elle est celle qui a été utilisée dans l'article 63 de la loi sur la modernisation de notre système de santé datant de janvier 2016 [8].

Les AcVC sont parfois étudiés selon le mécanisme de survenue de l'accident (p. ex. chute, brûlure), selon le lieu de l'accident (p. ex. scolaire, domestique) ou encore l'activité à l'origine de l'accident (p. ex. bricolage, sport). En tenant compte des deux derniers critères, l'Institut de Veille Sanitaire (InVS, Santé Publique France depuis mai 2016) distingue [9] :

- les accidents domestiques correspondant aux accidents survenant à la maison ou dans ses abords immédiats ;
- les accidents survenant à l'extérieur (p. ex. trottoirs, magasins) ;
- les accidents scolaires incluant les accidents survenant lors du trajet, durant les heures d'éducation physique et dans les locaux scolaires ;
- les accidents de sport, de jardinage et de bricolage ;
- les accidents de vacances et de loisirs.

1.1.2 Données chiffrées sur les traumatismes non intentionnels

Les traumatismes

Chaque année, les traumatismes sont à l'origine de plus de 5 millions de décès dans le monde (soit 9% du total des décès) [10]. Les pays à faible niveau de revenu sont particulièrement touchés avec un taux de mortalité d'environ 90 pour 100 000 habitants contre un peu moins de 60 pour 100 000 habitants dans les pays à haut niveau de revenu [10]. Les traumatismes non intentionnels constituent la majorité de ces décès par traumatisme. Selon un rapport de l'OMS, ils représentaient à eux seuls 72% des causes de décès par traumatisme dans le monde en 2012 [10].

Dans de nombreux pays Européens ainsi qu'au États-Unis ou encore au Canada, des systèmes de surveillance des traumatismes nécessitant un recours aux urgences ont été implémentés dans les hôpitaux. Les données des certificats de décès constituent également une source d'information précieuse dans l'étude des traumatismes. Utilisées dans le cadre d'une étude sur les principales causes de décès aux États-Unis, ces données ont permis d'établir que 146 571 personnes étaient décédées des suites d'un traumatisme non intentionnel (5,4% du total des décès) en 2015, faisant de ces traumatismes la 4^e cause de décès dans ce pays [11]. La part des traumatismes non intentionnels dans la mortalité était plus importante chez les hommes et chez les personnes de 1 à 44 ans. Les traumatismes non intentionnels représentaient ainsi la 3^e cause de décès (parmi ceux dont la cause est connue) chez les hommes contre la 6^e chez les femmes. Dans les 3 tranches d'âge correspondant aux moins de 45 ans (1-9 ans, 10-24 ans et 25-44 ans), les traumatismes non intentionnels comptaient pour plus de 30% des décès, faisant d'eux la 1^{re} cause dans ces tranches d'âge.

Au sein de l'Union européenne, les traumatismes constituent la 4^{ème} cause de décès, derrière les maladies cardiovasculaires, les cancers et les maladies respiratoires [12]. Les traumatismes non intentionnels représentent 64% de ces décès par traumatisme en Europe. Ces traumatismes ont également des conséquences importantes en termes de morbidité. Avec plus de 5 millions d'hospitalisations et plus de 32 millions de recours aux urgences, les traumatismes sont aussi la cause principale d'incapacité chronique chez les plus jeunes et d'une perte significative en terme d'années de vie en bonne santé [12].

Disponibilité des données et connaissance de ces traumatismes en France

En France, les traumatismes ont été à l'origine de 37 175 décès en 2012, faisant d'eux la 3^e cause de décès derrière les cancers et les maladies cardiovasculaires [13]. On note une forte disparité en termes de connaissance et de disponibilité des données sur les traumatismes.

Les accidents de la circulation sont, en France comme dans de nombreux pays, un champ actif de recherche et font l'objet de bilans statistiques fréquents. Les Bulletins d'Analyse des Accidents Corporels de la Circulation (BAAC), recensant les accidents corporels de la circulation survenus en France et pour lesquels les forces de l'ordre se sont déplacés, sont utilisés à des fins de recherches ainsi que pour établir les bilans statistiques annuels de l'Observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR).

Les sources de données sur les accidents de la vie courante demeurent rares. En France, les données sont principalement issues de l'Enquête permanente sur les accidents de la vie courante (EPAC) de l'InVS qui recueillent les données des patients pris en charge aux urgences suite à un AcVC dans un des hôpitaux volontaires [14] et d'enquêtes transversales telles que le Baromètre Santé de l'Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (Inpes, Santé Publique France depuis mai 2016) ou L'enquête Santé et Protection Sociale réalisée par l'Institut de Recherche et de Documentation en Économie de la Santé (IRDES). Depuis novembre 2014, l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) et Calyxix (centre de ressources et d'expertise dédié à la prévention des risques à la personne et en lien avec les agences gouvernementales et les laboratoires de recherches français) ont lancé l'Observatoire MAVIE, une étude de cohorte populationnelle visant à suivre la survenue d'AcVC.

Les accidents corporels de la circulation

En 2012, les accidents de la route représentaient la 9^{ème} cause de décès dans le monde [10]. Selon l'OMS, leur part dans la mortalité devrait continuer à augmenter dans les années à venir pour atteindre la 7^{ème} place d'ici 2030 [10]. Il existe de fortes disparités selon le niveau de revenu des pays avec un taux de mortalité qui est plus de 2 fois supérieur dans les pays à faible et moyen niveau de revenu que dans les pays à haut niveau de revenu [15]. Cette disparité apparaît comme d'autant plus forte si l'on tient compte du fait que, si ces pays abritent 82% de la population mondiale, ils ne représentent que 54% des véhicules motorisés enregistrés dans le monde. Globalement, on observe une baisse de la mortalité routière dans le monde depuis 2010, particulièrement dans les pays développés.

Le bilan annuel de l'ONISR pour l'année 2016 fait état de 59 432 accidents corporels de la circulation survenus en France [1]. Ces accidents ont été à l'origine de 3 655 décès (dans les 30 jours suivant l'accident) et plus de 75 000 blessés. Les jeunes sont particulièrement concernés. En effet, les accidents de la route constituent la première cause de mortalité chez les 18-24 ans en France et dans le monde [1, 15]. Parmi l'ensemble des usagers de la route, les piétons comptent parmi les usagers les plus vulnérables. Ils représentent 16% des morts sur la route et 15,8% des blessés hospitalisés en France [1].

Depuis le début des années 1970, la mise en place de politiques de prévention (p. ex. SAM (pour « Sans Accident Mortel ») - « Celui qui conduit, c'est celui qui ne boit pas ») et de répression (p. ex. port de ceinture obligatoire, mise en place d'un taux maximum d'alcool autorisé, mise en place de limitations de vitesse) ont été un levier majeur dans l'amélioration des comportements sur la route. Combinées à une amélioration des infrastructures et véhicules ainsi qu'à une meilleure prise en charge des blessés, ces mesures ont contribué à faire passer le nombre de tués à 30 jours par milliard de kilomètres parcourus de 77 en 1972 à 7 en 2010 (Figure 1.1) [1]. Cette baisse s'est poursuivie jusqu'en 2013 et tend, depuis lors, à se stabiliser voire à de nouveau augmenter.

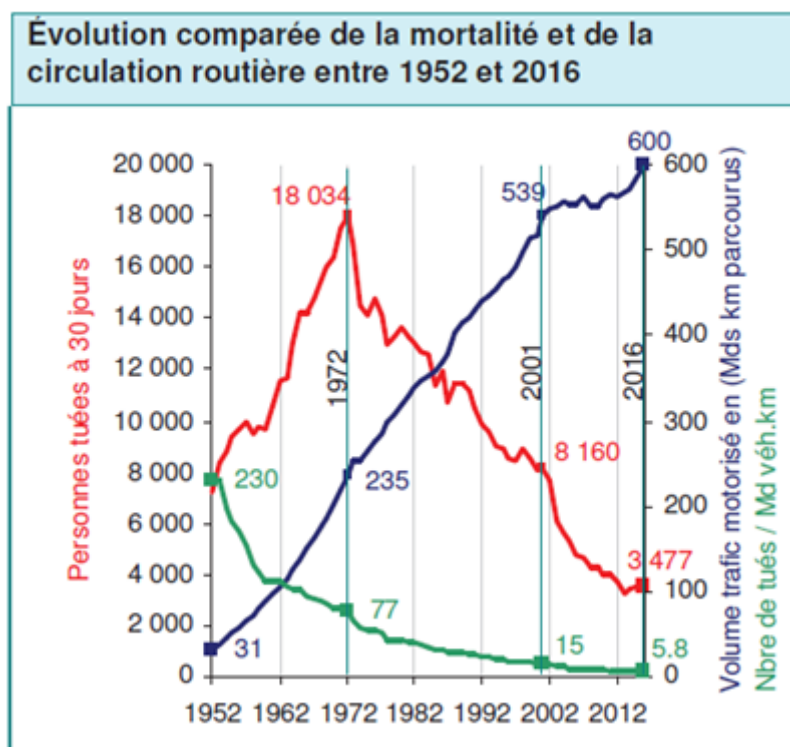


Figure 1.1 – Graphique de l'évolution de la mortalité routière entre 1952 et 2016

Les AcVC

En Europe, les AcVC ont représenté 79% de l'ensemble des traumatismes non intentionnels survenus entre 2012 et 2014 [12]. En France, les AcVC constituent un problème majeur de santé publique à l'origine de près de 20 000 décès chaque année et plus de 5 millions de recours aux urgences [13, 16]. En 2012, le taux de mortalité par AcVC standardisé en France métropolitaine était de 28,1 pour 100 000 habitants [13].

Les AcVC ont la particularité de pouvoir toucher toute la population, sans restriction d'âge ou de niveau de revenu. Toutefois, les personnes âgées et les enfants sont les principales victimes de ces accidents. Les AcVC constituent la 1^{re} cause de décès chez les enfants de 1 à 14 ans [12, 13]. Chez les personnes âgées, les AcVC sont une cause importante de décès en France et en Europe [12, 13]. Les personnes âgées de 65 ans et plus ont représenté 78% des décès par AcVC en 2012 en France [13].

La chute, la suffocation, la noyade et l'intoxication sont les principaux mécanismes à

l'origine de décès par AcVC [13]. Des différences existent en fonction de l'âge. Ainsi, si la chute est la 1^{re} cause de décès par AcVC toute population confondue et chez les 65 ans et plus, les décès par AcVC chez les moins de 25 ans résultent essentiellement de noyades [13].

L'enquête Santé et Protection Sociale, menée sur un échantillon aléatoire de la population générale de France métropolitaine et dont les données sont collectées par entretien (téléphonique ou face-à-face) puis par auto-questionnaire, a estimé à 17,2% le taux d'incidence annuel d'AcVC en 2012 [16]. Selon cette étude, les taux d'incidence ne différaient pas en fonction du sexe mais des différences apparaissaient lorsque l'âge était pris en compte. Ainsi, chez les hommes le taux d'incidence le plus élevé était mesuré chez les 15-24 ans (taux d'incidence brut trimestriel de 6%), décroissait pour atteindre son niveau le moins élevé chez les 45-64 ans puis augmentait de nouveau. Chez les femmes, le taux d'incidence diminuait entre 0-14 ans et 15-24 ans, puis se stabilisait chez les 25-64 ans avant de croître de nouveau pour atteindre son niveau le plus haut chez les 65 ans et plus (taux d'incidence brut trimestriel de 5,9%). En ce qui concerne les lieux et les activités à l'origine de ces AcVC, ils étaient le plus souvent des accidents domestiques (50,7%) et des accidents résultant de la pratique d'activités sportives ou de loisirs (26,5%). Le plus souvent, ces accidents étaient à l'origine d'entorses et de luxations (30,5% des AcVC) et un peu moins de la moitié des individus touchés a eu recours à des soins hospitaliers. Enfin, pour plus de 80% des accidentés, les traumatismes ont été à l'origine d'une limitation dans les 48h suivant l'accident (auto-reporté par les participants à l'étude). Les résultats en termes de lieu, de mécanisme et d'activité sont similaires à ceux de l'étude EPAC pour l'année 2016 [17]. Les résultats de l'étude EPAC, qui reposent sur les enregistrements exhaustifs des AcVC ayant entraîné un recours aux urgences dans les centres hospitaliers volontaires, doivent être considérés avec précaution puisqu'ils s'appuient uniquement sur une dizaine de centres hospitaliers parmi les 700 que compte la France.

L'enquête Baromètre Santé est une enquête téléphonique menée régulièrement par l'Inpes sur un échantillon représentatif de la population française résidant en France métropolitaine. L'enquête de 2010 menée chez les 15-85 ans comportait une partie sur les traumatismes non intentionnels. Au total, 10,3% des participants ont reporté la survenue d'un traumatisme non intentionnel dans les 12 derniers mois [18]. Sur l'ensemble des participants interrogés, 7,6% ont reporté un AcVC. Les accidents liés aux sports étaient principalement reportés jusqu'à 34 ans et survenaient deux fois plus fréquemment chez les hommes que chez les femmes.

Entre 2000 et 2012, le taux de mortalité annuel moyen par AcVC a diminué de 2,2% chaque année [13]. Cependant, il pourrait de nouveau augmenter dans les prochaines années du fait notamment du vieillissement de la population. Cette préoccupation n'est pas que française. En effet, les chutes qui constituent la première cause de décès par AcVC en France et qui occupaient la 21^e place des principales causes de décès dans le monde en 2012, devraient atteindre la 17^{ème} place d'ici 2030 selon l'OMS [10].

Conséquences économiques de ces accidents

Au-delà des conséquences en termes de mortalité et de morbidité, les traumatismes non intentionnels génèrent des coûts importants pour les victimes et leurs proches ainsi que pour la société.

En France, les bilans annuels de l'ONISR fournissent également des données chiffrées sur les coûts engendrés par les accidents de la route. Le coût lié aux accidents corporels de la circulation en France métropolitaine représenterait 38,3 milliards d'euros dont 11,3 milliards du fait de la mortalité [1]. À ces coûts s'ajoutent ceux des accidents non corporels (c.-à-d. les accidents uniquement matériels). Le coût total de l'insécurité routière serait ainsi de l'ordre de 50 milliards d'euros (soit 2,2% du PIB) [1].

En ce qui concerne les AcVC, les conséquences économiques de ces accidents ont été peu évaluées. Le coût moyen serait de l'ordre de 100 à 500 euros par accident et par an selon une étude de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAM-TS) réalisée en 1997 [19]. Cette étude n'est pas récente et sous-estime le coût total de ces accidents puisqu'elle ne prend en compte qu'une partie des coûts (coûts directs plus coûts directement liés aux arrêts de travail). Selon le Livre Blanc « Prévenir les accidents de la vie courante », les AcVC pourraient représenter jusqu'à 10% des dépenses de santé [20].

1.1.3 Conclusion

Les traumatismes non intentionnels constituent un enjeu important en santé publique en France et dans le monde. On observe une forte disparité en termes de connaissances et de données disponibles sur ces traumatismes. La prise de conscience individuelle et politique en matière de sécurité routière tarde à se faire pour les AcVC, encore souvent considérés (à tort) comme inévitables. Après une baisse substantielle de la mortalité routière depuis les années 70, la mortalité routière tend aujourd'hui à stagner. Les recherches dans ce domaine se sont donc orientées vers la recherche de nouveaux facteurs jusqu'ici peu, voire pas du tout, explorés. L'augmentation croissante de la place des nouvelles technologies dans notre vie quotidienne, y compris au volant, a naturellement orienté une part de ces recherches vers les défauts d'attention. Dans la section suivante, nous expliciterons ce que nous entendons par le terme « défaut d'attention ».

1.2 Attention et fonctions exécutives

Au quotidien, on mobilise nos capacités attentionnelles pour de nombreuses tâches comme la préparation d'un repas, la pratique d'une activité sportive ou encore la conduite. Derrière ce concept familier de l'attention se dissimule une notion complexe et multidimensionnelle qu'il est souvent difficile de définir. Les noms et définitions donnés aux concepts liés à l'attention varient dans la littérature entre les domaines et au sein d'un même domaine scientifique. Ces définitions différentes qui cohabitent rendent parfois difficile la comparaison des résultats entre études et soulignent l'importance de bien préciser le sens que l'on donne aux concepts utilisés lorsque l'on étudie l'attention. Cette section consiste en la présentation des concepts que nous utilisons dans le cadre de ce travail.

1.2.1 L'attention

1.2.1.1 Définition de l'attention

L'attention selon William James

En 1890, le psychologue William James fut l'un des premiers à donner une définition au terme attention. Selon lui, l'attention est « la prise de possession par l'esprit, sous une forme claire et vive, d'un objet ou d'une suite de pensées parmi plusieurs qui semblent possibles [...] Elle implique le retrait de certains objets afin de traiter plus efficacement les autres » [21]. De manière générale, l'attention correspond à la capacité à concentrer son activité mentale sur un objet déterminé, à distinguer les stimuli en lien avec la situation en cours de ceux qui ne le sont pas.

L'attention peut être vue comme la capacité à orienter nos ressources mentales sur une source d'information. C'est aussi ce qui nous permet de traiter, d'organiser et d'acquérir les informations en provenance de notre environnement.

Attention endogène versus exogène

L'orientation de l'attention peut se produire de plusieurs façons, impliquant alors des processus et un coût bien distincts.

On parle d'attention **endogène** pour désigner les situations où l'attention est orientée de manière intentionnelle par un individu vers un objet ou une tâche donnée. L'attention endogène résulte ainsi d'un processus contrôlé, conscient et durable qui génère un coût en termes de ressources attentionnelles.

On parle d'attention **exogène** lorsque l'attention est orientée vers un élément ou un objet de façon brusque et sous l'influence d'un signal (p. ex. visuel, auditif) provenant de l'environnement. La mise en jeu de l'attention est alors automatique, brève et difficile à inhiber provoquant souvent l'interruption de la tâche en cours de réalisation. Cette réorientation automatique ne nécessite aucun effort attentionnel et peut parfois s'avérer bénéfique en

permettant le signalement d'un changement brutal et potentiellement dangereux dans l'environnement. Par exemple, l'éclairage clignotant du cycliste qui va permettre d'attirer l'attention des autres usagers sur lui. Lorsque cette réorientation de l'attention résulte d'un distracteur donnant lieu à un désengagement de l'attention au détriment de la tâche que l'on est en train de réaliser, elle peut au contraire s'avérer nuisible. C'est le cas par exemple, lorsque la sonnerie du téléphone portable vient détourner l'attention du conducteur de la route.

1.2.1.2 Les dimensions de l'attention selon Van Zomeren et Brouwer

Plusieurs modèles ont été successivement proposés dans le but de théoriser ce qu'est l'attention et d'identifier ses composantes. Le modèle qui est présenté ici est celui de Van Zomeren et Brouwer (1994) [22]. Ce modèle a la particularité d'être le plus utilisé en pratique clinique. Il a également été utilisé à plusieurs reprises en accidentologie routière. Ce modèle semble donc particulièrement pertinent pour éclairer notre étude du lien entre les défauts d'attention au sens large et le risque de traumatismes non intentionnels.

Selon le modèle proposé par Van Zomeren et Brouwer, l'attention comprend plusieurs composantes qui se distribuent selon deux dimensions [22] :

1. la dimension intensité,
2. la dimension sélectivité.

Ces deux dimensions sont sous le contrôle du système attentionnel superviseur (SAS) dont le rôle est de contrôler, coordonner et répartir les ressources attentionnelles [23].

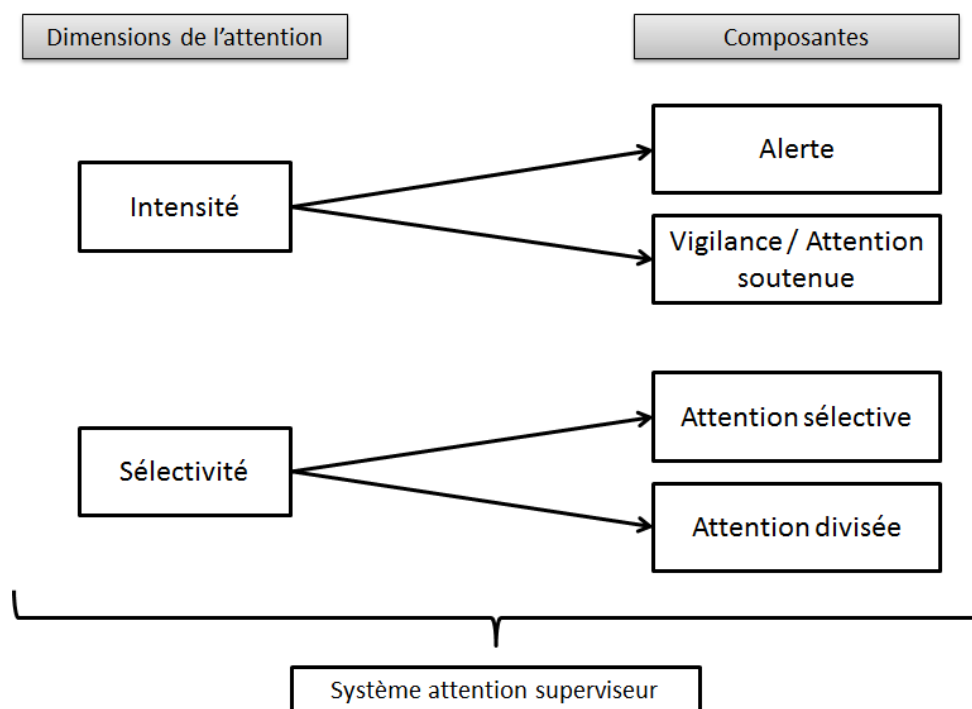


Figure 1.2 – Schématisation du modèle de Van Zomeren et Brouwer

Les composantes de la dimension intensité

La dimension intensité correspond à la notion de quantité de ressources attentionnelles qui va être mobilisée pour la réalisation d'une tâche. À la dimension intensité sont associés les concepts d'alerte phasique, de vigilance et d'attention soutenue.

L'**alerte phasique** correspond à un état de préparation en vue d'une action imminente [23]. Elle se traduit par une augmentation rapide du niveau attentionnel en réaction à un signal avertisseur (visuel, auditif ou les deux).

L'**alerte tonique** correspond à un changement plus lent du niveau d'éveil [23]. On lui associe le plus souvent les notions d'**attention soutenue** et de **vigilance** qui sont souvent utilisées de manière interchangeable. Elles correspondent à la capacité à maintenir un haut niveau d'attention sur une période de temps prolongée. Cependant, elle se distingue dans la fréquence des stimuli auxquels le sujet est confronté. Ainsi, l'attention soutenue correspond à des situations qui sont caractérisées par un nombre de stimuli à traiter élevé (p. ex. conduite en centre ville à une heure d'affluence). La vigilance est, quant à elle, mise en jeu dans les situations où le nombre de stimuli à traiter est faible. Par exemple, la conduite sur l'autoroute à une heure de faible affluence qui nécessite de rester vigilant pour doubler lorsque c'est nécessaire.

Les composantes de la dimension sélectivité

La seconde dimension du modèle de Van Zomeren et Brouwer réfère à la sélectivité de l'attention. Elle comprend également deux composantes qui sont l'attention sélective et l'attention divisée.

L'**attention sélective** (ou attention focalisée) correspond à la capacité à concentrer son attention sur un objet ou une information spécifique en inhibant l'information non pertinente provenant de stimuli extérieurs (p. ex. du bruit) ou intérieurs (p. ex. des pensées). L'attention sélective permet ainsi d'extraire l'information recherchée parmi un ensemble de distracteurs ou de trier des informations pour retenir les pertinentes.

L'**attention divisée** correspond à la capacité à partager son attention afin de traiter simultanément différentes tâches ou différentes sources d'information. L'attention divisée renvoie à la notion de ressources attentionnelles limitées. L'efficacité en double tâche va dépendre de deux facteurs qui sont le degré d'automatisation et le degré d'interférence. Si au moins l'une des deux tâches est routinière et, par conséquent, ne requiert pas ou très peu d'attention, cela permettra d'allouer d'avantage d'attention à la tâche simultanée plus complexe. Au contraire, si les deux tâches requièrent plus de ressources attentionnelles que celles dont dispose le sujet, la réalisation de l'une, voire même des deux tâches, risque d'être impactée.

Des dimensions étroitement liées

Le maintien de l'attention dans le temps et la sélectivité de l'attention sont deux dimensions étroitement liées. En effet, le maintien d'un niveau d'attention élevé sur une période de temps prolongée va nécessiter de focaliser son attention sur la tâche afin d'inhiber d'éventuels distracteurs, qu'ils proviennent de l'environnement ou du corps. De même, la mise en jeu de l'attention, qu'elle soit focalisée ou divisée, requiert un certain niveau de vigilance.

1.2.1.3 Les facteurs à l'origine de défauts d'attention

Les facteurs individuels altérant la dimension intensité de l'attention

Dans sa revue des facteurs pouvant affecter la vigilance, Ballard a identifié 3 grandes catégories de facteurs : les facteurs liés à la tâche (p. ex. sa durée, son caractère monotone), les facteurs liés à l'environnement (p. ex. le bruit, la présence d'autres personnes à côté) et les facteurs liés à l'individu (p. ex. la fatigue) [24].

Les facteurs individuels regroupent des caractéristiques individuelles comme l'âge, la fatigue, certaines pathologies (p. ex. insomnie, apnée du sommeil) ainsi que la consommation de substances psychoactives. L'OMS définit une substance psychoactive comme étant « une substance qui, lorsqu'elle est ingérée ou administrée, altère les processus mentaux, comme les fonctions cognitives ou l'affect » [25]. Les produits psychoactifs regroupent ainsi l'ensemble des produits qui ont un effet sur le cerveau. Cela comprend des produits illicites (le cannabis, la cocaïne) ainsi que des produits licites comme l'alcool et certains médicaments.

Parmi les substances psychoactives, l'effet de la consommation d'alcool est probablement celui qui a été le plus étudié, notamment par le biais d'études en laboratoire cherchant à mesurer l'effet de l'alcool sur diverses compétences liées à la conduite. Ces études reposent sur l'utilisation de tests de vigilance ou encore d'attention divisée et ont montré un effet sur la vigilance et le traitement de l'information pour des doses modérées à élevées d'alcool. En revanche, l'effet semble moins clair pour des doses d'alcool plus faibles [26–28]. De plus, le choix du ou des tests à utiliser ne fait pas consensus et est encore régulièrement discuté [27]. L'étude SAM visant à étudier le rôle de l'alcool et du cannabis dans la survenue des accidents mortels a permis d'identifier deux types de dégradation de la vigilance associée à l'usage de ces substances [28]. La première correspond à l'altération des capacités psychomotrices consécutive à la dégradation du niveau de vigilance entraînant un ralentissement cognitif [28]. D'autre part, la consommation de ces substances est également associée à une modification de la perception du danger se traduisant par une plus grande prise de risque.

De nombreux médicaments, incluant des médicaments délivrés sans ordonnance, peuvent également altérer le niveau de vigilance. Cette altération du niveau de vigilance peut être induite par les propriétés du médicament. Les hypnotiques, prescrits dans le traitement des troubles du sommeil, ou encore les anxiolytiques, prescrits dans le traitement de l'anxiété, ont des propriétés calmantes qui peuvent entraîner une diminution de la vigilance. Les

antidépresseurs peuvent, quant à eux, être à l'origine d'effets indésirables incluant la baisse de la vigilance. D'autres médicaments, dont certains prescrits dans le traitement des allergies ou encore de la toux, comptent la baisse de la vigilance parmi leurs effets indésirables potentiels. L'effet de ces médicaments psychoactifs est souvent différent d'un individu à un autre et souvent difficile à prévoir. De plus, lorsqu'ils provoquent une baisse de la vigilance, celle-ci peut rester non perceptible pour l'utilisateur jusqu'à ce qu'il se retrouve dans une situation qui lui demande de réagir à un événement imprévu [29]. Le risque peut être particulièrement élevé lors de l'initiation d'un traitement, d'une modification du traitement, lors d'une prise occasionnelle ou lorsqu'elle est associée à la prise d'autres psychotropes ou d'alcool [29, 30].

Les facteurs pouvant altérer la dimension sélectivité de l'attention

Les facteurs pouvant altérer la dimension sélectivité de l'attention sont des facteurs qui vont entraîner un détournement de l'attention au détriment de la tâche en cours de réalisation. Cela peut entraîner une ré-allocation totale pendant une durée plus ou moins longue de l'attention vers une autre tâche ou donner lieu à une situation de double tâche (attention divisée). Ces facteurs sont connus sous le nom de distraction, pouvant être interne (p. ex. pensées, émotions) ou externe (p. ex. téléphone).

Il est particulièrement important de définir ce que l'on entend par distraction et inattention. En effet, en accidentologie routière, deux visions s'opposent. Dans la première, la distraction d'un conducteur est considérée comme une des causes possibles d'inattention ; l'inattention est donc vue comme le résultat d'un processus plutôt qu'un processus lui-même [31]. La seconde désigne par inattention le défaut d'attention résultant des préoccupations personnelles [32]. Dans cette dernière, l'inattention désigne donc ce que nous avons appelé précédemment « distraction interne ». Ces auteurs distinguent les distractions internes dont la source se situe à l'intérieur du véhicule (ex : la radio) des distractions externes dont la source se situe à l'extérieur (ex : un panneau publicitaire). Ces définitions différentes qui cohabitent rendent parfois difficile la comparaison des résultats entre études et soulignent l'importance de bien préciser le sens que l'on donne aux concepts utilisés lorsque l'on étudie l'attention.

Les distractions externes sont l'ensemble des distractions causées par des stimuli provenant directement de l'environnement (p. ex. signaux visuels, auditifs). C'est le cas par exemple de l'usage du téléphone portable en traversant la route ou lorsqu'on conduit. Dans les études sur les accidents de la route, les distractions externes sont parfois étudiées en fonction de la demande qu'elles génèrent. La distraction visuelle correspond aux activités qui vont obliger le conducteur à quitter la route des yeux pour une période de temps plus ou moins longue (p. ex. SMS sur son téléphone, les panneaux de publicité le long des routes). Cette distraction va diminuer la capacité à détecter et réagir à un événement inattendu. On parle de distraction manuelle lorsque l'activité nécessite que le conducteur détache une ou ses deux mains du volant (p. ex. tenir son téléphone en main, insérer un CD ou une clé USB sur la radio) et ainsi délayer la réponse du conducteur. Enfin les distractions cognitives sont des activités qui détournent l'esprit des conducteurs de la conduite (p. ex. une conversation téléphonique). Le plus souvent, les activités secondaires

vont impliquer plusieurs formes de distraction. Par exemple, lire un message sur son téléphone est une activité qui génère à la fois une distraction visuelle (lire) et manuelle (tenir son téléphone, faire défiler le message).

Les distractions internes désignent les distractions provenant de l'individu (p. ex. sentiments, émotions). On s'intéressera particulièrement à une activité cérébrale désignée sous le terme de *mind-wandering* (« vagabondage de l'esprit ») qui correspond au fait de penser à autre chose qu'à la tâche que l'on est en train d'effectuer. Ce vagabondage de l'esprit est un phénomène commun puisqu'il occuperait 30 à 50% de notre temps éveillé [33, 34]. Ces pensées distractrices sont dirigées le plus souvent vers la planification d'actions futures ou la résolution de problèmes personnels [35–37]. Elles surviennent notamment lorsque l'esprit est au repos, que la tâche que l'on réalise est répétitive ou que la demande cognitive est faible [33, 37, 38]. Le *mind-wandering* a été associé à un gain en termes de créativité ou encore de planification du futur [35, 39–41]. Cependant, le *mind-wandering* peut également avoir un coût. Des études ont ainsi montré que les épisodes de *mind-wandering* étaient associés à de moins bonnes performances (p. ex. mémoire, compréhension lors de la lecture) ainsi qu'à un risque plus élevé d'accident [34, 36, 42, 43]. Le *mind-wandering* est à l'origine d'un découplage perceptuel [36]. Concrètement, cela se traduit par le fait que l'attention est redirigée vers des sources intrinsèques et par une diminution de l'attention portée aux stimuli provenant de l'environnement. Différentes méthodes ont été proposées pour mesurer le *mind-wandering*. Par exemple, des études ont cherché à étudier le *mind-wandering* *via* un test d'attention soutenue de type *Sustained Attention to Response Task* (SART) couplé à une mesure du *mind-wandering* [36]. Cette mesure peut se faire soit par des sondages de pensées qui viennent interrompre le sujet dans son test pour l'interroger sur ses pensées dans les quelques secondes avant l'interruption, soit de façon auto-rapportée par le sujet lorsqu'il détecte la survenue de pensées non liées au test [36, 44]. La principale différence réside dans le fait que, dans le second cas, le sujet doit être conscient de la survenue de *mind-wandering* et c'est donc ce *mind-wandering* conscient qui est mesuré. La mesure peut également se faire en fin de test afin de ne pas interrompre celui-ci [36, 45]. Enfin, des études épidémiologiques se sont intéressées au *mind-wandering trait* (c.-à-d. tendance à présenter du *mind-wandering* au quotidien, trait de personnalité) et/ou *état* (c.-à-d. présence de *mind-wandering* à un instant donné, état passager) dans la survenue d'accident de la route [43, 46]. Le *mind-wandering trait* est mesuré à l'aide d'un questionnaire (p. ex. *Mind-Wandering Questionnaire* [47]), tandis que le *mind-wandering état* est évalué en demandant au sujet de décrire ses pensées juste avant la survenue de l'évènement étudié [43, 46].

1.2.2 Les fonctions exécutives

Le terme « fonctions exécutives » renvoie à un ensemble de fonctions cognitives de niveau supérieur impliquées dans le contrôle et la régulation du comportement.

En 2004, Godefroy définissait les fonctions exécutives comme un ensemble de fonctions de haut niveau utilisées pour atteindre un but dans une situation non routinière, conflictuelles et/ou complexes [48].

Dans leur livre, Mazeau et Pouhet identifient trois types de situations nécessitant la mise

en jeu des fonctions exécutives [23] :

- les situations nouvelles ;
- les situations non routinières lorsque l'action n'est pas encore automatisée ;
- les résolutions de problèmes qui impliquent l'initiation d'une stratégie, la prise d'une décision, l'anticipation des implications et le jugement des résultats.

Toujours selon ces derniers, trois sous-systèmes au sein des fonctions exécutives peuvent être identifiés :

- l'attention ;
- la mémoire de travail qui ne sera pas développée ici mais qui correspond à la mémoire à court terme utilisée pour stocker et manipuler des informations temporairement en vue de réaliser une tâche ;
- l'inhibition et la planification.

L'**inhibition** correspond à la capacité à réfréner une réponse automatique ou écarter des stimuli non pertinents. Parmi les tests permettant de mesurer la capacité d'inhibition, le test Go - No Go est probablement le plus connu. Il existe de nombreuses variations de ce test mais son principe fondamental reste inchangé. Il s'agit de réagir le plus rapidement possible à l'apparition d'un stimulus cible (« stimulus Go ») tout en inhibant sa réponse à l'apparition du stimulus non cible (« stimulus No Go »).

La **planification** correspond à la capacité à construire et organiser mentalement une séquence d'action pour atteindre un but. Elle nécessite :

- l'identification du but et des étapes nécessaires pour l'atteindre,
- l'élaboration d'un plan d'action : les placer dans le temps, les ordonner (par priorité, par ordre chronologique)
- le contrôle de l'action et sa vérification

En 1982, Shallice a développé le test de La Tour de Londres pour mesurer la capacité de planification [49]. Ce test consiste à déplacer des boules sur 3 piquets afin de reproduire des configurations données en réalisant le minimum de déplacements.

1.2.3 Conclusion

Les sources de défauts d'attention sont nombreuses et peuvent provenir de l'environnement, de la tâche à effectuer ou encore de l'individu. Ces facteurs peuvent altérer la dimension intensité, et plus particulièrement la vigilance et/ou la dimension sélectivité de l'attention. Ces défauts d'attention pourraient donc présenter un risque lors de la réalisation d'activités de la vie quotidienne comme le déplacement à pied en ville ou encore la pratique d'activités sportives. Il semble donc pertinent de chercher à identifier et mesurer quelles sont les dimensions de ce que nous englobons sous le terme de « défauts d'attention » qui peuvent contribuer à la survenue de traumatismes.

1.3 Défauts d'attention et traumatismes non intentionnels

1.3.1 Défauts d'attention en accidentologie routière

La conduite est une tâche complexe qui nécessite le traitement simultané d'informations variées dans un environnement dynamique [28]. Par conséquent, elle requiert un certain niveau de vigilance et la mise en oeuvre efficace de processus attentionnels. Mais la conduite implique également une part importante d'automatismes et de situations monotones (p. ex. trajet pour se rendre au travail, conduite sur autoroute la nuit) propices à des défauts d'attention incluant la baisse de la vigilance ou le détournement de l'attention. Plusieurs études ont mis en évidence le rôle important des défaillances attentionnelles (inattention, distraction) sur le risque d'accident. En 2006, l'inattention des conducteurs a été désignée comme facteur contributeur dans 78% des accidents et 65% des presque-accidents (accidents évités grâce à une manœuvre d'évitement) selon une étude naturaliste (c.-à-d. étude consistant à observer en continue et en situation réelle les comportements de conduite d'un échantillon de conducteurs) portant sur 100 véhicules [50]. L'inattention incluait un manque d'attention portée à la route, la fatigue et les activités secondaires à la conduite.

1.3.1.1 Facteurs pouvant altérer la dimension intensité de l'attention

La consommation d'alcool et l'usage de stupéfiants

Parmi les substances pouvant altérer la capacité à conduire, l'alcool est certainement celle qui a été la plus étudiée *via* des études en laboratoire et des études épidémiologiques. La dégradation des performances de conduite et l'augmentation du risque d'être impliqué dans un accident de la route associé à la consommation d'alcool sont aujourd'hui bien établies, avec une relation dose-dépendante [27, 51–53]. Cependant, il reste difficile d'établir un seuil à partir duquel l'alcool commence à dégrader les capacités de conduite [53]. C'est pourquoi, il existe encore aujourd'hui une forte disparité de législation entre les pays. Alors que de nombreux pays à l'Est de l'Europe appliquent une tolérance zéro (p. ex. Roumanie, République Tchèque), la limite autorisée est de 0,8 g/L en Angleterre et en Irlande du Nord. En France, c'est en 1970 avec la loi n° 70-597 du 9 juillet 1970 qu'est instauré pour la première fois un taux légal d'alcoolémie fixé à 1,2 g/L de sang. Depuis ce taux a plusieurs fois été révisé pour être finalement fixé à 0,5 g/L de sang. Depuis, juillet 2005, cette limite a été abaissée à 0,2g/L pour les conducteurs titulaires du permis probatoire. L'alcool reste, en effet, un facteur majeur dans la survenue des accidents de la route. Selon l'ONISR, l'alcool est la cause principale dans près de 19% des accidents corporels en France [1].

En ce qui concerne l'usage des stupéfiants sur la conduite, le cannabis est la substance qui a été la plus étudiée. Selon une revue de la littérature sur la consommation de substances psychoactives et la conduite, entre 5% et 25% des accidents impliquaient des conduc-

teurs positifs à une substance de type drogues et/ou médicaments (avec confirmation par prise de sang) [51]. Toujours selon cette revue de la littérature, le cannabis constituait la substance psychoactive la plus fréquemment consommée (hors alcool). Le cannabis a été associé à une altération des fonctions cognitives et des performances en conduite [54, 55]. Les résultats des études épidémiologiques suggèrent une augmentation du risque lors de la consommation de cannabis mais plus faible que pour l'alcool, avec un risque qui augmente lorsque ces deux substances sont consommées ensemble [51, 56–58]. En France, l'étude SAM (Stupéfiants et Accidents Mortels de la circulation routière) qui a porté sur 10 748 conducteurs impliqués dans un accident mortel entre 2001 et 2003 a montré que la consommation de cannabis était associée à un risque plus élevé d'être responsable d'un accident [56]. Le pourcentage d'accidents mortels attribuable à la consommation de cannabis a été estimé à 2,5% et 28,6% pour l'alcool. Deux méta-analyses publiées en 2012 ont montré des résultats similaires pour ce qui est de l'effet du cannabis seul [57, 59]. Cependant, une partie des études observationnelles incluses dans ces méta-analyses ne tenait pas compte du facteur alcool, deux substances souvent co-consommées chez les utilisateurs de cannabis, et dont les effets peuvent être difficiles à distinguer. Une méta-analyse plus récente a distingué les études selon la prise en compte ou non du facteur alcool et a montré un effet du cannabis sur le risque d'être impliqué dans un accident plus faible (OR=1,18 ; IC95% 1.07 - 1.3) pour les études ajustant sur la consommation d'alcool que sur celles qui n'en tenaient pas compte (OR=1,69 ; IC95% 1.15 - 2.28). Ceci tend à confirmer le sur-risque lors de la consommation combinée d'alcool et de cannabis [58].

La consommation de médicaments

La prise de médicaments peut impacter la pratique de certaines activités comme la conduite, du fait des effets secondaires ou indésirables qu'il provoque, ou des substances agissant sur le cerveau qu'il contient. Ainsi, la consommation de médicaments peut être associée à une baisse de la vigilance, une baisse de l'attention, un ralentissement des réflexes ou encore provoquer de la somnolence. Ces effets peuvent être plus ou moins forts selon les caractéristiques du médicament, de la dose ainsi que de l'individu qui le prend. De nombreuses études ont cherché à étudier le risque lié à la consommation de médicaments lors de la conduite d'un véhicule.

Les benzodizépines sont probablement les médicaments dont le risque sur la conduite est aujourd'hui le mieux documenté [60–65]. D'autres médicaments ont également été étudiés incluant les antidépresseurs [61, 64–68], les opioïdes utilisés comme anti-douleurs et en substitution à la dépendance [62, 64, 69, 70] et des médicaments cardiovasculaires [71, 72]. Une augmentation du risque a été mise en évidence dans ces études excepté pour une étude [71] qui n'a pas montré d'association entre les inhibiteurs calciques et le risque d'accident, et deux études [62, 70] pour lesquelles une augmentation de risque avec la consommation d'opioïdes était observée, mais non significative.

En 1999, afin de mieux alerter sur les dangers associés à la consommation de certains médicaments, l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps, devenue Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé ANSM en 2012) a développé une classification des médicaments présentant un « risque potentiel

pour la conduite d'un véhicule ou lors de l'exécution de tâches nécessitant une attention soutenue, de la précision ou le respect de consignes de sécurité » [73]. Cette graduation a été graduellement appliquée depuis 2005. Les médicaments sont classés selon 4 niveaux de risque allant de 0 (aucun risque ou risque négligeable) à 3 (risque majeur). Pour les médicaments comportant un risque non nul, un pictogramme est apposé sur la boîte afin d'informer les utilisateurs (voir Figure 1.3). Parmi les médicaments de niveau 2, on retrouve les antidépresseurs, la majorité des anxiolytiques ainsi que des médicaments du diabète. Les pictogrammes de niveau 3 concernent notamment l'ensemble des hypnotiques ainsi que de nombreux neuroleptiques hypnotiques.

Le projet CESIR (Combinaison d'Études sur la Santé et l'Insécurité Routière) a permis de valider cette classification [74]. L'étude a ainsi montré une augmentation du risque d'être responsable d'un accident corporel de la route associé à la consommation de médicaments de niveau 2 (OR=1,31 IC95% [1,24-1,40]) et de niveau 3 (OR=1,25 IC95% [1,12-1,40]). La part attribuable des médicaments de pictogramme 2 et 3 sur les accidents corporels de la circulation a été estimée à un peu plus de 3% [74].



Figure 1.3 – Les niveaux de pictogramme

Si l'existence d'un risque associé à la consommation de certains médicaments est reconnue chez les conducteurs, il reste cependant peu exploré chez d'autres usagers et notamment chez les piétons. En 2003, le Bureau australien de la Sécurité des Transports a estimé que 5,4% des hommes piétons âgés de 15 à 54 ans tués dans un accident de la route entre 1997 et 1999 avaient consommé des benzodiazépines tranquillisants et 1,3% avaient consommé des antidépresseurs [75]. Les études disponibles dans la littérature restent descriptives et ainsi ne permettent pas de conclure à un éventuel rôle de ces médicaments dans les accidents de la route impliquant des piétons.

1.3.1.2 Facteurs pouvant altérer la dimension sélectivité de l'attention

Les distractions externes

En accidentologie routière, la distraction qui a été la plus étudiée reste probablement l'usage du téléphone portable au volant [76–83]. L'étude de l'effet du téléphone portable sur les performances de conduite suggère une dégradation des performances [82, 84]. L'usage du téléphone portable a également été associé à une augmentation du risque d'être impliqué dans un accident de la route [81, 82]. Compte tenu de ces études, plusieurs pays dont la France ont décidé l'interdiction de l'usage du téléphone portable tenu en main au volant. Concernant l'usage du kit mains libres, les résultats sont plus contrastés. Si certaines études ont montré que l'utilisation du kit mains libres n'était pas moins risquée que le téléphone tenu à la main [81–83], d'autres ont mis en évidence un effet neutre, voire

quasi protecteur, sur le risque d'accident/presque-accident [85–87]. En France, l'interdiction a été étendue, au 1^{er} juillet 2015, au « port à l'oreille, par le conducteur d'un véhicule en circulation, de tout dispositif susceptible d'émettre du son, à l'exception des appareils électroniques correcteurs de surdité » ce qui comprend les kit-mains libres [88].

L'usage du téléphone portable n'est pas la seule activité pouvant détourner l'attention des conducteurs. Des études observationnelles sur bord de route ont cherché à estimer la fréquence d'exposition à différentes activités secondaires à la conduite à un instant et dans un lieu donné. Une étude réalisée au Royaume-Uni a estimé que 16,8% des 10 984 conducteurs observés étaient exposés à une activité secondaire [89]. Les activités les plus fréquemment observées étaient le fait de discuter avec un passager (8,8%), de fumer (1,9%) et de parler avec un kit mains libres (1,7%). Le fait de téléphoner avec le téléphone tenu en main ne concernait que 1% des conducteurs observés. L'étude suggère également que les jeunes conducteurs s'exposeraient d'avantage à ces distractions. Des résultats comparables ont été trouvés dans une étude réalisée en Espagne en 2015 [90]. En France, 3,3% des automobilistes ont été observés le téléphone tenu à la main ou à l'oreille selon l'étude réalisée par l'ONISR, un chiffre en progression par rapport à celui observé en 2012 [91]. Ces études observationnelles présentent des limites, comme le fait de n'être qu'une photographie à un instant t de l'exposition à des distractions ou encore la difficulté que représente le fait d'identifier précisément la distraction (p. ex. un téléphone tenu en main mais éloigné de l'oreille peut signifier la lecture d'un SMS, l'écriture d'un SMS ou encore simplement le fait de reposer son téléphone après avoir mis fin à un appel). Cependant, ces études montrent que la distraction au volant concerne une part non négligeable des conducteurs.

Parmi les études sur la distraction au volant, l'étude « 100 car naturalistic-driving » est probablement la plus connue [92]. Elle est basée sur l'observation d'un peu plus de 100 automobilistes en situation de conduite visant à refléter leur comportement de tous les jours au volant dans un environnement urbain. Parmi les activités qui augmentaient le risque de survenue d'un accident/presque-accident, on retrouve le fait de tendre le bras pour saisir un objet en mouvement, le fait de regarder un objet situé à l'extérieur du véhicule ou encore le fait de lire (Tableau 1.1). Ces distractions ont pour point commun d'entraîner un détournement du regard de la route de façon répétée et/ou prolongée. Or les auteurs de cette même étude ont montré que détourner les yeux pendant plus de deux secondes de la route augmentait significativement le risque d'accident/presque-accident ($OR=2,19$ $IC_{95\%}$ [1,72-2,78]). La principale limite des études naturalistes est qu'elles ne comptent le plus souvent que très peu de « vrais » accidents, ce qui aurait pour conséquence de sous-estimer l'association réelle [93]. Plus récemment, une étude réalisée sur 3542 conducteurs a été la première à n'inclure que des accidents (accidents corporels et/ou matériels)[94]. Parmi les 905 accidents analysés, 68% impliquaient au moins une forme visible de distraction. Les résultats de cette étude sont, dans l'ensemble, similaires à ceux de l'étude « 100 car naturalistic-driving », notamment les activités nécessitant de quitter la route des yeux étaient celles qui étaient associées à un risque plus important (Tableau 1.1).

Tableau 1.1 – Distraction au volant et risque d'accident, d'après les études naturalistes de Klauer et al. (2006) et Dingus et al. (2016)

	Klauer et al. (2006) OR [IC95%]	Dingus et al. (2016) OR [IC95%]
Composer un numéro, téléphone tenu en main	2,79 [1,60-4,87]	12,2 [5,6-26,4]
Rédiger un message, téléphone tenu en main	-	6,1 [4,5-8,2]
Parler ou écouter avec le téléphone tenu en main	1,29 [0,93-1,80]	2,2 [1,6-3,1]
Naviguer sur son téléphone	-	2,7 [1,5-5,1]
Tendre le bras vers le téléphone portable	-	4,8 [2,7-8,4]
Tendre le bras vers un objet en mouvement	8,82 [2,50-31,16]	-
Tendre le bras vers un objet immobile	1,38 [0,75-2,56]	-
Tendre le bras vers un objet (mobile ou non)	-	9,1 [6,5-12,6]
Insecte dans le véhicule	6,37 [0,76-53,13]	-
Regarder un objet situé à l'extérieur du véhicule	3,70 [1,13-12,18]	7,1 [4,8-10,4]
Insérer ou récupérer un CD	2,25 [0,30-16,97]	-
Régler la radio	0,55 [0,13-2,22]	1,9 [1,2-3,0] ¹
Boire	1,03 [0,33-3,28]	1,8 [1,0-3,3] ²
Manger	1,57 [0,92-2,67]	1,8 [1,1-2,9]
Se maquiller	3,13 [1,25-7,87]	-
Se coiffer	0,37 [0,05-2,65]	-
Autre activité d'hygiène personnelle	0,70 [0,33-1,50]	-
Réaliser une activité d'hygiène personnelle	-	1,4 [0,8-2,5]
Lire	3,38 [1,74-6,54]	9,9 [3,6-26,9] ³
Passager à l'avant	0,50 [0,35-0,70]	-
Passager à l'arrière du véhicule	0,39 [0,10-1,60]	-
Interagir avec un passager (adolescent ou adulte)	-	1,4 [1,1-1,8]
Enfant à l'arrière du véhicule	0,33 [0,04-2,40]	0,5 [0,1-1,9]
Danser sur son siège	-	1,0 [0,4-2,3]

¹ Toutes tâches liées à l'utilisation de l'autoradio ;

² Hors alcool ;

³ Incluent l'utilisation d'une tablette

La nature de la demande générée par la distraction est donc importante. Elle peut être unique (p. ex. la demande visuelle générée par le fait de regarder un objet situé à l'extérieur du véhicule) ou multiple (p. ex. la demande cognitive et manuelle du fait d'écouter/parler le téléphone tenu en main). Une étude réalisée sur les données de l'étude « 100 car naturalistic-driving » s'est intéressée au lien entre la complexité de l'activité et le risque d'accident/presque accident [92]. Celle-ci a montré un sur-risque uniquement pour les activités complexes (p. ex. composer un numéro sur son téléphone tenu en main, récupérer un objet) et les activités modérément complexes (p. ex. parler/écouter avec le téléphone tenu en main, manger) et que le risque augmentait avec le niveau de complexité (activités modérément complexes : OR=2,1 [1,6-2,7], activités complexes : OR=3,1 [1,7-5,5]).

Le mind-wandering

La conduite est particulièrement propice à la survenue de mind-wandering, particulièrement lorsque la circulation est fluide sur des trajets routiniers (p. ex. trajet domicile - travail) ou monotone (p. ex. autoroute). Dans une étude interrogeant les conducteurs sur la survenue de mind-wandering lors de leur dernier trajet effectué, un peu plus de 85% déclaraient avoir eu des pensées non liées à la conduite durant ce dernier trajet et ont estimé que ce mind-wandering avait occupé en moyenne un tiers de leur temps [37].

Des études menées sur simulateur de conduite ont montré que la survenue de mind-wandering n'était pas sans effet sur la performance de conduite et que le comportement de conduite est d'autant plus altéré que les pensées sont intenses [95]. Ainsi, les épisodes de mind-wandering s'accompagnent d'une réduction de l'attention visuelle (moins de balayage visuel, augmentation du diamètre pupillaire) [95, 96]. Le mind-wandering a également été associé à une augmentation du temps de réaction à un événement inattendu, une augmentation de la vitesse, ainsi qu'à une diminution des distances entre deux véhicules [97].

À ce jour, seules deux études épidémiologiques se sont intéressées au lien entre mind-wandering et risque d'accident. La première, réalisée en 2012 a montré une augmentation du risque d'être responsable d'un accident corporel de la circulation chez les conducteurs engagés dans du mind-wandering juste avant l'accident (c.-à-d. mind-wandering état) lorsque celui-ci était intense (pensées fortement perturbatrices) ($OR=2,12$ $IC95\%=[1,37-3,28]$) [43]. Cette étude a par la suite été répliquée et étendue afin d'étudier également le mind-wandering trait (c.-à-d. tendance à expérimenter du mind-wandering plus souvent que les autres dans sa vie quotidienne). Cette seconde étude a permis de confirmer les résultats de la première et a également montré un lien entre mind-wandering trait et la responsabilité de l'accident [46].

1.3.2 Défauts d'attention et risque d'AcVC

Les personnes âgées étant la population la plus touchée par les AcVC et dont le principal mécanisme est la chute, les études disponibles portent essentiellement sur les facteurs de risque de chute en population âgée. Au-delà du risque lié à une dégradation des capacités cognitives, le risque lié à la consommation de médicaments a également fait l'objet de plusieurs études. En effet, cette population est particulièrement exposée à ces médicaments. L'enquête baromètre Santé de 2010 a observé que, parmi les personnes âgées de 55 à 85 ans interrogées, près d'une personne sur quatre déclarait avoir eu recours à au moins un médicament psychotrope au cours des 12 derniers mois [98]. Par comparaison, le ratio était seulement d'un peu moins de un pour six chez les 15-54 ans. Parmi les psychotropes, les anxiolytiques (13%) et les hypnotiques (7,7%) étaient les plus fréquemment reportés. Les résultats des études observationnelles convergent en faveur d'un rôle de ces médicaments dans la survenue des chutes [99–101]. Plusieurs méta-analyses ont rapporté des résultats concordants en faveur d'une augmentation du risque associé à la consommation de médicaments psychotropes, des antidépresseurs, des benzodiazépines, des hypnotiques et des neuroleptiques [99, 100], avec un risque dépendant de la dose et du nombre de

psychotropes consommés [102].

Toujours dans le cadre de l'étude du risque de chute chez les personnes âgées, une étude réalisée en 2013 s'est intéressée au mind-wandering [103]. Les résultats de cette étude indiquent un lien entre augmentation de la fréquence de mind-wandering et les chutes (au cours des 12 derniers mois) [103]. La fréquence de mind-wandering a été mesurée au cours d'un test d'attention soutenue interrompu par des sondages de pensées. Cette étude reste cependant limitée puisqu'elle a été réalisée sur un échantillon restreint de 18 femmes âgées de 66 à 81 ans.

Au-delà du risque de chute chez les personnes âgées, les études portant sur les AcVC sont très peu nombreuses et restent exclusivement descriptives. Dans une étude réalisée sur des employés de l'entreprise Électricité et Gaz de France (EDF-GDF), le manque d'attention lors de la pratique d'une activité ayant donné lieu à un AcVC a été mentionné dans 27,6% des 853 accidents analysés [4]. L'inattention était le plus souvent reportée pour les accidents survenant lors d'activités de type déplacement (33%), bricolage (31%) et de jeux et loisirs (29%).

1.3.3 Conclusion

L'étude des défauts d'attention dans la survenue des accidents de la route a pris une place croissante ces dernières années. Si les effets de l'alcool, la consommation de benzodiazépines ou encore l'usage du téléphone portable dans le risque d'être impliqué dans un accident de la route en tant que conducteur sont aujourd'hui relativement bien établis, des questions persistent pour certaines sous-populations (p. ex. les piétons) ou certains facteurs (p. ex. le mind-wandering). Les AcVC restent, quant à eux, insuffisamment étudiés. Par conséquent, il en va de même pour les défauts d'attention dans la survenue des ces accidents. Cependant, les quelques études qui existent aujourd'hui, ainsi que les connaissances actuelles dans le domaine de l'accidentologie routière, suggèrent qu'un rôle des défauts d'attention dans la survenue des AcVC n'est pas à exclure. Enfin, les AcVC chez les adultes sont peu étudiés. Pourtant, si les AcVC mortels touchent principalement les enfants et les personnes âgées, les adultes ne sont pas épargnés par ces accidents pouvant donner lieu à des répercussions humaines et économiques élevées (p. ex. hospitalisation, arrêts de travail).

2 | Objectifs de la thèse

L'objectif principal de ce travail de thèse est de mieux comprendre le rôle des défauts d'attention dans la survenue de traumatismes non intentionnels en explorant les questions épidémiologiques restées en suspens dans le domaine des accidents de la route et en étendant leur étude aux AcVC.

Les travaux de cette thèse s'appuient sur les données de 3 études existantes :

- l'étude CESIR, une étude épidémiologique incluant des usagers victimes d'un accident corporel de la circulation dont les données sont de type médico-administratif ;
- l'étude PIAAC/ATLAS, une combinaison d'études épidémiologiques incluant des patients se présentant aux urgences du CHU de Bordeaux suite à un accident de la route ;
- l'étude MAVIE, une étude épidémiologique de type cohorte populationnelle en ligne sur la survenue d'accidents de la vie courante.

Dans la première partie de ce travail, nous nous intéressons à un facteur qui a fait l'objet de nombreuses recherches en accidentologie routière mais dont un pan entier est resté jusqu'ici inexploré. Ce facteur correspond à la consommation de médicaments dont certains sont connus comme pouvant être à l'origine d'une altération de la vigilance. Dans un premier temps l'objectif est ainsi d'explorer le lien entre la consommation de médicaments, parmi ceux identifiés comme pouvant présenter un risque chez les conducteurs, et le risque d'accident corporel de la circulation chez les piétons. Ce premier axe repose sur les données de l'étude CESIR.

La deuxième partie de ce travail vise à étudier les défaillances attentionnelles dans le risque de survenue d'un accident corporel de la circulation *via* le prisme des distractions externes. L'objectif consiste à étudier le lien entre les distractions, en tenant compte de la demande générée (p. ex. manuelle, visuelle), et le risque d'accident en se basant sur les données de l'étude PIAAC/ATLAS.

Enfin, le dernier axe de cette thèse vise à étudier le rôle des défauts d'attention dans le risque de survenue d'un AcVC. Cet axe est composé de deux objectifs distincts :

1. Étudier le lien entre les défauts d'attention et le risque de survenue d'un AcVC en utilisant les données disponibles initialement dans la cohorte MAVIE. Plus précisément, il s'agit de mettre en lien la tendance à expérimenter du mind-wandering dans la vie quotidienne et les AcVC collectés prospectivement.
2. Étudier le lien entre les défauts d'attention, mesurés par le biais de tests neuropsychologiques en ligne, et le risque de survenue d'un AcVC en se focalisant sur les fonctions exécutives et le mind-wandering survenant lors de la réalisation d'un test d'attention soutenue.

3 | Sources de données

3.1 Étude CESIR

3.1.1 Présentation de l'étude

Le projet CESIR (Combinaison d'Études sur la Santé et l'Insécurité Routière) a été mis en place dans le but d'étudier l'impact de la consommation de médicaments sur les accidents de la route. Il devait également permettre à l'ANSM partenaire du projet, d'évaluer et valider la mise en place des pictogrammes sur les boîtes de médicaments, classant ceux-ci en 4 niveaux de risque sur la conduite. Le projet CESIR repose sur un partenariat entre l'Inserm, l'ANSM, l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) et la CNAM-TS. Il a été approuvé par la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL).

La base de données de l'étude CESIR recense aujourd'hui les données sur les périodes :

- 1^{er} juillet 2005 - 31 mai 2008
- 1^{er} juin 2008 - 31 décembre 2011
- 1^{er} janvier 2012 - 31 décembre 2015

Cependant, à la date où les données ont été exploitées, seuls les accidents corporels de la circulation qui se sont produits en France entre le 1^{er} juillet 2005 et le 31 décembre 2011 étaient disponibles. Elle recensait alors 142 763 conducteurs et 16 458 piétons impliqués dans un accident corporel de la circulation.

3.1.2 Les données de l'étude CESIR

3.1.2.1 Source des données

Les données sont issues d'un appariement entre les données sur les accidents corporels recueillies par les forces de l'ordre - les Bulletins d'Analyse des Accidents Corporels de la Circulation (BAAC) et les Procès Verbaux (PV) - et les données de remboursement de soins de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAM-TS).

PV En France, chaque accident corporel doit faire l'objet d'un PV établi par les forces de l'ordre (environ 70 000 PVs/an). Ils permettent d'établir les circonstances de l'accident et de déduire les responsabilités réciproques pour l'indemnisation et/ou les éventuelles procédures judiciaires. Tous les PV disponibles des accidents corporels survenus entre le 1^{er} juillet 2005 et le 31 décembre 2011 ont été collectés. Sous forme de fichiers images, ils contiennent notamment le Numéro d'Inscription au Répertoire des personnes physiques (NIR, plus connu sous le terme de numéro de sécurité sociale) des individus lorsque celui-ci a été relevé. Ce numéro est attribué à tout individu vivant en France lorsqu'il commence à travailler, au cours de la dernière année de lycée ou au plus tard à 20 ans et reste identique tout au long de sa vie. Le NIR de l'assuré couplé au sexe et la date de naissance du conducteur permettra ensuite l'appariement aux données de l'AM. Une étude de validation portant sur

141 PV impliquant des piétons a permis d'estimer que le NIR était présent pour 39% des piétons impliqués dans ces accidents.

BAAC Pour tout individu impliqué dans un accident corporel de la circulation ayant fait l'objet d'un PV doit également correspondre une fiche BAAC. C'est une fiche standardisée remplie par les forces de l'ordre. Elle regroupe des informations sur les caractéristiques des conducteurs (p. ex. sexe, catégorie socio-professionnelle), des véhicules (p. ex. type de véhicule, obstacle), de l'accident (p. ex. data, heure) ainsi que le numéro de PV associé.

SNIIR-AM Le Système National d'Information Inter-Régimes de l'Assurance Maladie (SNIIR-AM) a été mis en place en 2003 par la CNAM-TS [104]. C'est une base de données nationale et anonyme qui contient les remboursements de soins sur une période de trois ans plus l'année en cours des assurés de tous les régimes de l'Assurance Maladie [104]. Elle réunit à la fois des informations socio-démographiques sur les patients (p.ex. sexe, caisse d'allocation), médicales (p. ex. diagnostics d'Affectation de Longue Durée (ALD), diagnostics hospitaliers) mais également sur sa consommation de soins de ville (p. ex. date de délivrance, code CIP). Récemment, le SNIIR-AM conjointement avec les données des hôpitaux et autres établissements de santé (Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information - PMSI) et les données statistiques relatives aux causes de décès (BCMD) ont été fusionnées au sein du Système national des données de santé (SNDS) qui rassemble ainsi des informations de santé pseudonymisées collectées par des organismes publics.

3.1.2.2 Procédure d'appariement

La Figure 3.1 détaille le déroulement de la procédure d'appariement, développée dans le cadre du doctorat de Ludivine Orriols, et qui a été décrite en détail [105]. Cette procédure comporte 10 étapes qui sont présentées succinctement ci-dessous :

Étape 1 : Transmission des fichiers BAAC et PV

Chaque année, l'organisme Trans PV¹ et l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière (ONISR) transmettent respectivement les PV et les fiches BAAC à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR).

Étape 2 : Lecture automatique des PV

Les NIR, sexe et date de naissance des conducteurs impliqués sont extraits des PV. Ces derniers étant à l'origine sous forme de fichiers images, un logiciel de lecture automatique des PV a été développé spécialement dans le cadre du projet CESIR. Cette procédure a été validée sur un échantillon de 293 PV qui ont été imprimés et codés manuellement lors de la première vague du projet CESIR [105].

1. La section Trans PV de l'Association pour la Gestion des Informations sur le Risque en Assurance (AGIRA), créée par la Fédération Française de l'Assurance, adresse aux sociétés d'assurance concernées une copie des procès-verbaux d'accidents de la circulation reçus des services de police et de gendarmerie. Sa mission est de faciliter et d'accélérer l'indemnisation des victimes d'accidents de la circulation par les sociétés d'assurance automobile.

Étape 3 : Appariement BAAC/PV

Pour chaque individu dont le NIR avait pu être extrait des PV, une procédure d'appariement PV avec les fiches BAAC a été réalisée. En l'absence d'identifiant fiable commun entre les fichiers BAAC et PV, l'appariement a été réalisé par le biais d'une méthode de chaînage probabiliste [106]. Dans le cadre de CESIR, six variables communes ont été utilisées : le numéro de PV, la date de l'accident, le lieu de l'accident (code postal), les forces de l'ordre qui ont enregistré l'accident ainsi que la date de naissance et le sexe de l'individu accidenté. Cette méthode consiste à considérer toutes les paires possibles avec une pondération selon leur valeur discriminante. Pour chacune des paires, un poids composé correspondant à la somme des poids de chacune des 6 variables est attribué. Le détail quant à l'attribution des poids et du seuil utilisé pour la décision de chaîner ou non tout en minimisant les erreurs (paires appariées alors que discordantes et inversement) est expliqué dans le mémoire de thèse de Ludivine Orriols [105].

Étape 4 : Anonymisation des identifiants

Afin de sécuriser les informations lors des échanges entre les différents partenaires, l'ensemble « NIR-date de naissance-sexe » est anonymisé en utilisant la Fonction d'Occultation des Identifiants Nominatifs (FOIN) développée par la CNAM-TS.

Étape 5 : Transmission des identifiants anonymisés et des données BAAC de l'IFSTTAR à l'INSERM

Les identifiants anonymisés ainsi que certaines variables caractérisant l'accident issues des BAAC sont cryptés et envoyés à l'INSERM.

Étape 6 : Création d'un numéro propre à l'étude

Un numéro d'anonymat propre à l'étude est attribué à chacun des sujets.

Étape 7-8 : Données de délivrance de médicaments

Les identifiants anonymisés, le numéro dans l'étude et la date de l'accident sont transmis à la CNAM-TS après cryptage des données.

En retour, celle-ci envoie à l'INSERM des données sur la délivrance de médicaments ainsi que le numéro propre à l'étude de chaque sujet.

Étape 10 : Appariement des données et analyses statistiques

À la fin des étapes précédentes, on obtient une table de correspondance BAAC-PV, la table des BAAC, la table des PV, la table contenant les consommations de soins et celles des affections longues durées. La dernière étape consiste donc à mettre en commun ces tables et à effectuer les analyses. Dans le cadre de ce travail de thèse, j'ai réalisé la mise en commun et le nettoyage de ces tables pour les données de la seconde vague, avec l'appui du statisticien de l'équipe.

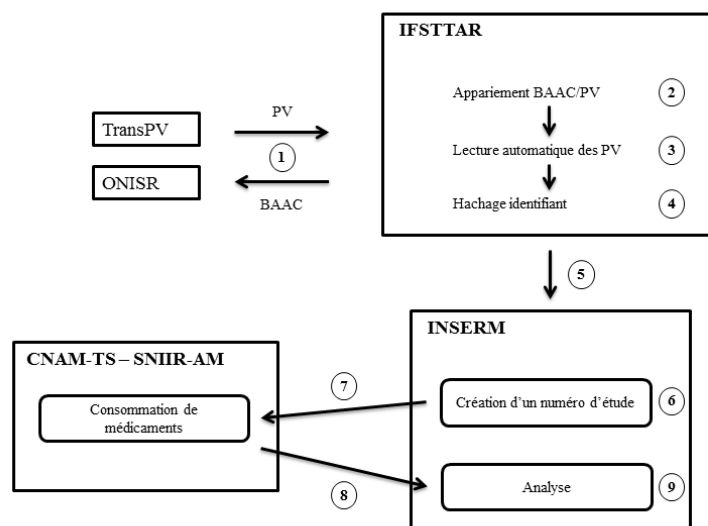


Figure 3.1 – Les étapes de la procédure d'appariement

3.1.3 Les défauts d'attention dans l'étude CESIR

L'appariement aux données du SNIIR-AM permet d'obtenir les données sur les délivrances de médicaments dans une période allant de 6 mois avant à 2 mois après la date d'accident. Ces données permettent donc l'étude de l'association entre la consommation de médicaments et le risque d'être impliqué et d'être responsable d'un accident corporel de la circulation. Il sera ainsi possible d'émettre des hypothèses sur la part résultant de défauts d'attention dans la relation exposition médicamenteuse-risque d'accident.

Les médicaments sont étudiés par sous-classe chimique selon la classification internationale Anatomique, Thérapeutique et Chimique (ATC).

3.1.3.1 La classification ATC

La classification ATC a été développée par l'OMS. Elle comporte 5 niveaux hiérarchiques. Le tableau ci-dessous décrit chacun des 5 niveaux et l'illustre avec l'exemple du Flurazépam utilisé dans le traitement des insomnies. La sous-classe chimique que nous utilisons dans le cadre de ce travail correspond au 4^e niveau de la classification ATC. Dans la suite de ce travail, c'est donc au 4^e niveau de la classification ATC que nous ferons référence sous le terme de « classe ATC ».

3.1.3.2 Caractérisation de l'exposition

Les données disponibles dans CESIR sont l'ensemble des dates de délivrances de médicaments sur la période allant de 6 mois avant à 2 mois après l'accident. Pour estimer les

Tableau 3.1 – Classification ATC illustrée avec l'exemple du Flurazépam

Niveau	Description	Exemple du Flurazépam	
1	Classe anatomique principale	N	Système nerveux
2	Sous-classe-thérapeutique	N05	Psycholeptiques
3	Sous-classe pharmacologique	N05C	Hypnotiques et sédatifs
4	Sous-classe chimique	N05CD	Dérivés des benzodiazépines
5	Substance active	N05CD01	Flurazépam

périodes d'exposition, deux informations sont utilisées :

- la date de début d'exposition,
- la durée d'exposition.

Ces deux informations sont estimatives. Le 1^{er} jour de la période d'exposition a été fixé au jour suivant la date de délivrance du médicament. Ce choix a été fait afin de pouvoir dissocier les médicaments pris avant l'accident de ceux prescrits à la suite de celui-ci.

Les durées d'exposition ont été déterminées en s'appuyant sur les données de l'Enquête Permanente sur les Prescription Médicale (EPPM) portant sur les prescriptions médicalementes en France [107]. L'enquête EPPM est une étude menée auprès de médecins volontaires représentatifs des médecins généralistes ou spécialistes exerçant en France métropolitaine. Chaque trimestre et pendant une semaine, toutes les prescriptions sont collectées incluant des informations sur les médicaments prescrits ainsi que la durée du traitement. Dans l'enquête EPPM, les médicaments sont codés selon le Code Identifiant de Présentation (CIP) français qui permet d'identifier une présentation d'un médicament. A partir de ces données, les médianes de durée de traitement pour chaque classe ATC de niveau 4 ont été calculées. Une table de correspondance de l'ANSM a été utilisée pour obtenir les correspondances entre les codes CIP et les codes ATC. Une pondération par le nombre de prescriptions pour chacun des médicaments a été appliquée afin de donner un poids plus important aux médicaments plus souvent prescrits et donc pour lesquels nous disposons de plus d'informations pour déterminer la période d'exposition. Enfin, les traitements délivrés par les pharmacies françaises ne pouvant excéder 30 jours, en dehors de quelques rares exceptions dont les pilules contraceptives, la durée maximale d'exposition a été fixée à 30 jours.

L'information disponible concernant les doses des médicaments ou le contenu des boîtes de médicaments n'était pas assez précise pour pouvoir l'exploiter.

3.1.4 Traumatismes non intentionnels dans CESIR

Dans le cadre de l'étude CESIR, le type de traumatisme non intentionnel étudié est l'accidentologie routière. Les données portent sur l'ensemble des usagers victimes d'un accident corporel de la circulation en France et dont l'appariement entre les fichiers BAAC, PV et les données de l'Assurance Maladie était possible. Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéresserons uniquement à une catégorie d'usagers : les piétons.

3.2 Étude PIAAC/ATLAS

3.2.1 Présentation de l'étude

Le projet ATLAS (Attention Related Traffic Low Attentional Status) a été mis en place afin d'estimer les sur-risques d'accidents liés aux différents défauts d'attention et à comprendre leurs causes ou origines et leurs conséquences sur la conduite automobile. Cette étude comportait trois axes :

- un volet épidémiologique dans le but d'essayer de définir la typologie des accidents liés à l'inattention et d'estimer les risques liés à la distraction et à l'inattention au volant ;
- des expérimentations sur simulateur de conduite afin d'étudier l'effet des ruminations et des pensées distrayantes sur les mécanismes d'orientation de l'attention ;
- des expérimentations sur route dans le but de rechercher les indicateurs les plus sensibles pour détecter les situations d'inattention.

Le volet épidémiologique de l'étude ATLAS a été prolongé par le projet PIAAC (Prévalence et Impact des Activités Annexes à la Conduite sur le risque d'accident) dont l'objectif était d'évaluer l'effet des problèmes d'attention et des distractions sur le risque d'accident de la circulation en élargissant le spectre des mesures attentionnelles (p. ex. l'étude du *mind-wandering état* a été étendu au *mind-wandering trait*, ajout de tests neuropsychologiques). Dans le cadre de ce travail de thèse, nous nous intéressons uniquement aux données issues du volet épidémiologique de l'étude ATLAS et à son prolongement, ce que nous désignerons sous le terme d'étude PIAAC/ATLAS.

L'étude PIAAC/ATLAS consiste donc en une étude observationnelle sur les défauts d'attention et le risque d'accidents de la route. Conduite au service des urgences adultes du CHU de Bordeaux, elle s'est déroulée en deux phases de recrutement :

1. de avril 2010 à août 2011 (phase ATLAS)
2. de mars 2013 à janvier 2015 (phase PIAAC)

La collecte des données était déjà terminée lorsque nous avons initié ce travail de thèse. La population d'étude est composée d'usagers admis aux urgences des suites d'un accident corporel mineur de la circulation lors de l'une des deux phases de recrutement. Au total, 2 539 patients ont été inclus dans l'étude, dont des conducteurs de véhicules légers, des cyclistes ou encore des conducteurs de poids-lourds.

3.2.2 Le recueil des données

Les données ont été recueillies par le biais d'entretiens, réalisés par des assistants de recherche formés, à l'aide d'un questionnaire standardisé (Annexe A.1, questionnaire utilisé lors de la phase PIAAC et qui diffère de celui de la phase ATLAS par l'ajout de tests neuropsychologiques).

Ce questionnaire incluait des questions sur les caractéristiques socio-démographiques des patients (p. ex. le sexe, l'année de naissance, le diplôme le plus élevé) ainsi que sur les

caractéristiques de l'accident (p. ex. la date et l'heure de l'accident, les conditions météorologiques, le type de véhicule).

3.2.3 Les défauts d'attention dans l'étude PIAAC/ATLAS

Le questionnaire de l'étude intégrait également un recueil d'informations variées à travers des questions, des échelles de mesure ou encore des tests. Ainsi, les défauts d'attention peuvent être caractérisés selon plusieurs volets.

Niveau de vigilance

Plusieurs de ces facteurs correspondaient à des facteurs identifiés, dans la littérature, comme pouvant altérer le niveau de vigilance lors de la conduite et ainsi augmenter le risque d'accident. Ces facteurs comprenaient :

- la consommation de psychotropes le jour de l'accident et la semaine précédant l'accident ;
- la somnolence, mesurée avec l'échelle Epworth² [108] ;
- le déficit de sommeil caractérisé par le nombre d'heures de sommeil dans les 24h précédant l'accident.

Distraction interne : mind-wandering

Au cours de l'entretien, les participants ont été invités à décrire leurs pensées juste avant l'accident et à leur attribuer un niveau de perturbation sur une échelle de 0 (pas du tout perturbé) à 10 (beaucoup perturbé). Ces pensées ont ensuite été codées en trois catégories :

- aucune pensée ;
- pensée non liée à la conduite ;
- pensée liée à la conduite.

Le type de pensée et le niveau de perturbation ont été utilisés pour déterminer la présence ou non de mind-wandering dans les instants précédant la survenue de l'accident (c.-à-d. *mind-wandering état*)

Distractions externes

Un volet important du questionnaire était consacré aux activités secondaires au moment de l'accident. Pour chaque activité parmi une liste prédéfinie, les participants étaient invités à reporter s'ils étaient en train d'effectuer cette activité au moment de l'accident. Cette liste d'activités incluait le fait de téléphoner, de se maquiller ou encore de discuter avec un (des) passager(s) (Figure 3.2).

2. Nommé d'après l'hôpital Epworth à Melbourne.

– DISTRACTEURS EXTERNES

Au moment de l'accident, étiez-vous en train de :

ACTIVITÉS	OUI
I. Avec les autres passagers	
1. Discuter avec un autre passager ? Étiez-vous en train de vous retourner pour cela ?	☐ ☐
2. Écouter la conversation des autres passagers ? Étiez-vous en train de vous retourner pour cela ? ☐	☐ ☐
3. Réprimander vos enfants ? Étiez-vous en train de vous retourner pour cela ?	☐ ☐
4. Vous disputer ? Étiez-vous en train de vous retourner pour cela ?	☐ ☐
II. Trajet	
a. GPS	
5a. Suivre les indications de votre GPS ?	☐
6a. Manipuler le GPS ?	☐
b. Radar	
5b. Suivre les indications de votre détecteur de radar ?	☐
6b. Manipuler le détecteur de radar ?	☐
7. Chercher votre chemin sur une carte routière ?	☐
8. Être perturbé(e) par un événement extérieur au véhicule ? Si oui, préciser :	☐ ☐
III. Téléphone	
9. Converser au téléphone ? a. Vous avez appelé b. Vous avez répondu c. Type de conversation : sereine/tranquille stressante/dispute Depuis combien de temps, étiez-vous en train de téléphoner ? Menu déroulant (0/30 sec, 30 sec/1 min, 1-5 min, 15 min...)	☐ ☐ ☐ ☐ ☐
10. Manipuler le téléphone pour : a. décrocher/prendre un appel/conversation vidéo b. écrire un SMS/mail c. utiliser un kit main libre : intégré mettre en place l'oreillette d. composer un numéro, chercher un contact e. lire un SMS/mail/agenda f. utiliser le GPS du téléphone g. prendre une photo h. regarder une vidéo	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

i. réseaux sociaux : jeux, naviguer sur le Web	☐	
j. autres : mettre un CD/manipuler la radio	☐	
k. autre :		
IV. Autres médias		
11. Écouter la musique ou la radio ?	☐	
12. Regarder une vidéo ?	☐	
V. Activités ou actions		EVA
13. Manger ?	☐	
14. Boire ?	☐	
15. Fumer ?	☐	
16. Ramasser un objet tombé au sol ?	☐	
17. Chercher un objet (chiffon, lunettes, ticket péage, parking...) ?	☐	
18. Vous maquiller ?	☐	
19. Lire ?	☐	
20. Écrire ?	☐	
21. Chanter ?	☐	
22. Étreindre ou embrasser quelqu'un ?	☐	
23. Éternuer ?	☐	
24. Vous moucher ?	☐	
25. Rire ?	☐	
26. Pleurer ?	☐	
27. Vous regarder dans le miroir ?	☐	
28. Étiez-vous en train de vous endormir ?	☐	
29. Avoir une autre occupation ?	☐	
Si oui, préciser :		

Figure 3.2 – Extrait de la section portant sur les distractions

Autres facteurs

Lors de la phase PIAAC du projet, les patients étaient également invités à réaliser des tests neuropsychologiques permettant d'étudier la mémoire de travail, l'attention sélective, l'inhibition et la flexibilité mentale. Les tests ont été choisis en fonction de deux critères : 1/leur pertinence clinique et 2/leur applicabilité dans le contexte des urgences.

La mémoire de travail a été mesurée par le test d'empan inverse. Il s'agit de séries de chiffres successivement énoncées aux sujets qui ont pour consigne de les restituer dans l'ordre inverse. Les séries de chiffres sont de taille croissante. Ainsi, plus le sujet échoue tard, meilleure est sa mémoire de travail.

Le test du Gorille invisible [109] a été utilisé pour mesurer l'attention sélective. Ce test consiste à regarder une vidéo³ au cours de laquelle deux équipes de basket, l'une habillée en blanc et l'autre noir, constituées chacune de trois joueurs se font des passes. La consigne donnée est de compter le nombre de passes échangées par les joueurs habillés en blanc. Au cours de la vidéo, un homme déguisé en gorille apparaît et traverse la scène de droite

3. Accessible <http://www.youtube.com/watch?v=vJG698U2Mvo>

à gauche en s’immobilisant au milieu des joueurs pendant un bref instant en se frappant la poitrine avec ses poings. À la fin du test, on demande aux participants le nombre de passes qu’ils ont comptées et on leur demande ensuite s’ils ont autre chose à reporter.

Le test de flexibilité est le *Trail Making Test* développé en 1944 dans le cadre d’une batterie d’évaluation cognitive de l’armée américaine [110]. Il s’agit de l’épreuve évaluant les capacités de flexibilité mentale la plus connue et la plus utilisée du fait de sa simplicité et de sa rapidité. Ce test comporte 2 étapes. Lors de la première, les participants ont la consigne de relier dans l’ordre croissant et le plus rapidement possible des nombres allant de 1 à 25 disséminés aléatoirement sur une page (1-2-3-4 ...). Dans la seconde partie du test, la consigne est de faire de même mais en alternant des nombres et des lettres (1-A-2-B-3-C ...).

L’inhibition a été mesurée par l’utilisation du test de Stroop [111]. Créé en 1935, ce test est né du constat qu’il était plus facile de lire la couleur d’un mot que de dénommer la couleur avec laquelle le mot est écrit (l’« effet Stroop »). Dans sa version papier originelle, le test comprend 3 planches : 1/la présentation de noms de couleur écrits en noir, 2/la présentation de rectangles de différentes couleurs et 3/la présentation de noms de couleur écrits avec une encre de couleur différente. Dans le cadre du projet PIAAC, seule une adaptation informatisée des deux dernières planches a été utilisée.

Les données issues de ces tests ne sont pas utilisées dans le cadre de ce travail de thèse. En effet, ces tests n’ont été réalisés que sur la deuxième phase de l’étude PIAAC/ATLAS et n’ont finalement pu être réalisés que sur un échantillon réduit de participants de la phase PIAAC (environ 1 participant sur 4).

3.2.4 Traumatismes non intentionnels dans PIAAC/ATLAS

Dans l’étude PIAAC/ATLAS, les traumatismes non intentionnels étudiés sont les accidents de la route nécessitant un passage aux urgences. Cette étude comprend l’ensemble des usagers victimes d’un accident de la route en dehors des passagers de véhicules et des piétons.

On s’intéresse plus particulièrement au risque d’être responsable d’un accident de la route. Les analyses de responsabilité sont comparables à des études cas-témoins. Les cas correspondent aux conducteurs responsables, les témoins sont définis comme étant les conducteurs non responsables de l’accident dans lequel ils sont impliqués. La responsabilité est déterminée à partir d’une adaptation française de la méthode de Robertson et Drummer [112]. Cette adaptation a été validée dans le cadre d’une étude portant sur la consommation de cannabis, en comparant la responsabilité déterminée à partir du score de responsabilité à la responsabilité déterminée par des experts [56].

Elle prend en compte 6 facteurs :

- l’état de la route
- l’état du véhicule
- les conditions de circulation
- la typologie de l’accident

- le respect du code de la route
- la complexité de la tâche

Un score allant de 1 (favorable à la conduite, pas d'atténuation de la responsabilité) à 4 (défavorable à la conduite, atténuation de la responsabilité du conducteur du fait des conditions défavorables) est attribué pour chacun de ces 6 facteurs. Le score de responsabilité est obtenu en faisant la somme de ces scores et en multipliant le résultat obtenu par $8/6$. Cette adaptation ne tient pas compte de deux facteurs (l'observation des témoins et la fatigue) par rapport à la version originelle, ainsi la multiplication par $8/6$ permet d'obtenir un score comparable à celui proposé dans la méthode de Robertson et Drummer.

Plus le score final obtenu est élevé, moins le conducteur est jugé responsable de son accident. Un conducteur est considéré comme responsable si son score est inférieur à 15, et, non responsable s'il présente un score supérieur ou égal à 15. Le seuil de 15 étant celui qui a montré la plus grande concordance avec la responsabilité déterminée par des experts.

3.3 Étude MAVIE

3.3.1 Présentation de l'étude

Le projet MAVIE (Mutualistes pour la recherche contre les Accidents de la VIE) est né du constat que la définition et la mise en œuvre des actions et des politiques de prévention se heurtaient à l'insuffisance et à l'imprécision des données statistiques disponibles sur les AcVC en France. Le 16 novembre 2014, l'Inserm, l'Université de Bordeaux et Calyxis ont ainsi lancé l'Observatoire MAVIE⁴, un observatoire pour la recherche sur les accidents de la vie.

L'observatoire MAVIE vise à suivre la survenue d'AcVC auprès d'une cohorte prospective ouverte de volontaires. Son principe est le suivi longitudinal de volontaires dans l'objectif de répondre aux questions suivantes :

- Quels sont ces accidents ?
- Comment et où surviennent-ils ?
- Quels sont les facteurs associés à leur survenue et à leur gravité ?

De l'inscription à la déclaration d'événements en passant par le remplissage de questionnaires, l'étude MAVIE se fait exclusivement sur internet.

À la date du 8 janvier 2018, l'observatoire MAVIE comptait un peu plus de 27 000 volontaires de tout âge et venant de toute la France.

3.3.2 Inscription à l'étude

Le recrutement des volontaires a été principalement réalisé via l'envoi de mails relayant un appel à participation par les mutuelles partenaires (MAAF, MACIF, MAIF) à leurs clients assurés. L'étude restant ouverte à l'ensemble des français, des appels à participation ont également été lancés dans la presse et *via* internet.

L'inscription à l'étude MAVIE se fait à l'échelle d'un foyer représenté par un référent. Lors de sa création, le foyer se voit attribuer un identifiant unique et permanent appelé Numéro Permanent du foyer MAVIE (NPM). Le rôle du référent est illustré par la Figure 3.3. C'est à lui que revient la charge de compléter les informations sur son foyer et, en cas de survenue d'un accident au sein de celui-ci, de venir le déclarer. Il est également le destinataire des mails incluant la *newsletter* mensuelle et les mails trimestriels de demande de nouvelles.

Au sein de chaque foyer, les autres membres sont quant à eux libres de participer ou non à la cohorte. Un consentement nominatif et éclairé est requis pour les volontaires majeurs qui souhaitent participer à l'étude. Pour les mineurs, une autorisation parentale est demandée. À leur inscription, chacun des membres se voit attribuer un Numéro Permanent Individuel MAVIE (NPIM) qui se compose du NPM suivi du prénom (ou surnom) de la personne ainsi que de son année de naissance.

4. www.observatoire-mavie.com



Figure 3.3 – Illustration du rôle d'un référent au sein de l'étude MAVIE

Afin d'éviter une sous-représentation importante des personnes âgées en raison d'une absence d'accès à internet, une procédure particulière a été développée. Cette procédure permet à un membre de l'entourage (qui deviendra alors son référent) d'inscrire une personne âgée, qu'elle vive en établissement spécialisé ou à domicile.

3.3.3 Recueil et sécurisation des données

Les données qui sont recueillies sont de deux types : 1/ les données nominatives et 2/ les données non nominatives. Les données nominatives sont collectées au moment de la signature du consentement et incluent le nom, le prénom, l'adresse e-mail et la date de naissance du volontaire. Elle sont conservées à part de la base de donnée principale sur un serveur sécurisé appartenant à Calyxis situé à Niort. Les données non nominatives issues des questionnaires en ligne sont, quant à elles, stockées dans la base de données principale enregistrée sur un serveur sécurisé au sein de l'unité U1219 de l'Inserm à Bordeaux. À tout moment, un volontaire peut choisir d'interrompre sa participation à l'étude et demander la suppression de ces données au sein de la base de données MAVIE. Dans le cas où ce volontaire est le référent, l'interruption de sa participation donne lieu à l'arrêt de la participation pour l'ensemble de son foyer.

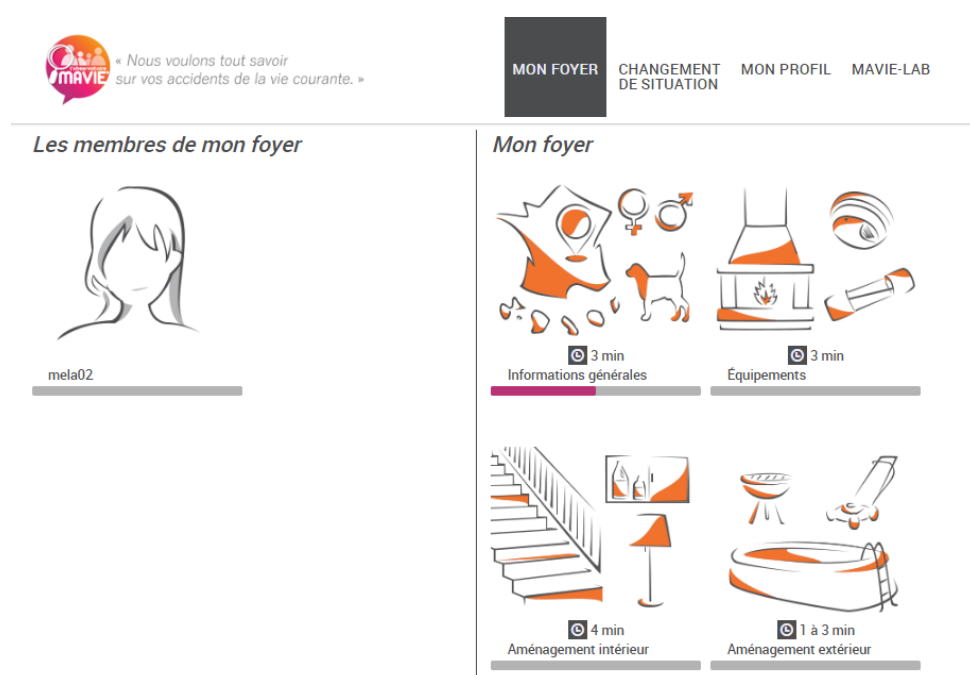


Figure 3.4 – Illustration des différents onglets qui composent le questionnaire individu

Le recueil des données non nominatives se fait par le biais de questionnaires en ligne portant à la fois sur les caractéristiques du foyer et les caractéristiques individuelles des membres qui le composent. Le contenu de ces questionnaires a été élaboré à partir des connaissances déjà disponibles sur les déterminants des AcVC et à partir des hypothèses émises par les chercheurs du projet. Un conseil scientifique, formé de cinq membres dont deux épidémiologistes, un chercheur, le président de l'École de Santé Publique à Bruxelles et un docteur responsable de l'unité traumatismes de l'InVS, a été consulté pour la validation des questionnaires. L'accès aux questionnaires se fait par le site internet de l'étude. L'espace volontaire comporte deux volets : 1/ les vignettes d'accès aux espaces des différents membres d'un foyer (à gauche) et 2/ l'accès aux différents onglets qui composent le questionnaire foyer (à droite) (Figure 3.4). Chacun des membres d'un foyer accède aux onglets de son questionnaire individu par un clic sur la vignette correspondant à son identifiant. Le questionnaire individu se compose de 7 onglets (Figure 3.5) :

- socio-démographie (p. ex. situation matrimoniale, emploi, diplôme) ;
- occupations (p. ex. temps passé dans les différentes pièces de la maison, pratique ou non d'activités parmi une liste prédéfinie) ;
- sport ;
- santé (p. ex. somnolence, handicap, traumatisme dans les 12 derniers mois) ;
- affections ;
- bien-être (p. ex. fatigue, rêveries, stress) ;
- consommations (p. ex. tabac, cannabis, alcool).

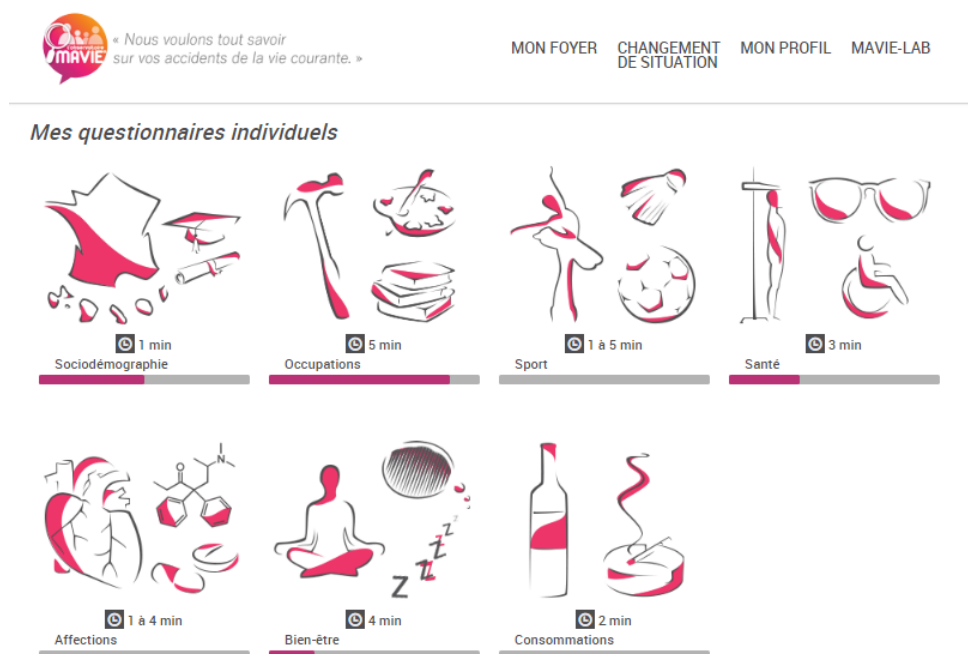


Figure 3.5 – Illustration d'un espace volontaire du site MAVIE

3.3.4 Les défauts d'attention dans l'étude MAVIE

Information disponible : le mind-wandering

Le questionnaire individu comporte une section sur la tendance à présenter du mind-wandering au quotidien, ou *mind-wandering trait*. Pour ce faire, le Mind-Wandering Questionnaire (MWQ) a été utilisé [47]. La version anglaise de ce questionnaire de 5 items a été validée chez une population jeune avec une bonne consistance interne (Alpha de Cronbach⁵ de 0,85). Pour chacun des 5 items, le participant doit indiquer la fréquence qui lui correspond le mieux sur une échelle allant de 1 (presque jamais) à 6 (presque toujours). Un score est obtenu en faisant la somme des réponses aux 5 items.

5. Mesure de la consistance interne des questions posées lors d'un test psychométrique. Il s'agit d'un rapport pondéré entre les variances pour chaque item et la variance globale du score variant entre 0 et 1. La consistance interne est d'autant plus élevée que sa valeur est proche de 1.

Le questionnaire est présenté aux volontaires de l’Observatoire MAVIE sous le terme de « rêveries » et est introduit par le paragraphe suivant : « Penser à une tâche alors que vous êtes en train de la réaliser n’est pas une rêverie. En revanche, penser à cette tâche à d’autres moments, par exemple, juste avant de dormir ou durant un long trajet de bus, est une rêverie ». Le tableau 3.2 présente les 5 items de ce questionnaire.

Tableau 3.2 – Les 5 items du Mind-wandering Questionnaire

1.	J’ai des difficultés à rester concentré sur un travail simple ou répétitif
2.	Quand je lis, je me rends compte que je ne pense pas au texte et je dois le lire à nouveau
3.	Je fais les choses sans y prêter toute mon attention
4.	Je me rends compte que j’écoute d’une oreille, pensant à autre chose en même temps
5.	Je rêvasse ou je me perds dans mes pensées pendant une conférence, un exposé oral, un cours ...

Niveau de vigilance

Les questionnaires individuels permettent également le recueil d’autres facteurs pouvant altérer le niveau de vigilance :

- la consommation de médicaments, dont les psychotropes, dans le mois précédant l’inclusion ;
- le nombre d’heures de sommeil par nuit en semaine et le weekend ;
- échelle de la somnolence d’Epworth ;
- la consommation d’alcool incluant la fréquence de consommation d’alcool et la fréquence de consommation d’au moins 6 verres d’alcool lors d’une occasion ;
- la consommation de cannabis.

Ajout d’outils supplémentaires

Le projet MAVIE étant une étude entièrement en ligne et gérée au sein de l’équipe IETO dans laquelle est réalisée ce projet de thèse, il était possible d’ajouter de l’information pour caractériser les défauts d’attention. Pour explorer le lien entre caractéristiques neuropsychologiques, et plus particulièrement les fonctions exécutives, et le risque d’AcVC ainsi que pour explorer le mind-wandering mesuré par un test d’attention soutenue, des tests ont été développés.

Il s’agissait donc de sélectionner les tests, d’accompagner le développement de ces outils (de la rédaction du cahier des charges à la mise en ligne) et de mettre en place une stratégie pour inviter les volontaires de l’Observatoire MAVIE à réaliser ces tests.

Choix des tests

La première phase de ce travail a consisté à sélectionner les tests qui seront proposés aux volontaires depuis le site de l’Observatoire MAVIE. Pour chaque test, les contraintes à respecter étaient les suivantes :

1. pouvoir être passé en ligne sur un ordinateur non muni d'un écran tactile afin d'être accessible au plus grand nombre ;
2. être accessible à des adultes de 15 ans et plus ;
3. être suffisamment court pour minimiser le taux d'abandon ;
4. pouvoir être compris seul, à la maison, par des personnes ne connaissant pas ces tests.

Dans un premier temps, l'utilisation d'une batterie d'évaluation existante a été envisagée. Parmi les plus connues, on trouve la CANTAB (pour *Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery*) permettant d'évaluer les fonctions cognitives [113], ou encore la Batterie de Tests d'Évaluation de l'Attention [114] visant à évaluer les fonctions attentionnelles et exécutives ainsi que la mémoire de travail chez les enfants et les adultes. Cependant, après le passage en revue des différentes batteries de tests existantes, cette idée a été abandonnée. En effet, elles comportaient toutes, à notre connaissance, des contre indications à leur utilisation dans le cadre de notre étude. Par exemple, la Batterie de Tests d'Évaluation de l'Attention est réservée aux psychologues. Par conséquent, son utilisation doit être au minimum supervisée par l'un d'eux, ce qui est incompatible avec un passage seul des tests au domicile du volontaire. D'autres, comme la batterie CANTAB, n'étaient disponibles que sur écran tactile, ce qui limitait leur utilisation aux volontaires équipés de cette technologie. Or, selon le Baromètre du numérique de 2017, une enquête réalisée sur un échantillon représentatif de 2 209 français âgés de 12 ans et plus, seuls 44% déclaraient posséder une tablette (81% pour l'ordinateur) et, si 21% d'entre eux l'utilisaient au quotidien, ils étaient 51% à déclarer ne jamais l'utiliser [115]. De plus, l'ordinateur constituait l'équipement privilégié pour accéder à internet (38%) derrière le *smartphone* (42%), tandis que la tablette était l'équipement privilégié pour seulement 7% des français interrogés. Par conséquent, le choix a été fait de développer des tests existants à passer exclusivement sur ordinateur. Trois tests ont été retenus, dont deux permettant d'évaluer les fonctions exécutives (planification et inhibition) et un test d'attention soutenue avec mesure du mind-wandering.

Description des tests

Test Go - No Go Le test Go - No go (GNG) est un des tests les plus fréquemment utilisés pour mesurer la capacité à inhiber une action automatique. Ce test consiste en la présentation successive de deux types de stimuli visuels. Les premiers sont des stimuli cibles (stimuli « Go ») qui requièrent une réponse motrice du sujet. À l'inverse, les stimuli non cibles (stimuli « No Go »), requièrent l'inhibition de cette réponse motrice.



Figure 3.6 – Illustration des stimuli Go et No Go

Dans le cadre du test proposé aux volontaires de l’observatoire MAVIE, les stimuli Go et No Go correspondent respectivement à la lettre X et à la lettre Y (Figure 3.6). La réponse se fait en pressant la barre espace du clavier. L’épreuve se compose de 80 stimuli dont environ 20% de stimuli non cibles. Cette proportion plus faible de stimuli non cibles permet de contribuer à susciter une activité motrice dominante (le fait d’appuyer sur la barre espace du clavier) [116]. À l’apparition d’un stimulus cible, le sujet dispose de 1000 millisecondes (ms) pour répondre. L’apparition de chaque stimulus est précédé par un élément de transition (un point situé au centre) qui s’affiche pendant une durée de 500 ms. Ce rythme de présentation est le second paramètre permettant d’accroître la tendance à répondre et ainsi augmenter l’effort nécessaire pour inhiber la réponse à l’apparition des stimuli non cibles [116]. Un intervalle de temps de 10 à 15 secondes sépare deux apparitions de stimuli non cibles (Figure 3.7). Une phase d’entraînement, au cours de laquelle le sujet est informé en cas d’erreur, précède le début du test afin de permettre aux participants de se familiariser avec celui-ci. La phase d’entraînement prend fin après deux minutes ou après cinq bonnes réponses consécutives à des stimuli comprenant au moins un stimuli non cible. Le test GNG débute par le point de fixation.

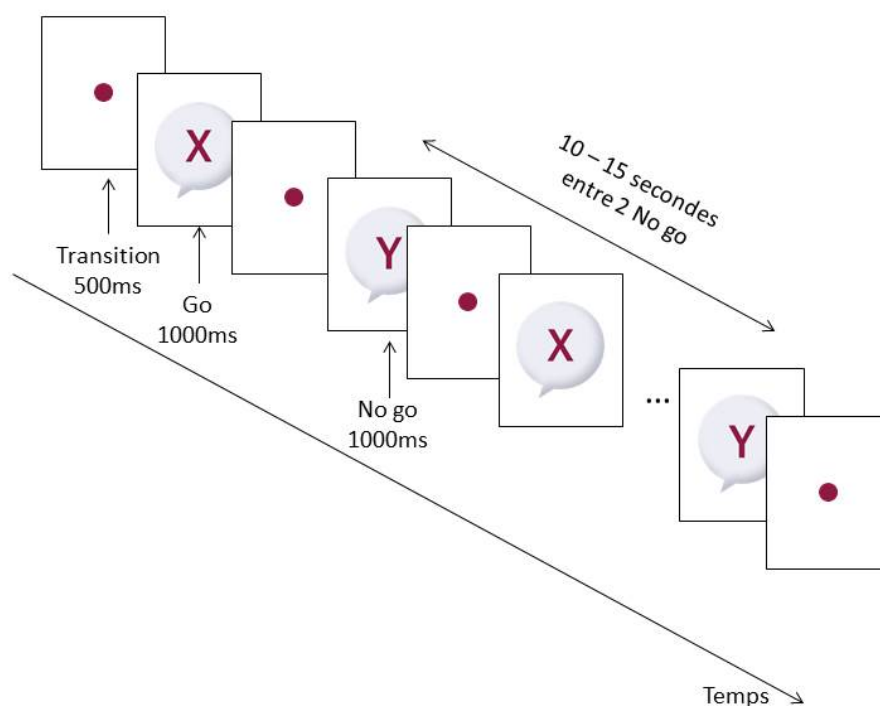


Figure 3.7 – Illustration du déroulé du test Go - No Go

Les données recueillies au cours du test GNG sont :

- le type de stimulus : cible ou non cible ;
- le temps de réponse aux stimuli cibles ;
- la justesse de la réponse : réponse juste si le volontaire presse la barre espace dans les 1000 ms suivant l'apparition d'un stimulus cible ou si rien ne se passe dans les 1000 ms suivant l'apparition d'un stimulus non cible.

Ces données devaient permettre de calculer les indicateurs couramment utilisés pour analyser les données issues du test GNG :

- le pourcentage d'erreur aux stimuli cibles ;
- le pourcentage d'erreur aux stimuli non cibles ;
- le temps de réponse moyen aux stimuli cibles ;
- le Skill Index, un indice tenant compte à la fois de la précision et de la rapidité de la réponse.

Test Go - No Go / Mind-Wandering Le second test, le Go - No Go / Mind-Wandering (GNG/MW) a été développé à partir du test GNG afin d'étudier le mind-wandering survenant au cours d'un test SART. La version développée est inspirée de la version proposée par Stawarczyk et al. [117]. Les participants ont pour consigne de répondre le plus rapidement possible, en appuyant sur la barre espace de leur clavier, à

l'apparition de chiffres présentés successivement, tout en inhibant leur réponse à l'apparition du chiffre 3 (Figure 3.8). Chaque chiffre apparaît pendant 450 ms ou jusqu'à ce que le participant donne une réponse. L'apparition de deux stimuli est séparée d'un élément de transition (un point au centre) qui reste affiché pendant une durée de 1750 ms.



Figure 3.8 – Illustration d'un stimulus et de l'élément de transition du test Go-No Go/Mind-Wandering

La particularité de ce test par rapport au test précédent est double. Tout d'abord, la fréquence d'apparition des stimuli non cibles est plus rare (10% environ des stimuli). Par ailleurs, le test est interrompu à 8 reprises afin de sonder le volontaire sur son état d'esprit dans les secondes avant l'interruption. Le test GNG/MW se compose ainsi de 8 blocs, chacun composé d'un nombre de stimuli aléatoire parmi 15-17-19 et 21. L'interruption est annoncée par l'apparition d'un élément distinctif (Figure 3.9)



Figure 3.9 – Élément annonçant un sondage de pensées dans le test Go-No Go/Mind-Wandering

Le sondage de pensées consiste à poser aux participants la question suivante « Quel était votre état d'esprit dans les quelques secondes avant cette interruption ? ».

- Totalelement concentré(e) sur la tâche ;
- Distract(e) par des perceptions extérieures (p. ex. un son, une odeur, le fait d'avoir faim, d'avoir froid) ;
- Distract(e) par des pensées liées au test (p. ex. : le fait de penser à votre performance, à la durée du test) ;

- Distract(e) par des pensées non liées à la tâche (p. ex. le fait de penser à vos vacances, à votre emploi du temps de la journée).

Le sondage prend fin lorsque le participant répond qu’il était concentré. Dans les autres cas, le participant est invité à estimer, sur une échelle Likert allant de 0 (pas du tout intense) à 6 (extrêmement intense), l’intensité et donc le niveau de perturbation de la distraction. Lorsque le sondage prend fin, le participant est informé de la reprise du test par la phrase suivante « Le test va reprendre, positionnez votre index au-dessus de la barre espace. » qui reste à l’écran pendant une durée de 450 ms. Le test reprend par l’apparition à l’écran de l’élément de transition. À la fin de ce test, les participants sont invités à compléter de nouveau le Mind-Wandering Questionnaire permettant d’évaluer le mind-wandering trait. Pour rappel, ce questionnaire se compose de 5 items et fait partie des informations collectées dans le questionnaire individu à l’inclusion.

Figure 3.10 – Sondage de l’état d’esprit pour chacun des blocs du test Go-No Go/Mind-Wandering

Les variables recueillies et les variables résumées qui sont calculées pour ce test sont les mêmes que pour le test GNG. Outre ces variables et pour chacun des 8 blocs, les variables suivantes sont également collectées :

- le pourcentage d’erreur aux 5 derniers stimuli cibles ;
- la réussite à inhiber le dernier stimulus non cible ;
- la réponse à chacun des sondages de pensées ;
- le niveau de perturbation lorsque pertinent.

Test de la Tour de Londres

Le test de la Tour De Londres (TDL) est un test imaginé par Tim Shallice en 1982 pour mesurer la capacité de planification chez des patients atteints de lésions pré-frontales [49]. Ce test consiste à déplacer des boules de couleurs différentes sur trois piquets dans le but de reproduire une configuration donnée. La difficulté augmente au cours du test, passant d’un premier qui ne requiert pas de planification à un niveau final nécessitant anticipation et planification. Le test que nous avons développé se base sur une version modifiée du test de Shallice dans le but d’étudier les capacités de planification chez des sujets normaux [118]. Dans cette version, le sujet déplace 5 boules (au lieu de 3 dans la version originelle)

sur un modèle de départ situé à gauche de l'écran à l'aide de la souris. Le modèle à reproduire est affiché à la droite de ce modèle de départ (Figure 3.11).

Les volontaires ont pour consigne de reproduire chacun des problèmes proposés en réalisant le minimum de déplacements possible et en respectant 3 règles suivantes :

- seule une boule peut être déplacée à la fois ;
- seule la boule située au dessus peut être déplacée ;
- chaque déplacement est comptabilisé.

Au total, 15 niveaux avec un nombre nécessaire de déplacements croissant allant de 1 à 11 sont proposés (Annexe B.1). Les volontaires sont informés qu'ils disposent d'un temps de réflexion avant de commencer chacun des niveaux (les configurations de départ et but s'affichant en transparence avec le bouton « Commencer ») et qu'ils disposent ensuite 60 secondes pour terminer chacun des niveaux. Les quatre premiers niveaux sont des niveaux simples comprenant respectivement 1-2-3-3 déplacements sans aucun déplacement intermédiaire (c.-à-d. le fait de placer une boule à un endroit qui ne correspond pas à sa position finale mais qui est indispensable pour la résolution du problème). Plus le nombre de déplacements intermédiaires augmente, plus la capacité de planification est requise. Ces déplacements intermédiaires peuvent être de deux types :

- *subgoal move* : c'est le déplacement d'une boule vers une position qui n'est pas sa position finale mais qui est essentiel pour la résolution du problème.
- *subgoal chunk* : c'est une série consécutive de *subgoal moves* nécessaires pour placer un disque dans la position voulue par le sujet.

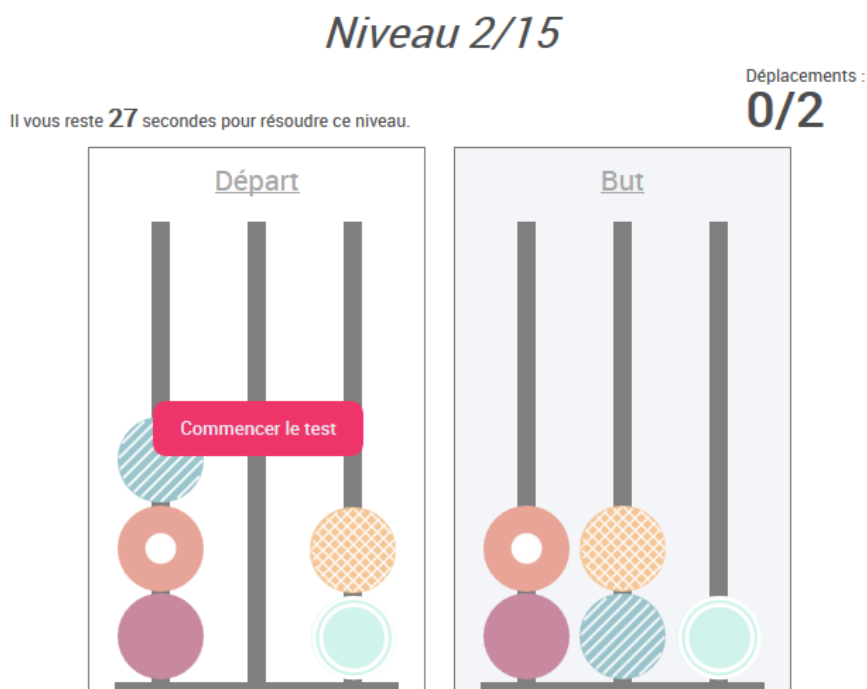


Figure 3.11 – Illustration du test de la Tour de Londres

Les données suivantes recueillies sont les suivantes :

- temps de réflexion : temps entre l’affichage de la configuration de départ et le clic sur le bouton « Commencer » ;
- le nombre de déplacements effectués pour résoudre le problème ;
- le temps de résolution qui correspond au temps écoulé entre le clic sur le bouton "Commencer" et la fin du dernier déplacement aboutissant à la résolution du problème ;
- le nombre d’essais qui ont été nécessaires pour résoudre le problème avec le minimum de déplacements.

Les indicateurs créés pour ce test sont le nombre de problèmes correctement résolus au premier essai, la performance pondérée sur le nombre de déplacements pour les niveaux correctement résolus.

Développement des tests

Après rédaction des cahiers des charges, le développement des tests s’est déroulé en trois phases. Dans un premier temps, quatre étudiants du Master 1 informatique de l’Université de Bordeaux se sont vus confier la mission de développer deux tests dans le cadre de leur projet de programmation. Ce travail s’est déroulé sur la période allant du 11 janvier au 12 avril 2016 et avait pour titre « Développement d’un outil de mesure de l’attention via internet ». Ce projet a été dirigé par Marta Avalos, chercheuse au sein de l’équipe Statistiques pour la médecine translationnelle (SISTM pour *Statistics In Systems Biology and Translational Medicine*), et a été co-encadré par Lucile Divert, développeuse du Centre de Ressource et Développement en Informatique Médicale (CREDIM) de l’ISPED, et moi-même. Ce travail a permis le développement d’une version préliminaire pour les tests GNG et TDL.

Dans un second temps, ce projet a été repris par un étudiant en informatique dans le cadre d’un contrat d’été de deux mois. Au terme de ces deux mois, nous disposions d’une version quasi finalisée pour les tests GNG et TDL. Afin de terminer le développement des tests, un prestataire externe a été sollicité. Sa mission était de terminer les tests GNG et TDL et d’adapter le test GNG en un test d’attention soutenue avec sondages de pensées. La partie visuelle des tests a été créée en collaboration avec la chargée de communication de l’équipe.

Mise en ligne des tests

Les trois tests ont été mis en ligne simultanément le 15 juin 2017. Cette mise en ligne a été précédée d’une phase de test visant à vérifier le bon fonctionnement de chacun d’eux. Le 18 septembre 2017, un correctif pour le test GNG/MW a été mis en ligne. Ce correctif a eu pour but de résoudre des problèmes d’enregistrement, non détectés lors de la phase de test, survenant chez des volontaires disposant d’une connexion internet particulièrement limitée en termes de débit. Ce correctif a consisté à remplacer l’enregistrement en continu des données au cours du test par un envoi unique des données à la fin de celui-ci.

Passage des tests

Un mail d'invitation a été envoyé le 10 octobre 2017 à l'ensemble des référents (hors personnes âgées représentées) de l'Observatoire MAVIE (Annexe B.2). Ce mail a été suivi d'un mail de relance un mois plus tard. Les foyers représentés par un référent d'un autre foyer n'ont pas été invités à réaliser ces tests puisque ce sont des volontaires qui ne disposent pas d'une connexion internet à domicile et ainsi pas en mesure de passer eux-mêmes ces tests.

Les tests sont accessibles directement depuis leur espace volontaire par le biais de trois vignettes (Figure 3.12). Ils sont accessibles aux volontaires dans l'ordre suivant : GNG, GNG/MW et TDL. Un test non accessible est signalé par un petit cadenas sur la vignette du test et un message informe le volontaire du fait qu'il doit terminer le test précédent pour pouvoir accéder au test suivant.



Figure 3.12 – Illustration des vignettes d'accès aux tests en ligne

Lorsqu'un volontaire clique sur la vignette d'un test, il accède à une page de présentation de ce test comprenant une explication sur la tâche à effectuer (Annexes B.3, B.5, B.7). En outre, le volontaire a accès à une brève vidéo d'explication (moins d'une minute) réalisée sous forme de diaporama. À la fin de chaque test, le participant est dirigé vers une page de bilan (Annexes B.4, B.6, B.8). Il peut ainsi visualiser graphiquement ses résultats au test par rapport aux autres volontaires et accéder à une explication sur l'objet du test. Cette explication comprend un exemple concret de situation faisant intervenir la composante mesurée par le test dans la vie quotidienne. Afin d'alimenter les graphiques pour les premiers volontaires, une quinzaine de personnes, parmi lesquelles des membres de l'équipe IETO ainsi que des personnes de leur entourage (p. ex. membres de la famille, amis), ont été invitées à réaliser chacun des trois tests à partir de comptes tracés. Les données issues de ces comptes ont été automatiquement exclues de toutes les analyses.

Informations supplémentaires

Outre les données de performance, les variables suivantes étaient systématiquement recueillies pour chacun des trois tests :

- l'heure de passage du test ;
- la date de passage du test.

Chaque début de test est également précédé de trois questions portant sur l'état du volontaire :

- Êtes-vous fatigué ? : Oui/Non ;
- Êtes-vous détendu ? : Oui/Non ;
- Êtes-vous préoccupé ? : Oui/Non.

3.3.5 Traumatismes non intentionnels dans MAVIE

Les traumatismes non intentionnels dans le cadre de l'observatoire MAVIE sont les accidents de la vie courante ayant nécessité une consultation médicale ou paramédicale. Le recueil des accidents repose sur la déclaration spontanée par le référent des accidents survenus dans son foyer.

Afin de faciliter le suivi et le recueil des accidents, une procédure simplifiée a été mise en place. En un clic dans le mail de demande de nouvelles trimestriel ou dans la newsletter mensuelle, le référent peut rapidement donner des nouvelles des membres de son foyer (Figure 3.13).

À tout moment, un membre d'un foyer victime d'un AcVC peut également venir de lui-même déclarer cet accident sur le site internet de l'étude.

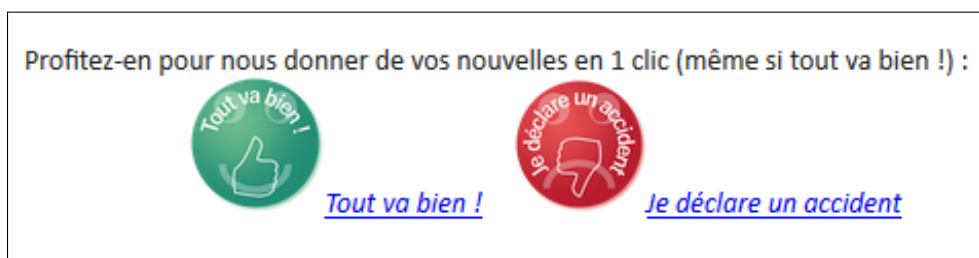


Figure 3.13 – Illustration de la procédure simplifiée de demande de nouvelles

Lors de la survenue d'un AcVC, le référent ou la victime de l'accident est invité à compléter un questionnaire accident. Ce questionnaire permet le recueil d'informations sur :

- la date de l'accident ;
- le lieu de l'accident (p. ex. habitat, aire de sport) ;
- l'activité au moment de l'accident (p. ex. activités domestiques, travaux de bricolage) ;
- l'état de fatigue au moment de l'accident ;
- la nervosité dans les 2 semaines avant l'accident ;
- la tristesse dans les 2 semaines avant l'accident ;
- les mécanismes de l'accident (p. ex. chute, choc, noyade) ;
- les soins reçus suite à l'accident (p. ex. visite chez un médecin généraliste, hospitalisation, arrêt de travail).

3.4 Conclusion

Pour conclure et avant de poursuivre sur la partie résultat, le Tableau 3.3 propose un résumé des trois études qui constituent l'objet de ce travail de thèse.

Tableau 3.3 – Résumé des sources de données et des variables étudiées dans le cadre de ce travail de thèse

	Étude 1	Étude 2	Étude 3
Source de données	CESIR	PIAAC/ATLAS	MAVIE
Traumatismes non intentionnels	Accidents de la route, les piétons	Accidents de la route, tous les usagers sauf les piétons et les passagers	Accidents de la vie courante
Les défauts d'attention	Consommation de médicaments	Distractions externes	Mind-wandering et tests neuropsychologiques en ligne
Dimension de l'attention	Dimension intensité, altération du niveau de vigilance	Dimension sélectivité	Dimension sélectivité (plus fonctions exécutives)

4 | Résultats

4.1 Étude du lien entre consommation de médicaments et risque d'accident chez les piétons

4.1.1 Avant-propos

Dans le cadre de cette première étude, nous nous sommes intéressée au lien entre la consommation de médicaments et le risque d'accident corporel de la circulation en nous focalisant sur une catégorie d'usagers : les piétons. Les défauts d'attention ne sont pas mesurés directement ici. Ils sont étudiés sous l'angle de la consommation de médicaments, dont certains sont connus comme étant source d'une baisse de la vigilance.

Cette étude repose sur l'analyse des données du projet CESIR. Elle a inclus 16 458 piétons impliqués dans un accident corporel de la circulation entre juillet 2005 et décembre 2011. Seuls les médicaments déjà identifiés comme pouvant présenter un risque pour la conduite (pictogramme de niveau 1 à 3) ont été étudiés. Une analyse de type case-crossover a été implémentée.

La mise en place de cette étude a reposé sur l'hypothèse qu'un sur-risque d'accident associé à la consommation de médicaments pouvait également exister chez les piétons. En effet, si le risque d'accident associé à la consommation de certains médicaments est aujourd'hui bien relativement bien documenté au travers de nombreuses études, dont plusieurs d'entre elles réalisées au sein du projet CESIR [63, 66, 68, 74, 119], le risque chez les piétons a jusqu'ici peu été étudié. Les quelques études existantes restent exclusivement descriptives. Dans un contexte où l'utilisation de moyens de transport doux, incluant la marche, de même que la pratique d'une activité physique régulière sont fortement encouragées, nous avons cherché à savoir si la consommation de certains médicaments pouvait également générer un sur-risque d'accident chez les piétons.

4.1.2 Résultats de l'étude

Cette étude a fait l'objet d'une publication dans la revue PLoS Medicine.

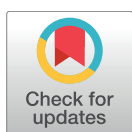
RESEARCH ARTICLE

Prescription medicine use by pedestrians and the risk of injurious road traffic crashes: A case-crossover study

Mélanie Née^{1,2,*}, Marta Avalos^{1,3}, Audrey Luxcey^{1,2}, Benjamin Contrand^{1,2}, Louis-Rachid Salmi^{1,2,4}, Annie Fourrier-Réglat^{5,6,7}, Blandine Gadegbeku^{8,9,10}, Emmanuel Lagarde^{1,2}, Ludivine Orriols^{1,2}

1 Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement (ISPED), Université de Bordeaux, Bordeaux, France, **2** Team IETO, Bordeaux Population Health Research Center, UMR U1219, INSERM, Université de Bordeaux, Bordeaux, France, **3** Team Biostatistique, Bordeaux Population Health Research Center, UMR U1219, INSERM, Université Bordeaux, Bordeaux, France, **4** Service d'Information Médicale, Pôle de Santé Publique, Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux, Bordeaux, France, **5** Team Pharmacoepidemiology, Bordeaux Population Health Research Center, UMR U1219, INSERM, Université Bordeaux, Bordeaux, France, **6** Pharmacologie Médicale, Pôle de Santé Publique, Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux, Bordeaux, France, **7** Centre d'Investigation Clinique Bordeaux, INSERM CIC 1401, Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux, Bordeaux, France, **8** Université de Lyon, Lyon, France, **9** UMRESTTE, UMR T9405, l'Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR), Bron, France, **10** UMRESTTE, Université Lyon 1, Lyon, France

* Melanie.Nee@u-bordeaux2.fr



OPEN ACCESS

Citation: Née M, Avalos M, Luxcey A, Contrand B, Salmi L-R, Fourrier-Réglat A, et al. (2017) Prescription medicine use by pedestrians and the risk of injurious road traffic crashes: A case-crossover study. *PLoS Med* 14(7): e1002347. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002347>

Academic Editor: Donald A. Redelmeier, University of Toronto, CANADA

Received: October 27, 2016

Accepted: June 7, 2017

Published: July 18, 2017

Copyright: © 2017 Née et al. This is an open access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Data Availability Statement: Access to the French national healthcare insurance database, the police reports and the national police database of injurious crash have been respectively provided by the French National Health Insurance (CNAMTS), Agira-TransPV and the National Interministerial Road Safety Observatory (ONISR). Access to the national healthcare insurance database and matching with other datasources requires the authorization of the Health Data Institute (Institut des données de santé [IDS]) and the French Data Protection Authority (Commission nationale de

Abstract

Background

While some medicinal drugs have been found to affect driving ability, no study has investigated whether a relationship exists between these medicines and crashes involving pedestrians. The aim of this study was to explore the association between the use of medicinal drugs and the risk of being involved in a road traffic crash as a pedestrian.

Methods and findings

Data from 3 French nationwide databases were matched. We used the case-crossover design to control for time-invariant factors by using each case as its own control. To perform multivariable analysis and limit false-positive results, we implemented a bootstrap version of Lasso. To avoid the effect of unmeasured time-varying factors, we varied the length of the washout period from 30 to 119 days before the crash. The matching procedure led to the inclusion of 16,458 pedestrians involved in an injurious road traffic crash from 1 July 2005 to 31 December 2011. We found 48 medicine classes with a positive association with the risk of crash, with median odds ratios ranging from 1.12 to 2.98. Among these, benzodiazepines and benzodiazepine-related drugs, antihistamines, and anti-inflammatory and antirheumatic drugs were among the 10 medicines most consumed by the 16,458 pedestrians. Study limitations included slight overrepresentation of pedestrians injured in more severe crashes, lack of information about self-medication and the use of over-the-counter drugs, and lack of data on amount of walking.

l'informatique et des libertés [CNIL]). More information can be found at <http://www.institut-des-donnees-de-sante.fr/etudes-recherches> or email requests to: ieto.bphu1219@u-bordeaux.fr.

Funding: The CESIR-A project was supported by the French Direction de la sécurité et de la circulation routières (DSCR) and the French National Institute of Health and Medical Research (Equipe INSERM). The present study is part of the Drugs Systematized Assessment in real-life Environment (DRUGS-SAFE) research program funded by the French Medicines Agency (Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé, ANSM); grants received for the year 2015: 900,000 euros. Employees of ANSM participated in data collection. The funders had no role in study design and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Competing interests: I have read the journal's policy and the authors of this manuscript have the following competing interests: EL is a member of the Editorial Board of PLOS Medicine.

Abbreviations: ATC, Anatomical Therapeutic Chemical.

Conclusions

Therapeutic classes already identified as impacting the ability to drive, such as benzodiazepines and antihistamines, are also associated with an increased risk of pedestrians being involved in a road traffic crash. This study on pedestrians highlights the necessity of improving awareness of the effect of these medicines on this category of road user.

Author summary

Why was this study done?

- Pedestrians account for 22% of the world's road traffic deaths.
- Medicines have the potential to impair the ability of all road users, including pedestrians.
- To our knowledge, no study so far has investigated the association between consumption of medicinal drugs and risk of road traffic injury as a pedestrian.

What did the researchers do and find?

- We matched French nationwide databases with data on road traffic crashes (collected by police officers) and data on medicine delivery (collected by the national healthcare insurance system).
- We identified 16,458 pedestrians involved in an injurious road traffic crash between 1 July 2005 and 31 December 2011. Among them, 6,584 were included in our analyses.
- Several classes of medicine were associated with an increased risk of a pedestrian being involved in a road traffic crash.
- The most commonly consumed medicines associated with an increased risk of crash included benzodiazepines and benzodiazepine-related drugs, antihistamines, and anti-inflammatory and antirheumatic drugs.

What do these findings mean?

- Increased awareness of the risks of medicine use for pedestrians is important as the risks of medicines in road safety have hitherto been thought to concern drivers only.

Introduction

Walking is rightly being promoted for its benefits for physical and mental health and for the environment. This comes, however, with a caveat: pedestrians are among the most vulnerable road users [1]. The World Health Organization's 2013 global status report on road traffic safety revealed that pedestrians account for 22% of the world's road traffic deaths [2].

A pedestrian crash is defined as any incident occurring on a public thoroughfare that involves at least 1 person on foot and 1 or more vehicles, at least 1 of which is moving. Cognitive, perceptive, and motor skills are involved in a pedestrian's ability to move safely in a traffic

setting. A decrease in motor skills may prevent pedestrians from crossing the road in time. For instance, a study in England compared the walking speed in the population with the speed required to utilize pedestrian crossings among 3,145 adults aged 65 and older and concluded that most of them were unable to cross the road in time [3]. Identified risk factors for the occurrence and severity of injury include environmental factors (e.g., lighting conditions, weather), roadway characteristics (e.g., speed limit, lack of pedestrian facilities), and pedestrian characteristics and behaviors (age, sex, maneuvers, alcohol intoxication) [4–8]. Because medicines have the potential to impair the skills needed to perform road users' tasks safely, the association between the use of medicines and the risk of road traffic crash has been studied among vehicle drivers. The association between drivers' use of benzodiazepines and the risk of road crash is now consistently documented [9–14]. Other medicines have also been studied: antidepressants [10,13–17], opioids used in pain treatment and in substitution treatment for opioid dependence [11,13,18,19], and cardiovascular drugs [20,21]. A positive association was found in these studies, except for 1 study [20] that found no association between calcium channel blockers and the risk of crash, and 2 studies [11,19] in which there was an increased risk with opioid use, but the increase was not statistically significant.

Very few studies have investigated the association between the use of medicinal drugs and the risk of road traffic crashes involving pedestrians, and available data remain descriptive, with no comparison group. One study analyzed postmortem blood and urine specimens from victims of road traffic fatalities between 2000 and 2006 in England and Wales. Benzodiazepines and antidepressants were detected in 30% and 20% of pedestrians' blood and urine specimens, respectively [22]. In 2003, the Australian Transport Safety Bureau reported that 5.4% of male pedestrians aged 15–54 years killed in a road safety crash between 1997 and 1999 had taken benzodiazepine tranquilizers, and 1.3% had taken an antidepressant [23]. The non-comparative design of these studies excludes all conclusions about the actual role of medication use.

The aim of this study was to investigate the association between the use of medicines and the risk of road traffic crash in pedestrians.

Methods

We extracted and matched data from 3 French nationwide databases: the national healthcare insurance database, police reports, and the police national database of injurious crashes. Drivers were included by means of their national healthcare ID number, extracted from police reports by an automatic procedure. This national ID number was used to link pedestrians to medicine reimbursement data around the crash date. Police reports were matched to records in the injurious crashes database by a probabilistic linkage method [24].

Ethics statement

Confidentiality was ensured by using the personal information anonymization function of the healthcare insurance system [25]. The study was approved by the French Data Protection Authority.

Data sources

Police reports. French police officers are required to fill out a police report for each injurious crash occurring in the country (about 70,000 reports each year). An injurious crash is defined as a crash occurring in a road open to public circulation involving at least 1 vehicle and resulting in at least 1 victim needing medical attention or being killed. All reports are scanned and stored as image files. A manual validation study of 141 police reports involving pedestrians showed that national ID number was recorded for 39% of the pedestrians involved

in these injurious road traffic crashes. These ID numbers were extracted from image files for later matching against dispensing records in the healthcare insurance database. All police reports available from 1 July 2005 to 31 December 2011 were compiled.

Police national database of injurious crashes. Information collected by the police for each injurious road traffic crash is stored in the police national database of injurious crashes, including information on the crash, vehicles, and persons involved. The variables used in this study were sex and age of the pedestrian, presumed responsibility for the crash as assessed by police officers, injury severity, weather, season, hour, day of week, lighting conditions, pedestrian action, and pedestrian location.

National healthcare insurance database. The healthcare insurance database covers the entire population of France. A record is added each time a reimbursed prescription medicine is dispensed to an outpatient at a pharmacy; the record includes national ID number, date of dispensing, and the 7-digit code that identifies medicines.

Participant inclusion

A pedestrian was excluded if the police report did not contain his or her national ID number or if the extraction procedure failed or a link could not be established with the corresponding record in the police national database of injurious crashes. If a pedestrian was involved in several crashes during the study period, only the first crash was considered, to ensure that the dispensing of a drug was not a consequence of a previous crash.

Participant and crash characteristics

Pedestrian characteristics (including age, sex, responsibility attributed by police officers, injury severity, and the pedestrian's action and location) and crash characteristics (including weather, season, time and day of the crash, and lighting) were described. These characteristics were also used to investigate the factors associated with the probability of being part of the study.

Medicine and exposure periods

In France, a classification of medicines that could affect the ability to drive, use machines, and implement tasks requiring attention and precision has been developed by the French National Agency for Medicines and Health Products Safety (ANSM) and gradually applied since 2005 [26]. This classification, with its 4-level ranking from 0 (no or negligible risk) to 3 (major risk), has been validated in a study on drivers using the same databases as used in this study [24]. For the present study, only prescription medicines ranking from level 1 to 3 were included in the analysis. These medicines account for 37% of the medicines sold in France [27].

The exposure periods were determined for each pharmacotherapeutic class according to the Anatomical Therapeutic Chemical (ATC) classification (fourth level). Medication exposure was defined as starting 1 day after dispensing, and exposure duration was estimated from median values reported in a survey on medicine prescription in France [28]. To ensure that the medicines were not prescribed as a consequence of injuries sustained in the crash, medicines dispensed on the day of the crash were not considered in the analysis.

Case-crossover analysis

The case-crossover design allows study of the effect of transient exposure on the risk of acute events. The exposure frequency during a period just before the crash (case period) is compared with the exposure frequency during an earlier period (control period) in the same individual [29]. In the case-crossover analysis, only records with discordant exposures in case and control

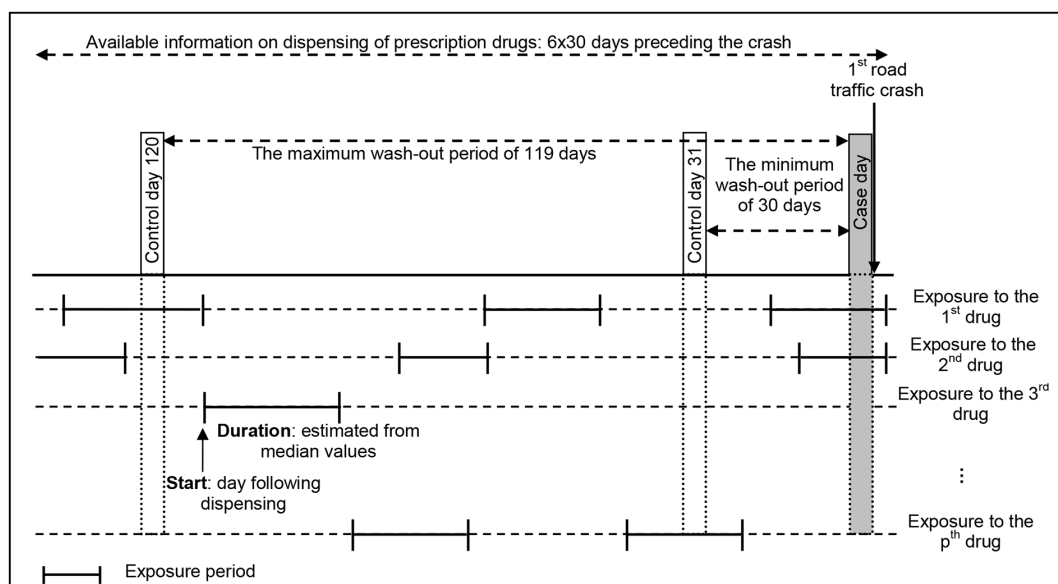


Fig 1. The case-crossover design of the study, with multiple drug exposures and a varying washout period. In the case-crossover design, only individuals with unequal exposures for the control period and the case period contribute to the analysis. For instance, with a control day defined at 120 days before the crash day, the individual shown in this figure has unequal exposures for the second drug (exposed during case day and unexposed during control day), but concordant exposures for the first drug (exposed both days) and the third drug (unexposed both days). In a case-crossover analysis, only the exposure to the second drug is used.

<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002347.g001>

windows (either exposed on the case day and unexposed on the control day or unexposed on the case day and exposed on the control day) contribute to the analysis. The period between the case and control periods is called the washout. It corresponds to the period needed to ensure that exposure in the control period is not mixed with exposure in the case period.

The optimal washout period for a given medicine depends on its indication and prescription patterns. Since all prescribed drugs with non-null risk level were considered here, we could not make any assumption concerning the choice of the washout period. This period was thus varied from 30 to 119 days before from the crash day, resulting in the implementation of 90 case-crossover designs with distinct washout periods (Fig 1). Data on reimbursed medicines dispensed within 6 months before the crash were available. To ensure that the pedestrian was not exposed to a medicine at the beginning of the observation period without us knowing (dispensing date before the beginning of the observation period), we chose a 4-month study period. This approach of using multiple washout periods provided an indication of the robustness of the observed associations.

The conditional logistic regression model was the standard tool used for the analysis.

Lasso analysis

We designed the analysis protocol assuming that few medicines increased the risk of road crash. A variable selection procedure thus had to be performed to identify these medicines from a large list of potential candidates. To address multiple testing problems, we implemented a Lasso (least absolute shrinkage and selection operator) regression analysis [30] for each washout period. In this multivariable modeling approach, a penalty term shrinks each

coefficient estimate and sets some of them to zero. Estimation and selection of the subset of covariates showing the strongest association from a longer list of covariates occur simultaneously.

The Lasso approach tends to retain not only the relevant exposures but also a few additional irrelevant ones (though typically their estimates are small). To circumvent this problem, we used the Bolasso (bootstrap-enhanced least absolute shrinkage operator) method [31]. Only exposures frequently chosen by the Lasso analysis over the bootstrap samples were selected, which improved the stability of the results [32]. In the Bolasso procedure, 2 parameters have to be tuned. The optimal amount of shrinkage was estimated by cross-validation. The frequency threshold was tuned with the Akaike information criterion over 1,000 bootstrap samples. To correct bias in the estimated coefficients, we fitted the unpenalized logistic regression model with the exposures retained in the model (those having a nonzero point estimate of log-odds ratio) [33].

Results for each of the 90 control periods were combined in a figure to investigate whether patterns could be found according to the length of the washout period (e.g., medicines selected with narrow washout). A colored square was used to indicate that a medicine class was selected by the model. The color intensity and the size of this square were proportional to the bias-corrected odds ratio obtained at the end of the Bolasso procedure.

All statistical analyses were performed using the package Penalized in R statistical software (version 3.2.3; R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). The bootstrap was implemented manually.

Results

National ID number, sex, and date of birth of individuals involved in a traffic crash were extracted for 215,032 of the 439,518 police reports of traffic crashes from 1 July 2005 to 31 December 2011. Among these, 186,636 (86.8%) were matched with a corresponding record in the police national database of injurious crashes. The linkage failed for national ID numbers corresponding to road users involved in a crash but not captured in the police national injurious crashes database and for individuals not involved in the crash (e.g., witnesses).

The procedure led to the inclusion of 16,458 pedestrians involved in a road traffic crash between 1 July 2005 and 31 December 2011 (19.1% of the pedestrians registered in the national database of injurious crashes; see Fig 2). Among these, 7,535 pedestrians (45.8%) were never exposed to any medicine under study during the time period considered (crash day and 120 days before), and 2,339 pedestrians (14.2%) were exposed to at least 1 medicine of interest, but without interruption. Consequently, these pedestrians were not included in the analyses. When varying the washout period, the sample size (pedestrians with unequal exposure in the case and control periods) varied from 5,009 (30.4% of pedestrians; washout = 37 days) to 5,315 (32.3% of pedestrians; washout = 107 days). The probability of being part of the study was associated with sex, age, injury severity, weather conditions, and day of the week (S1 Table).

Almost 60% of the participants were women, and almost one-third were 65 years old or older (Table 1). The majority of crashes occurred during favorable weather and lighting conditions. In all, 12,474 pedestrians (75.8%) were crossing the street at the time of the crash, and 7,823 (47.6%) were in a crosswalk. More precisely, most of the crashes occurred in a crosswalk with a traffic light (29.4%) or less than 50 m from a crosswalk (20.8%).

When varying the washout period from 30 days (Fig 3, right) to 119 days (Fig 3, left), we found 48 medicine classes (ATC level 4) associated with an increased risk of being involved in a road crash as a pedestrian in at least 1 of the 90 models, and 4 association patterns (Fig 3). A pattern with a narrow washout period characterized 5 medicine classes (labeled with blue stars

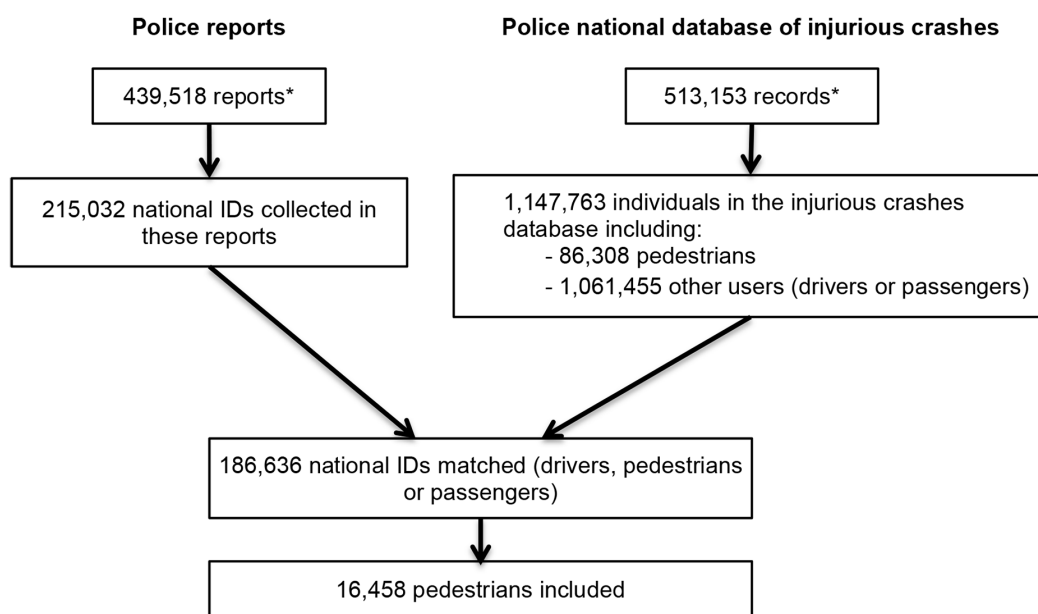


Fig 2. Flowchart of the inclusion procedure. Note that the discrepancy between the number of police reports and the number of records in the police national database of injurious crashes is explained by the fact that a small proportion of unavailable reports were being used for ongoing legal investigations. *Modified from Orriols et al. [24].

<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002347.g002>

in Fig 3), including dopamine antagonists (N04BC) and piperazine derivatives (R06AE). A second pattern included 8 medicines that were consistently associated with increased risk in models with a wide washout period (yellow triangles). This pattern included 3 insulins and analogues (A10AC, A10AD, and A10BD). A third pattern included 3 medicine classes that were regularly associated with increased risk regardless of the washout period (green circles). Among these 3, alpha-adrenoreceptor antagonists (G04CA) showed the most regular association profile (showing association with increased risk in more than 90% of the designs). Finally, 32 medicines showed irregular associations with pedestrian crash risk (black squares) with respect to the length of the washout period.

Table 2 presents the variation of the bias-corrected odds ratios and the total number of designs in which each exposure was selected (*L* value).

Table 3 shows that benzodiazepine derivatives and benzodiazepine-related drugs have the highest consumption rates in our cohort. Medicines with frequent use also include 4 classes of drugs used either as analgesics or as anti-inflammatory and antirheumatic drugs (R05DA, N02BG, N02AX, and M01AB), 2 classes of antihistamines (R06AX and R06AD), plain ACE inhibitors (C09AA), and 1 class of antidepressants (N06AX).

Discussion

The analysis of 16,458 pedestrians involved in a road crash between 1 July 2005 and 31 December 2011, among which 6,584 were included in the analyses, identified 48 medicine classes associated with an increased risk for pedestrians of being involved in an injurious road traffic crash. Among them, the 10 most consumed medicines included benzodiazepines and benzodiazepine-related drugs, antihistamines, and anti-inflammatory and antirheumatic drugs.

Table 1. Pedestrian and crash characteristics.

Characteristic	Subcategory	Number (%)
Total		16,458
Gender male		6,803 (41.3)
Age (years)	<18	1,455 (8.8)
	18–24	1,641 (10.0)
	25–34	1,731 (10.5)
	35–44	1,810 (11.0)
	45–54	2,122 (12.9)
	55–64	2,255 (13.7)
	65–74	2,022 (12.3)
	≥75	3,395 (20.6)
	Missing	27 (0.2)
Pedestrian responsible for crash (as determined by police officer)		2,369 (14.4)
Injury severity	Unhurt	123 (0.7)
	Slightly injured	8,197 (49.8)
	Seriously injured	7,741 (47.0)
	Killed	397 (2.4)
Risk ranking of medicine^a	Level 1	3,460 (21.0)
	Level 2	3,379 (20.5)
	Level 3	983 (6.0)
Weather	Not reported	1 (0.0)
	Normal	12,844 (78.0)
	Light rain	1,852 (11.2)
	Heavy rain	473 (2.9)
	Snow/hail	118 (0.7)
	Fog/smoke	76 (0.5)
	Strong windstorm	34 (0.2)
	Blinding weather	381 (2.3)
	Cloudy	572 (3.5)
	Other	107 (0.7)
Season	Spring	3,289 (20.0)
	Summer	3,475 (21.1)
	Autumn	5,601 (34.0)
	Winter	4,093 (24.9)
Time of day	05:00–10:59	4,464 (27.1)
	11:00–13:59	2,865 (17.4)
	14:00–19:59	7,762 (47.2)
	20:00–22:59	923 (5.6)
	23:00–01:59	286 (1.7)
	02:00–04:59	158 (1.0)
Crash day	Weekday	13,500 (82.0)
	Saturday	1,958 (11.9)
	Sunday	1,000 (6.1)
Lighting	Daylight	12,028 (73.1)
	Dawn or dusk	1,007 (6.1)

(Continued)

Table 1. (Continued)

Characteristic	Subcategory	Number (%)
	Dark, no street lights	498 (3.0)
	Dark, street lights off	132 (0.8)
	Dark, street lights on	2,793 (17.0)
Pedestrian's action	Not reported	715 (4.3)
	Moving	1,340 (8.1)
	Crossing	12,474 (75.8)
	Playing/running	470 (2.9)
	Other	1,459 (8.9)
Pedestrian's location	Not reported	1,632 (9.9)
	>50 m from a crosswalk	2,064 (12.5)
	≤50 m from a crosswalk	3,416 (20.8)
	Crosswalk without a traffic light	2,990 (18.2)
	Crosswalk with a traffic light	4,833 (29.4)
	Sidewalk	1,028 (6.2)
	Other	495 (3.0)

^aExposure on the crash day. For this study, only medicines ranking from levels 1 to 3 were included in the analysis. Some pedestrians may have been exposed to several medicines of different risk level.

<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002347.t001>

Injury severity and age were associated with the probability of being part of the study. This is due to 2 combined factors: (1) the healthcare number was more frequently noted for injured pedestrians admitted to hospital, leading to a slight overrepresentation of pedestrians injured in more severe crashes, and (2) older road users involved in a road crash are more likely to be more severely injured [34].

Computerized records of reimbursed prescriptions were used to determine exposure to medications. Compared with self-reporting methods, this method avoids memory bias. However, these databases have 2 main limitations. First, there is a lack of information about self-medication and the use of over-the-counter drugs because only dispensing of reimbursed drugs is recorded. Second, there is a lack of information about treatment compliance. Because of the use of the dispensing date to determine exposure periods, these limitations can result in exposure misclassification. A study using the same reimbursement database showed that healthcare insurance data are reliable indicators of actual exposure for medicines used over a long time, but less so for episodically used medicines [35].

In studies on medicines, both the treatment and the condition for which the treatment was prescribed can be associated with the outcome of interest. Because the case-crossover design compares each individual with himself/herself, it has the advantage of eliminating control selection bias and confounding by time-invariant factors such as age, sex, and chronic conditions [36]. However, confounding by indication remains for non-chronic conditions or if there is a change in the severity of the disease over time. Confounding may also remain for other time-varying factors such as increased enforcement of speeding laws. However, the effect on our estimates is likely insignificant because exposures of only the 4 months preceding the crash day were considered for each pedestrian. The probability of such an event occurring during these 4 months is therefore small. Another reason the effect of these potential confounding factors is likely to be insignificant is that these 4-month periods were different for every

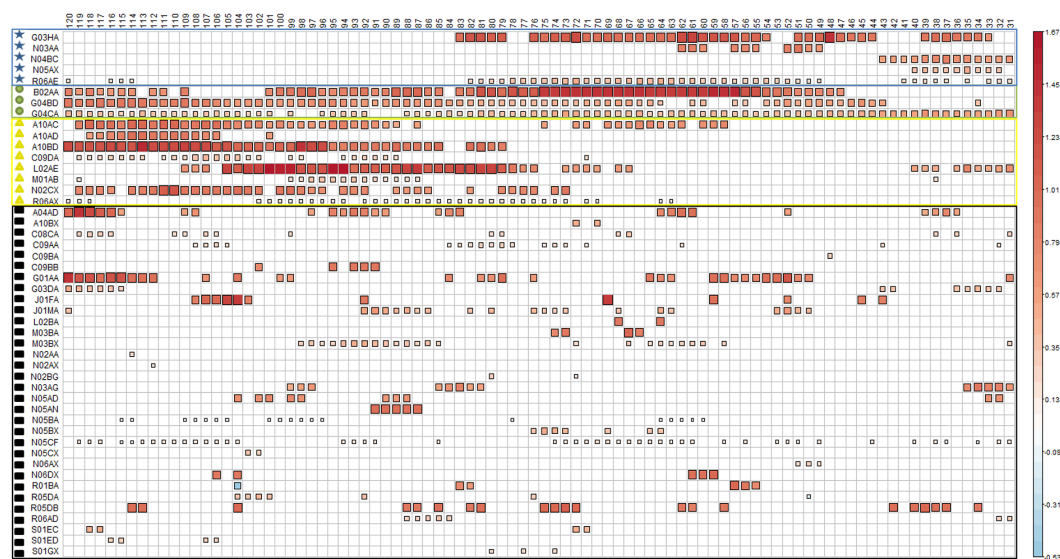


Fig 3. Results of the 90 case-crossover designs obtained when varying the washout period from 30 days to 119 days. A blank cell means that the medicine class was not retained in the final model for this control period, and a colored square means that the medicine class was selected by the model. Both the size and color intensity of the squares depend on the absolute value of the bias-corrected estimated coefficients. When varying the washout period, the frequency thresholds estimated using the Akaike information criterion varied from a minimum of 50% (washout = 40) to a maximum of 74% (washout = 104). A frequency threshold of 74% means that medicines selected in at least 74% of the 1,000 bootstraps were considered as associated risk factors for pedestrian road crash. The different colored forms on the far left indicate groups of medicines according to the location of the control periods (with respect to the crash day) for which there was an association of the medicine with increased risk of being involved in a road crash as a pedestrian: blue stars indicate increased risk in control periods close to the crash; yellow squares indicate increased risk in control periods far from the crash; green circles indicate increased risk in control periods both close to and far from the crash; black squares indicate increased risk in discontinuous control periods.

<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002347.g003>

pedestrian and therefore were spread over a 6-year period. The choice of the control periods has to be independent of exposure, and only periods in which an event can occur must be considered [37].

One limitation of our study is that no information was available on how much the participants walked during the control versus case periods. Thus, we were not able to control for the amount of walking. If the probability of being a pedestrian is correlated with exposure, then the results may be biased. Indeed, consumption of some of the medicines under study may result in an increased probability of walking instead of driving because of the warning pictogram on medicine packaging. However, a recent study exploring trends in medicine consumption (restricted to hypnotics and anxiolytics) before and after the implementation of pictograms in France showed no impact of pictograms on exposure level to these medicines among drivers. Consequently, it is very unlikely that the pictogram system resulted in a substantial shift in transportation means for consumers of those medicines [38]. Medicines can also lead to an increase in walking due to an increased sense of well-being. However, there will be a bias only if the reason for taking this medicine already existed during the control period and led to a decrease in walking. This is unlikely, as control periods were at least 30 days before the crash, and there is no reason to think that people affected by a debilitating disease for at least 1 month would not take medicines. Consequently, taking medicines during the case period was assumed to enable the individual to get back to his or her previous walking habits.

Table 2. Selection frequency of 48 medicine classes among the 90 case-crossover models, bias-corrected odds ratios, and unequal exposures.

ATC class ^a (fourth level)	ATC class description	L ^b	OR ^c	Case period ^d	Control period ^e
G03HA*	Antiandrogens, plain	43	2.66 (2.59–3.10)	10 (9–10)	4 (3–4)
N03AA*	Barbiturates and derivatives	10	2.16 (2.00–2.30)	13 (13–13)	6 (6–7)
N04BC*	Dopamine agonists	13	1.85 (1.80–1.99)	22 (20–23)	12 (11–12)
N05AX*	Other antipsychotics	9	1.48 (1.45–1.55)	45 (44–45)	31 (30–32)
R06AE*	Piperazine derivatives	47	1.35 (1.28–1.49)	122 (113–126)	85 (82–88)
B02AA [#]	Amino acids	64	2.60 (2.23–3.93)	13 (12–13)	4 (3–5)
G04BD [#]	Urinary antispasmodics	74	1.87 (1.61–2.01)	42 (40–44)	22 (21–25)
G04CA [#]	Alpha-adrenoreceptor antagonists	84	1.50 (1.44–1.61)	59 (56–63)	39 (36–42)
A10AC [†]	Insulins and analogues for injection, intermediate-acting	46	2.10 (1.88–2.33)	18 (16–18)	9 (7–9)
A10AD [†]	Insulins and analogues for injection, intermediate-acting combined with fast-acting	14	2.30 (2.15–2.41)	20 (18–21)	9 (8–9)
A10BD [†]	Combinations of oral blood glucose-lowering drugs	40	2.89 (2.49–3.40)	11 (10–13)	4 (4–4)
C09DA [†]	Angiotensin II antagonists and diuretics	26	1.34 (1.28–1.38)	102 (95–107)	74 (70–79)
L02AE [†]	Gonadotropin-releasing hormone analogues	48	2.98 (1.87–3.44)	13 (11–18)	4 (3–10)
M01AB [†]	Acetic acid derivatives and related substances	15	1.30 (1.27–1.39)	90 (89–94)	68 (64–70)
N02CX [†]	Other antimigraine preparations	36	2.21 (2.09–2.44)	13 (12–13)	6 (5–6)
R06AX [†]	Other antihistamines for systemic use	36	1.20 (1.18–1.23)	209 (206–213)	172 (166–176)
A04AD [‡]	Other antiemetics	27	2.16 (1.84–2.53)	18 (18–19)	9 (7–10)
A10BX [‡]	Other blood glucose-lowering drugs, excluding insulins	2	1.69 (1.69–1.69)	19 (19–19)	11 (11–11)
C08CA [‡]	Dihydropyridine derivatives	16	1.32 (1.30–1.35)	81 (75–83)	61 (56–62)
C09AA [‡]	ACE inhibitors, plain	18	1.26 (1.23–1.28)	125 (120–128)	96 (95–100)
C09BA [‡]	ACE inhibitors and diuretics	1	1.37 (1.37–1.37)	48 (48–48)	36 (36–36)
C09BB [‡]	ACE inhibitors and calcium channel blockers	5	2.45 (2.41–2.45)	9 (9–9)	4 (4–4)
G01AA [‡]	Antibiotics	32	2.44 (2.10–2.58)	13 (13–13)	5 (5–6)
G03DA [‡]	Pregnen (4) derivatives	13	1.46 (1.42–1.49)	44 (43–45)	30 (28–31)
J01FA [‡]	Macrolides	12	2.55 (2.30–2.98)	11 (11–11)	4 (4–5)
J01MA [‡]	Fluoroquinolones	21	1.54 (1.42–1.61)	45 (44–45)	28 (27–29)
L02BA [‡]	Anti-estrogens	2	2.48 (2.46–2.49)	8 (8–8)	3 (3–3)
M03BA [‡]	Carbamic acid esters	4	2.42 (2.30–2.57)	14 (13–14)	6 (5–6)

(Continued)

Table 2. (Continued)

ATC class ^a (fourth level)	ATC class description	L ^b	OR ^c	Case period ^d	Control period ^e
M03BX [†]	Other centrally acting agents	24	1.37 (1.33–1.43)	70 (67–71)	50 (47–52)
N02AA [†]	Natural opium alkaloids	1	1.24 (1.24–1.24)	112 (112–112)	89 (89–89)
N02AX [†]	Other opioids	1	1.16 (1.16–1.16)	214 (214–214)	184 (184–184)
N02BG [†]	Other analgesics and antipyretics	2	1.31 (1.30–1.32)	77 (76–78)	60 (60–60)
N03AG [†]	Fatty acid derivatives	13	1.90 (1.80–2.25)	22 (21–23)	11 (10–12)
N05AD [†]	Butyrophenone derivatives	10	2.01 (1.97–2.04)	16 (16–17)	10 (9–11)
N05AN [†]	Lithium	5	2.68 (2.67–2.69)	8 (8–8)	3 (3–3)
N05BA [†]	Benzodiazepine derivatives	19	1.12 (1.11–1.13)	462 (437–470)	411 (391–413)
N05BX [†]	Other anxiolytics	7	1.49 (1.43–1.57)	37 (37–38)	26 (25–26)
N05CF [†]	Benzodiazepine-related drugs	47	1.17 (1.16–1.20)	251 (238–256)	212 (200–217)
N05CX [†]	Hypnotics and sedatives in combination, excluding barbiturates	2	1.40 (1.39–1.41)	54 (54–54)	37 (37–37)
N06AX [†]	Other antidepressants	3	1.28 (1.26–1.30)	112 (111–112)	89 (89–89)
N06DX [†]	Other antidementia drugs	5	2.68 (2.52–2.69)	8 (8–8)	3 (3–3)
R01BA [†]	Sympathomimetics	6	2.16 (1.91–2.38)	15 (15–15)	7 (6–7)
R05DA [†]	Opium alkaloids and derivatives	7	1.44 (1.39–1.45)	59 (59–59)	42 (41–45)
R05DB [†]	Other cough suppressants	21	2.66 (2.51–2.76)	8 (8–8)	3 (3–3)
R06AD [†]	Phenothiazine derivatives	7	1.38 (1.35–1.39)	67 (67–67)	50 (48–50)
S01EC [†]	Carbonic anhydrase inhibitors	4	1.60 (1.60–1.61)	25 (25–25)	16 (15–16)
S01ED [†]	Beta-blocking agents	4	1.32 (1.31–1.34)	64 (63–64)	48 (47–48)
S01GX [†]	Other antiallergics	3	1.28 (1.28–1.29)	83 (83–83)	61 (61–61)

^aATC: the Anatomical Therapeutic Chemical classification system.

^bL: number of case-crossover designs in which the exposure was selected.

^cOR: median, first quartile, and third quartile of bias-corrected odds ratio.

^dCase period: median, first quartile, and third quartile of the number of cases exposed only during the case period.

^eControl period: median, first quartile, and third quartile of the number of cases exposed only during the control period.

*ATC classes with risk associations for control periods close to the crash day (blue stars in Fig 3).

#ATC classes with risk associations for control periods both close to and far from the crash day (green circles in Fig 3).

[†]ATC classes with risk associations for control periods far from the crash day (yellow triangles in Fig 3).

[‡]ATC classes with risk associations for discontinuous control periods (black squares in Fig 3).

<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002347.t002>

Table 3. The 10 most consumed medicines among those listed in Table 2 as associated with road traffic crash involvement.

ATC ^a class (fourth level)		Number (%) ^b	L ^c
Total		16,458	
N05BA [†]	Benzodiazepine derivatives	1,986 (12.07)	19
N05CF [‡]	Benzodiazepine-related drugs	1,004 (6.10)	47
R05DA [†]	Opium alkaloids and derivatives	787 (4.78)	7
N02BG [‡]	Other analgesics and antipyretics	766 (4.65)	2
N02AX [‡]	Other opioids	752 (4.57)	1
R06AX [†]	Other antihistamines for systemic use	743 (4.51)	36
C09AA [‡]	ACE inhibitors, plain	687 (4.17)	18
M01AB [†]	Acetic acid derivatives and related substances	599 (3.64)	15
N06AX [‡]	Other antidepressants	536 (3.26)	3
R06AD [‡]	Phenothiazine derivatives	506 (3.07)	7

^aATC: the Anatomical Therapeutic Chemical classification system.

^bFrequency and proportion of individuals with at least 1 delivery over the study period.

^cL: number of case-crossover designs in which the exposure was selected.

[‡]ATC classes with risk associations for discontinuous control periods (black squares in Fig 3).

[†]ATC classes with risk associations for control periods far from the crash (yellow triangles in Fig 3).

<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002347.t003>

Analyses were not adjusted for alcohol consumption because the information was not available during control periods. Alcohol has been found to be associated with a higher risk of crash for pedestrians [39] and could also be a confounding factor for medicines such as benzodiazepines. Information about blood alcohol level, as recorded in the police national database of injurious crashes, was unknown for 41.6% of the pedestrians. Among the 9,617 pedestrians with data for blood alcohol level, 95.7% had a level below the legal limit. A comparison between pedestrians with an alcohol level below the legal limit and pedestrians with missing alcohol status suggested that the latter were not tested for alcohol because the police officers did not consider it necessary. Pedestrians with a blood alcohol level above the legal limit were more likely to be male, aged 30 to 49 years, and presumed responsible for the crash, compared with pedestrians with an alcohol level below the legal limit or with missing alcohol status. They were also less likely to be exposed to level 1 medicines and more likely to be exposed to level 3 medicines. Removing the individuals with an alcohol level above the legal limit from the analysis would most likely be inconsequential because they represent only 412 individuals, thus resulting in a very small number of discordant exposures.

Among the 16,458 pedestrians included in the present study, older adults and women were overrepresented. These findings are in agreement with national statistics on injurious crashes [40]. This is probably the combined result of a greater fragility and exposure of the elderly, along with a higher proportion of women among the elderly. Two urological drugs (G04CA and G04BD) were selected for almost all case-crossover designs regardless of the washout period. This can be interpreted as the result of treatment initiation (they were exposed during the case period, but never before). These drugs can affect a pedestrian's level of attention (e.g., reaction time) or mobility (e.g., walking speed). For instance, alpha-adrenoceptor antagonists induce vasodilatation and subsequently lower blood pressure, with potential symptoms including asthenia, dizziness, fatigue, and orthostatic hypotension, particularly upon treatment

initiation [41–43]. Similarly, urinary antispasmodics have a high potential of producing anticholinergic effects, which can result in cognitive side effects including memory changes, blurred vision, somnolence, hallucinations, confusion, and delirium [44,45].

Eight medicines (ATC level 4) were selected in case-crossover designs with control periods away from the crash day. Risk associations with long washout periods may be the consequence of longer duration of medicine use, requiring a longer washout period in order to have discordant exposures between case and control periods. The exposures selected in this profile, including antidiabetic drugs (A10AC, A10AD, and A10BD) and antimigraine preparations (N02CX) prescribed in chronic treatment of migraine, tend to support this assumption. Hypoglycemia is a common adverse effect of antidiabetic treatment [46–48] and can result in decreased motor skills, visual acuity, or auditory processing and deterioration of a variety of cognitive processes [49,50]. However, in this pattern, the increased risk is most likely linked to disease-related complications. Indeed, in the case-crossover design, the longer the washout period, the higher the risk of potential confounding by unmeasured time-varying factors including disease severity. Medicines of the R06AX group were mostly second-generation antihistamines, which may have fewer sedative effects than those of the first generation. Rhinitis, for which they are prescribed, can affect the quantity and quality of sleep and so lead to fatigue and daytime somnolence [51,52]. Acetic acid derivatives and related substances (M01AB) are nonsteroidal anti-inflammatory drugs used in the treatment of various painful inflammatory conditions including rheumatoid arthritis and osteoarthritis. Rheumatoid arthritis, which may affect pedestrians' walking ability, is characterized in most people by alternating periods of remission and relapse, which can explain the narrow washout despite it being a chronic condition [53]. Antihistamines (R06AX) and acetic acid derivatives (M01AB) were among the 10 most consumed medicines selected in our analyses.

Risk associations with exposure periods close to the crash suggest an effect of acute, short-term exposure to the medicine. Both Parkinson disease symptoms (e.g., muscle rigidity, slowing of physical movement) and side effects of dopamine agonists (N04BC)—including dizziness, somnolence, insomnia, and orthostatic hypotension—can affect a pedestrian's walking ability. Because of the chronicity of Parkinson treatment, the increased risk of crash can be the result of a treatment change or a change in the disease condition. However, because of the proximity with the crash, the first possibility is more likely. This is also true for other antipsychotic drugs (N05AX) and barbiturates and derivatives (N03AA), 2 medicines used in chronic conditions. Moreover, lack of compliance with treatment is frequent in patients with schizophrenia, and barbiturates and derivatives (N03AA) have been found to be associated with drowsiness and cognitive effects, including diminished attention, executive function, and processing speed [54,55]. Piperazine derivatives (R06AE) were associated with an increased risk of crash, but with a low risk level (median bias-corrected odds ratio of 1.3). Like medicines grouped as “other antihistamines for systemic use drugs” (R06AX), they are prescribed for the treatment of allergic rhinitis and urticaria and are mostly second-generation antihistamines. However, cetirizine and levocetirizine (R06AE) were found to be associated with a higher risk of sedation than loratadine (R06AX) [56,57].

Among medicines showing risk associations with a less consistent pattern in terms of the length of the washout period, benzodiazepine derivatives (N05BA), benzodiazepine-related drugs (N05CF), and plain ACE inhibitors (C09AA) were 3 medicines inconsistently but frequently selected among the 90 models. Moreover, they were among the 10 most consumed medicines. The association between the use of benzodiazepines and the risk of road traffic crashes has been documented with consistent results among drivers. Benzodiazepines have also been shown to be associated with an increased risk of falling in the elderly, which may be due to attention, gait, and balance impairment [58], effects that might also increase the risk of

crash for pedestrians. One study has reported a significantly higher risk of at-fault crash involvement with the use of ACE inhibitors in the elderly, medicines commonly used to treat hypertension [21].

Results for 3 medicines were unexpected: plain antiandrogens (G03HA), amino acids (B02AA), and gonadotropin-releasing hormone analogues (L02AE) showed a strong association with the risk of pedestrian crash. However, their levels of use in our sample of injured pedestrians were all under 0.3%, and their estimated odds ratios were based on a small number of discordant pairs. In addition, these medicines were all attributed a level 1 warning pictogram, which means that their risk is low, heterogeneous, and strongly dependent on individuals' pharmacodynamic parameters.

In summary, our results suggest that several classes of medicine are associated with an increased risk of pedestrian crash. Improving awareness of this risk is, therefore, a necessity, as the risks of medicines in road safety have hitherto been thought to concern drivers only. Most of the crashes occurred when the pedestrian was crossing the street, which requires certain levels of physical ability (e.g., walking speed, head mobility), perception (e.g., vision, hearing), and cognitive processing (e.g., attention, processing speed) [59]. Despite an association between medicine use and pedestrian crashes, it is not recommended to drive instead.

Supporting information

S1 STROBE Checklist. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) checklist.
(DOC)

S1 Table. Comparison between included and excluded pedestrians.
(DOCX)

S1 Text. Study pre-analysis plan.
(DOCX)

Acknowledgments

The DRUGS-SAFE program aims at providing an integrated system allowing the concomitant monitoring of drug use and safety in France. The potential impact of drugs (e.g., psychotropics), frailty of populations, and seriousness of risks drive the research program. This publication expresses the views of the authors and does not necessarily represent the opinion of the French National Agency for Medicines and Health Products Safety (ANSM).

Author Contributions

Conceptualization: Emmanuel Lagarde.

Data curation: Mélanie Née, Benjamin Contrand.

Formal analysis: Mélanie Née, Marta Avalos, Audrey Luxcey, Blandine Gadegbeku.

Funding acquisition: Emmanuel Lagarde.

Investigation: Benjamin Contrand, Louis-Rachid Salmi, Annie Fourrier-Réglat, Blandine Gadegbeku, Emmanuel Lagarde, Ludivine Orriols.

Methodology: Mélanie Née, Marta Avalos, Blandine Gadegbeku, Emmanuel Lagarde, Ludivine Orriols.

Project administration: Emmanuel Lagarde, Ludivine Orriols.

Resources: Emmanuel Lagarde.

Software: Mélanie Née, Benjamin Contrand.

Supervision: Emmanuel Lagarde, Ludivine Orriols.

Validation: Mélanie Née, Audrey Luxcey.

Visualization: Mélanie Née, Marta Avalos, Louis-Rachid Salmi, Annie Fourier-Réglat, Emmanuel Lagarde, Ludivine Orriols.

Writing – original draft: Mélanie Née.

Writing – review & editing: Mélanie Née, Marta Avalos, Audrey Luxcey, Benjamin Contrand, Louis-Rachid Salmi, Annie Fourier-Réglat, Blandine Gadegbeku, Emmanuel Lagarde, Ludivine Orriols.

References

1. Constant A, Lagarde E. Protecting vulnerable road users from injury. *PLOS Med.* 2010; 7:e1000228. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000228> PMID: 20361017
2. World Health Organization. Global status report on road safety 2013. http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2013/en/. Accessed 2015 Aug 26.
3. Asher L, Aresu M, Falaschetti E, Mindell J. Most older pedestrians are unable to cross the road in time: a cross-sectional study. *Age Ageing.* 2012; 41:690–4. <https://doi.org/10.1093/ageing/afs076> PMID: 22695790
4. Sze NN, Wong SC. Diagnostic analysis of the logistic model for pedestrian injury severity in traffic crashes. *Accid Anal Prev.* 2007; 39:1267–78. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.017> PMID: 17920851
5. Mueller BA, Rivara FP, Bergman AB. Factors associated with pedestrian-vehicle collision injuries and fatalities. *West J Med.* 1987; 146:243–5. PMID: 3825131
6. Aziz HMA, Ukkusuri SV, Hasan S. Exploring the determinants of pedestrian–vehicle crash severity in New York City. *Accid Anal Prev.* 2013; 50:1298–309. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.09.034> PMID: 23122781
7. Dai D. Identifying clusters and risk factors of injuries in pedestrian vehicle crashes in a GIS environment. *J Transp Geogr.* 2012; 24:206–14. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.02.005>
8. Gårder PE. The impact of speed and other variables on pedestrian safety in Maine. *Accid Anal Prev.* 2004; 36:533–42. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(03\)00059-9](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(03)00059-9) PMID: 15094405
9. Kurthaler I, Wambacher M, Golser K, Sperner G, Sperner-Unterwieser B, Haidekker A, et al. Alcohol and/or benzodiazepine use: different accidents—different impacts? *Hum Psychopharmacol.* 2005; 20:583–9. <https://doi.org/10.1002/hup.736> PMID: 16317801
10. Ray WA, Fought RL, Decker MD. Psychoactive drugs and the risk of injurious motor vehicle crashes in elderly drivers. *Am J Epidemiol.* 1992; 136:873–83. PMID: 1442753
11. Movig KLL, Mathijssen MPM, Nagel PHA, Van Egmond T, de Gier JJ, Leufkens HGM, et al. Psychoactive substance use and the risk of motor vehicle accidents. *Accid Anal Prev.* 2004; 36:631–6. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(03\)00084-8](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(03)00084-8) PMID: 15094417
12. Orriols L, Philip P, Moore N, Castot A, Gadegbeku B, Delorme B, et al. Benzodiazepine-like hypnotics and the associated risk of road traffic accidents. *Clin Pharmacol Ther.* 2011; 89:595–601. <https://doi.org/10.1038/clpt.2011.3> PMID: 21368756
13. Leveille SG, Buchner DM, Koepsell TD, McCloskey LW, Wolf ME, Wagner EH. Psychoactive medications and injurious motor vehicle collisions involving older drivers. *Epidemiology.* 1994; 5:591–8. PMID: 7841240
14. Fournier JP, Wilchesky M, Patenaude V, Suissa S. Concurrent use of benzodiazepines and antidepressants and the risk of motor vehicle accident in older drivers: a nested case–control study. *Neurol Ther.* 2015; 4:39–51. <https://doi.org/10.1007/s40120-015-0026-0> PMID: 26847674
15. Orriols L, Wilchesky M, Lagarde E, Suissa S. Prescription of antidepressants and the risk of road traffic crash in the elderly: a case–crossover study. *Br J Clin Pharmacol.* 2013; 76:810–5. <https://doi.org/10.1111/bcp.12090> PMID: 24148104

16. Rapoport MJ, Zagorski B, Seitz D, Herrmann N, Molnar F, Redelmeier DA. At-fault motor vehicle crash risk in elderly patients treated with antidepressants. *Am J Geriatr Psychiatry*. 2011; 19:998–1006. <https://doi.org/10.1097/JGP.0b013e31820d93f9> PMID: 22123273
17. Orriols L, Queinec R, Philip P, Gadegbeku B, Delorme B, Moore N, et al. Risk of injurious road traffic crash after prescription of antidepressants. *J Clin Psychiatry*. 2012; 73:1088–94. <https://doi.org/10.4088/JCP.11m07624> PMID: 22967773
18. Drummer OH, Gerostamoulos J, Batziris H, Chu M, Caplehorn J, Robertson MD, et al. The involvement of drugs in drivers of motor vehicles killed in Australian road traffic crashes. *Accid Anal Prev*. 2004; 36:239–48. PMID: 14642878
19. Gomes T, Redelmeier DA, Juurlink DN, Dhalla IA, Camacho X, Mamdani MM. Opioid dose and risk of road trauma in Canada: a population-based study. *JAMA Intern Med*. 2013; 173:196–201. <https://doi.org/10.1001/2013.jamainternmed.733> PMID: 23318919
20. Engeland A, Skurtveit S, Mørland J. Risk of road traffic accidents associated with the prescription of drugs: a registry-based cohort study. *Ann Epidemiol*. 2007; 17:597–602. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2007.03.009> PMID: 17574863
21. McGwin G, Sims RV, Pulley L, Roseman JM. Relations among chronic medical conditions, medications, and automobile crashes in the elderly: a population-based case-control study. *Am J Epidemiol*. 2000; 152:424–31. <https://doi.org/10.1093/aje/152.5.424> PMID: 10981455
22. Elliott S, Woolacott H, Braithwaite R. The prevalence of drugs and alcohol found in road traffic fatalities: a comparative study of victims. *Sci Justice*. 2009; 49:19–23. <https://doi.org/10.1016/j.scijus.2008.06.001> PMID: 19418924
23. Australian Department of Infrastructure and Regional Development. Monograph 14—male pedestrian fatalities. http://www.infrastructure.gov.au/roads/safety/publications/2003/Ped_Male_1.aspx. Accessed 2015 Mar 3.
24. Orriols L, Delorme B, Gadegbeku B, Tricotel A, Contrand B, Laumon B, et al. Prescription medicines and the risk of road traffic crashes: a French registry-based study. *PLOS Med*. 2010; 7:e1000366. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000366> PMID: 21125020
25. Trouessin G, Allaert FA. FOIN: a nominative information occultation function. *Stud Health Technol Inform*. 1997; 4(Pt A):196–200.
26. Riché C, Caulin C, Caron J, Chiffolleau A, Corbé C, Diquet B, et al. Medicinal products and driving. March 2009 update. Paris: Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé; 2009. http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/e5f2e48d5344bcfef6ca865ac63e7c3d.pdf. Accessed 2017 Jun 13.
27. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé. Mise au point: Médicaments et conduite automobile. Paris: Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des Produits de Santé; 2009. http://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/faff1e402339cd443a9894792f20d31d.pdf. Accessed 2017 Jun 13.
28. IMS Health. Enquête Permanente sur la Prescription Médicale (EPPM). Danbury (Connecticut): IMS Health; 2005–2011.
29. Maclure M, Mittleman MA. Should we use a case-crossover design? *Annu Rev Public Health*. 2000; 21:193–221. <https://doi.org/10.1146/annurev.publhealth.21.1.193> PMID: 10884952
30. Tibshirani R. Regression shrinkage and selection via the Lasso. *J R Stat Soc Ser B Methodol*. 1996; 58:267–88.
31. Bach F, Bolasso: model consistent Lasso estimation through the bootstrap. Ithaca (New York): arXiv. org; 2008. arXiv.0804.1302. <http://arxiv.org/abs/0804.1302>. Accessed 2017 Jun 13.
32. Avalos M, Orriols L, Pouyes H, Grandvalet Y, Thiessard F, Lagarde E, et al. Variable selection on large case-crossover data: application to a registry-based study of prescription drugs and road traffic crashes. *Pharmacoepidemiol Drug Saf*. 2014; 23:140–51. <https://doi.org/10.1002/pds.3539> PMID: 24136855
33. Belloni A, Chernozhukov V. Least squares after model selection in high-dimensional sparse models. *Bernoulli*. 2013; 19:521–47. <https://doi.org/10.3150/11-BEJ410>
34. Loo BPY, Tsui KL. Pedestrian injuries in an ageing society: insights from hospital trauma registry. *J Trauma*. 2009; 66:1196–201. <https://doi.org/10.1097/TA.0b013e31817fdef6> PMID: 19359937
35. Noize P, Bazin F, Dufouil C, Lechevallier-Michel N, Ancelin M-L, Dartigues J-F, et al. Comparison of health insurance claims and patient interviews in assessing drug use: data from the Three-City (3C) Study. *Pharmacoepidemiol Drug Saf*. 2009; 18:310–9. <https://doi.org/10.1002/pds.1717> PMID: 19241438
36. Maclure M. The case-crossover design: a method for studying transient effects on the risk of acute events. *Am J Epidemiol*. 1991; 133:144–53. PMID: 1985444

37. Mittleman MA, Mostofsky E. Exchangeability in the case-crossover design. *Int J Epidemiol*. 2014; 43:1645–55. <https://doi.org/10.1093/ije/dyu081> PMID: 24756878
38. Orriols L, Luxcey A, Contrand B, Gadegbeku B, Delorme B, Tricotel A, et al. Road traffic crash risk associated with benzodiazepine and z-hypnotic use after implementation of a colour-graded pictogram: a responsibility study. *Br J Clin Pharmacol*. 2016; 82:1625–35. <https://doi.org/10.1111/bcp.13075> PMID: 27544927
39. Öström M, Eriksson A. Pedestrian fatalities and alcohol. *Accid Anal Prev*. 2001; 33:173–80. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(00\)00028-2](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(00)00028-2) PMID: 11204887
40. L'Observatoire National Interministériel de la Sécurité Routière. Données brutes. <http://www.securite-routiere.gouv.fr/la-securite-routiere/l-observatoire-national-interministeriel-de-la-securite-routiere/series-statistiques/donnees-brutes>. Accessed 2017 Feb 7.
41. Bird ST, Delaney JAC, Brophy JM, Etminan M, Skeldon SC, Hartzema AG. Tamsulosin treatment for benign prostatic hyperplasia and risk of severe hypotension in men aged 40–85 years in the United States: risk window analyses using between and within patient methodology. *BMJ*. 2013; 347:f6320. <https://doi.org/10.1136/bmj.f6320> PMID: 24192967
42. Chrischilles E, Rubenstein L, Chao J, Kreder KJ, Gilden D, Shah H. Initiation of nonselective alpha-1-antagonist therapy and occurrence of hypotension-related adverse events among men with benign prostatic hyperplasia: a retrospective cohort study. *Clin Ther*. 2001; 23:727–43. [https://doi.org/10.1016/S0149-2918\(01\)80022-9](https://doi.org/10.1016/S0149-2918(01)80022-9) PMID: 11394731
43. Oelke M, Gericke A, Michel MC. Cardiovascular and ocular safety of α 1-adrenoceptor antagonists in the treatment of male lower urinary tract symptoms. *Expert Opin Drug Saf*. 2014; 13:1187–97. <https://doi.org/10.1517/14740338.2014.936376> PMID: 25073735
44. Geller EJ, Crane AK, Wells EC, Robinson BL, Jannelli ML, Khandelwal CM, et al. Effect of anticholinergic use for the treatment of overactive bladder on cognitive function in post-menopausal women. *Clin Drug Investig*. 2012; 32:697–705. PMID: 22873491
45. Munjuluri N, Wong W, Yoong W. Anticholinergic drugs for overactive bladder: a review of the literature and practical guide. *Obstet Gynaecol*. 2007; 9:9–14. <https://doi.org/10.1576/toag.9.1.009.27290>
46. Shorr RI, Ray WA, Daugherty JR, Griffin MR. Incidence and risk factors for serious hypoglycemia in older persons using insulin or sulfonylureas. *Arch Intern Med*. 1997; 157:1681–6. <https://doi.org/10.1001/archinte.1997.00440360095010> PMID: 9250229
47. Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications (EDIC). Design, implementation, and preliminary results of a long-term follow-up of the Diabetes Control and Complications Trial cohort. *Diabetes Care*. 1999; 22:99–111. PMID: 10333910
48. Pramming S, Thorsteinsson B, Bendtsen I, Binder C. Symptomatic hypoglycaemia in 411 type 1 diabetic patients. *Diabet Med*. 1991; 8:217–22. PMID: 1828735
49. Sommerfield AJ, Deary IJ, McAulay V, Frier BM. Short-term, delayed, and working memory are impaired during hypoglycemia in individuals with type 1 diabetes. *Diabetes Care*. 2003; 26:390–6. PMID: 12547868
50. Brands AMA, Biessels GJ, de Haan EHF, Kappelle LJ, Kessels RPC. The effects of type 1 diabetes on cognitive performance a meta-analysis. *Diabetes Care*. 2005; 28:726–35. PMID: 15735218
51. Colás C, Galera H, Añibarro B, Soler R, Navarro A, Jáuregui I, et al. Disease severity impairs sleep quality in allergic rhinitis (The SOMNIAAR study). *Clin Exp Allergy*. 2012; 42:1080–7. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2011.03935.x> PMID: 22251258
52. Muliol J, Maurer M, Bousquet J. Sleep and allergic rhinitis. *J Investig Allergol Clin Immunol*. 2008; 18:415–9. PMID: 19123431
53. Van Laar M, Pergolizzi JV, Mellinghoff HU, Merchante IM, Nalamachu S, O'Brien J, et al. Pain treatment in arthritis-related pain: beyond NSAIDs. *Open Rheumatol J*. 2012; 6:320–30. <https://doi.org/10.2174/1874312901206010320> PMID: 23264838
54. Cramer JA, Mintzer S, Wheless J, Mattson RH. Adverse effects of antiepileptic drugs: a brief overview of important issues. *Expert Rev Neurother*. 2010; 10:885–91. <https://doi.org/10.1586/ern.10.71> PMID: 20518605
55. Pellock JM. Treatment considerations: traditional antiepileptic drugs. *Epilepsy Behav*. 2002; 3:18–23. [https://doi.org/10.1016/S1525-5050\(02\)00538-3](https://doi.org/10.1016/S1525-5050(02)00538-3) PMID: 12609308
56. Salmun LM, Gates D, Scharf M, Greiding L, Ramon F, Heithoff K. Loratadine versus cetirizine: assessment of somnolence and motivation during the workday. *Clin Ther*. 2000; 22:573–82. [https://doi.org/10.1016/S0149-2918\(00\)80045-4](https://doi.org/10.1016/S0149-2918(00)80045-4) PMID: 10868555
57. Mann RD, Pearce GL, Dunn N, Shakir S. Sedation with “non-sedating” antihistamines: four prescription-event monitoring studies in general practice. *BMJ*. 2000; 320:1184–6. PMID: 10784544

58. Rossat A, Fantino B, Bongue B, Colvez A, Nitenberg C, Annweiler C, et al. Association between benzodiazepines and recurrent falls: a cross-sectional elderly population-based study. *J Nutr Health Aging*. 2011; 15:72–7. PMID: [21267523](#)
59. Dommes A, Cavallo V. The role of perceptual, cognitive, and motor abilities in street-crossing decisions of young and older pedestrians. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2011; 31:292–301. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2011.00835.x> PMID: [21470273](#)

S1 Table: Comparison between included and excluded pedestrians

		No. (%) Included	No. (%) not Included
Total		16458	69850
Gender**	Female	9655 (58.7)	36090 (51.7)
Age (years)**	<18	1455 (8.86)	21093 (30.23)
	18-24	1641 (9.99)	7210 (10.33)
	25-34	1731 (10.53)	6808 (9.76)
	35-44	1810 (11.02)	6299 (9.03)
	45-54	2122 (12.91)	6526 (9.35)
	55-64	2255 (13.72)	6615 (9.48)
	65-74	2022 (12.31)	5677 (8.14)
	≥ 75	3395 (20.66)	9552 (13.69)
Responsible (as determined by police force)**		2369 (14.40)	12710 (18.20)
Injury severity**	Unhurt	123 (0.75)	1589 (2.27)
	Slightly injured	8197 (49.81)	40710 (58.28)
	Seriously injured	7741 (47.03)	24490 (35.06)
	Killed	397 (2.41)	3061 (4.38)
Weather**	Normal	12844 (78.05)	56841 (81.38)
	Light rain	1852 (11.25)	7076 (10.13)
	Heavy rain	473 (2.87)	1512 (2.16)
	Snow-hail	118 (0.72)	429 (0.61)
	Fog-smoke	76 (0.46)	214 (0.31)
	Strong wind-storm	34 (0.21)	109 (0.16)
	Blinding weather	381 (2.32)	895 (1.28)
	Cloudy	572 (3.48)	2348 (3.36)
	Other	107 (0.65)	425 (0.61)
Season**	Spring	3289 (19.98)	16187 (23.17)
	Summer	3475 (21.11)	15589 (22.32)
	Autumn	5601 (34.03)	22187 (31.76)
	Winter	4093 (24.87)	15887 (22.74)
Time of day**	05:00-10:59	4464 (27.12)	15730 (22.52)
	11:00-13:59	2865 (17.41)	12459 (17.84)
	14:00-19:59	7762 (47.16)	33924 (48.57)
	20:00-22:59	923 (5.61)	4912 (7.03)
	23:00-01:59	286 (1.74)	1832 (2.62)
	02:00-04:59	158 (0.96)	993 (1.42)
Crash day**	Weekdays	13500 (82.03)	56011 (80.19)
	Saturday	1958 (11.90)	8477 (12.14)
	Sunday	1000 (6.08)	5362 (7.68)
Lighting*	Daylight	12028 (73.08)	51264 (73.39)

	Dawn or dusk	1007 (6.12)	3839 (5.50)
	Dark, no street lights	498 (3.03)	2163 (3.10)
	Dark, street lights off	132 (0.80)	519 (0.74)
	Dark, street lights on	2793 (16.97)	12065 (17.27)
Pedestrian's action**	Not reported	715 (4.34)	3381 (4.84)
	Moving	1340 (8.14)	5086 (7.28)
	Crossing	12474 (75.79)	50856 (72.81)
	Playing-running	470 (2.86)	4559 (6.53)
	Other	1459 (8.86)	5968 (8.54)
Pedestrian's location**	Not reported	1632 (9.92)	7606 (10.89)
	More than 50 meters from a crosswalk	2064 (12.54)	10378 (14.86)
	Less than 50 meters from a crosswalk	3416 (20.76)	16822 (24.08)
	Crosswalk without a traffic light	2990 (18.17)	9987 (14.30)
	Crosswalk with a traffic light	4833 (29.37)	18895 (27.05)
	Sidewalk	1028 (6.25)	4270 (6.11)
	Other	495 (3.01)	1892 (2.71)

*p<0.05.

**p<0.0001.

4.1.3 Conclusion

Utilisant les données sur les accidents corporels de la circulation en France couplées aux remboursements de soins, nos résultats suggèrent une augmentation du risque associée à certaines classes de médicaments chez les piétons. Parmi ces classes de médicaments, les benzodiazépines, les substances apparentées aux benzodiazépines, des antihistaminiques ou encore des antirhumatismaux figuraient également parmi les 10 médicaments les plus consommés au sein de notre population d'étude. Les résultats de notre étude suggèrent ainsi la nécessité d'élargir le champ de la recherche sur les médicaments en sécurité routière aux autres usagers de la route, et notamment aux piétons. À l'issue de cette étude, il n'est évidemment pas question de recommander de remplacer la marche par un autre moyen de locomotion comme la voiture, mais plutôt de s'interroger sur la pertinence d'étendre la sensibilisation sur le risque associé à la consommation de médicaments aux piétons. En effet, le risque est encore majoritairement considéré comme propre aux conducteurs.

Par ailleurs, on peut également s'interroger sur les moyens de renforcer la sensibilisation au risque que représente la consommation de certains médicaments, y compris chez les conducteurs. En effet, une étude réalisée en 2016 sur les conducteurs du projet CESIR a conclu au besoin de nouvelles mesures de prévention sur les risques associés à la consommation de benzodiazépines [119]. Des recherches menées dans d'autres pays montrent également les limites des pictogrammes [120, 121]. Si ceux-ci semblent bien perçus en Espagne (utilité moyenne évaluée à 8,3 sur 10 et un niveau de compréhension moyen de 7,8 sur 10) [121], une étude néerlandaise réalisée sur 270 conducteurs se rendant dans une pharmacie a montré que seulement 36% de ceux exposés au triangle avec graduation du risque comprenaient totalement les implications du pictogramme (10% seulement pour le triangle sans graduation) [120]. De plus, si les conducteurs avaient tendance à surestimer le risque associé à la consommation de médicaments à faible niveau de risque, cette tendance s'inversait pour les médicaments à niveau de risque plus élevé. Il semble donc nécessaire d'accompagner ces pictogrammes d'informations transmises par un professionnel de santé (p. ex. médecin, pharmacien). Selon une étude publiée en 2017, la perception du risque est meilleure lorsque les conducteurs sont informés du risque (par un professionnel de santé ou via un pictogramme). Mais cette étude montre aussi que la probabilité d'être informé varie selon le type de médicament (86% des consommateurs de médicaments sédatifs avaient été informés du risque contre seulement 58% pour les médicaments stimulants), le sexe, l'ethnie ou encore la région géographique [122].

En conclusion, la consommation de certains médicaments peut également être associée à un sur-risque d'accident de la route chez les piétons. Bien qu'il semble pertinent d'étendre la prévention à ces derniers, il faut également s'interroger sur les moyens à utiliser pour réaliser cette prévention de manière efficace. Enfin, on peut également s'interroger sur le fait de savoir si les autres usagers de la route (p. ex. piétons, cyclistes) se sentent concernés par le risque que peut représenter la consommation de certains médicaments à la vue de ces pictogrammes qui représentent une voiture.

4.2 Étude du lien entre distractions et responsabilité de l'accident

4.2.1 Avant-propos

Dans le cadre de cette seconde étude, les défauts d'attention ont été étudiés sous l'angle des distractions externes, ces activités secondaires à la conduite qui génèrent un détournement de l'attention au détriment de la conduite.

L'analyse a été réalisée sur les données de l'étude PIAAC/ATLAS incluant 1 912 patients ayant consulté le service des urgences adultes du CHU de Bordeaux des suites d'un accident corporel de la circulation au cours d'une des deux phases de recrutement (avril 2010 à août 2011 et mars 2013 à janvier 2015).

La distraction constitue aujourd'hui une préoccupation majeure en matière de sécurité routière [92, 94, 123]. Dans une étude récente réalisée sur 3542 conducteurs, plus de deux tiers des 905 accidents analysés impliquaient au moins une source de distraction visible [94]. Si les études épidémiologiques se sont le plus souvent focalisées sur l'usage du téléphone portable, les études naturalistes ont permis l'étude simultanée d'un large éventail de distractions observables. Dans ces études, les risques les plus élevés concernaient le plus souvent les activités qui induisent une demande visuelle, suggérant ainsi une modulation du risque selon le type de distraction. Nous avons cherché à explorer cette hypothèse par le biais d'une étude épidémiologique de type responsabilité. L'objectif était également d'étendre l'étude à l'ensemble des conducteurs de véhicules à deux et quatre roues. La méthode permettant de déterminer la responsabilité dans l'accident ne pouvant être appliquée aux piétons, ces derniers ont été exclus de cette étude.

4.2.2 Résultats de l'étude

Cette étude a fait l'objet d'un article qui vient d'être accepté pour publication par le journal Accident Analysis & Prevention.

Road safety and distraction, results from a responsibility case-control study among a sample of road users interviewed at the emergency room

Authors

Mélanie Née PhD student^{12*}, Benjamin Contrand statistician¹², Ludivine Orriols researcher¹², Cédric Gil-Jardiné emergency doctor¹²⁴, Cédric Galéra doctor in child psychiatry and epidemiology¹²³, Emmanuel Lagarde senior researcher and head of department¹²

¹Univ. Bordeaux, ISPED, F-33000 Bordeaux, France.

²Univ. Bordeaux, Inserm, Bordeaux Population Health Research Center, team IETO, UMR 1219, F-33000 Bordeaux, France

³Univ. Bordeaux, Charles Perrens Hospital, Department of Child and Adolescent Psychiatry, F-33000 Bordeaux, France

⁴CHU de Bordeaux, Pôle des Urgences Adultes, F-33000 Bordeaux, France

*melanie.nee@u-bordeaux.fr, Tel/Fax: +(33) 5 57 57 15 04

ABSTRACT

Despite the complexities of the driving task, more and more drivers engage in non-driving secondary tasks that take their hands (manual distraction), their eyes (visual distraction) and/or their mind (cognitive distraction) away from their primary task. Inattention arising from external distractions has received much less consideration beyond the impact of mobile phone use. We aimed to investigate the association between distraction behind the wheel and risk of being responsible for a road traffic crash in a responsibility case-control study. The study population included 1,912 drivers injured in a road traffic crash recruited in two rounds of recruitment (from April 2010 to August 2011 and from March 2013 to January 2015) in the adult emergency department of Bordeaux University Hospital (France). Responsibility levels were estimated using a standardized method. Self-reported activities among a pre-established list of potential distractions were combined into four external distraction variables: visual distraction, manual distraction, auditory distraction, and verbal interaction. A significantly increased risk of being responsible for a road traffic crash was associated with the exposure to activities that take drivers' eyes off the road (adjusted odds ratio 2.99, 95% confidence interval 1.42 to 6.28) and activities that take drivers' hands off the wheel (adjusted odds ratio 2.12, 95% confidence interval 1.20 to 3.75). No significant associations were found for verbal interaction and listening to the radio and/or singing. This study suggests that beyond the use of mobile phone, particular attention must be paid to activities that involve visual and/or manual distraction.

Keywords: Road Safety; Traffic Crash Responsibility; Attention; Distraction.

INTRODUCTION

Driver inattention and driver distraction have been identified as major contributors to road crashes [1,2]. According to Regan, inattention is defined as “insufficient or no attention to activities critical for safe driving” [3]. According to the National Highway Traffic Safety Administration, driver inattention contributes to approximately 25% of police-reported crashes. In their review of serious injury crashes in Australia between 2000 and 2011, Beanland et al. found that 57.6% of the 340 crashes showed evidence of driver inattention. Among these inattention-related crashes, 25% resulted from distraction [1]. In 2016, a naturalistic study on 3542 drivers aged between 16 and 98 found that distraction was involved in about 68% of the 905 injurious and property damage crash events analyzed [4]. In developed countries, a long-term consistent downward trend is observed in the road mortality and morbidity, thanks to a range of factors principally comprising speed limit, seat belt use, road infrastructure and car safety improvements. The share of inattention in the remaining crashes that could not have been prevented by these means is therefore increasing.

Driver distraction is one form of inattention and can be defined as a “diversion of attention away from activities critical for safe driving toward a competing activity” [3]. Despite the complexities of the driving task, it is not infrequent for drivers to engage themselves in non-driving secondary tasks that take their hands (manual distraction), their eyes (visual distraction) and/or their mind (cognitive distraction) [2,4,5]. These distractions have been identified as a major safety concern in road safety mostly due to the increasing use of mobile phones and other electronic devices while driving. They can be inside (mobile phones, passengers...) or outside the vehicle (looking at billboards or people along the street).

Naturalistic driving studies, which consist in observing everyday driving behaviors with recording systems installed in the subjects' own vehicles, often investigated a large range of secondary activities which made it possible to explore distraction according to their type (e.g. manual, visual...). Among all distractions, visual distraction (e.g. cell dial with handheld phone, reading/writing, cell text) was associated with the highest risk of crash/near crash involvement [2]. The same result was found when considering crashes only [4]. However, the implementation of naturalistic studies required the

recording and exploitation of large amount of driving session data which require high costs and long survey duration. Until a recent study [4], results from naturalistic studies were often limited by the limited number of real crashes observed.

Studies based on driving simulators and epidemiological studies are less expensive and time consuming complementary approaches. While confronted with recall and social desirability biases due to self-reporting, epidemiological studies allow for the assessment of associations among a large sample of drivers who were not previously enrolled and were therefore driving their car with no risk of any behavior that would be induced by participation in a study involving real-time recording. Mobile phones use while driving has been the focus of most of those researches in the recent years [6–13], and often showed an association with the risk of being involved in a car crash, including when talking on a handheld phone [11,12]. Until recently, talking on a handheld phone was not identified as a risky behavior in naturalistic driving studies [14–16] but this was finally confirmed when assessing real crashes only [4].

To contribute to current research efforts on distracted driving and investigate whether the type of demand (e.g. verbal, manual...) modulates the risk of being responsible for a crash, we implemented a case-control responsibility study among a sample of injured drivers. All vehicle-drivers were included, including truck drivers and two-wheelers.

METHODS

Study design and setting

We performed a responsibility case-control study in a population of patients involved in minor injurious road traffic crashes. Its basic principle was to compare the frequency of exposure between drivers responsible for the crash (cases) and drivers not responsible for the crash (controls). The study was conducted at the adult emergency department of the Bordeaux University Hospital (France) attended by urban and rural populations living in an area comprising more than 1.4 million people. Patients were recruited in two rounds from April 2010 to August 2011 and from March 2013 to January 2015. Patients were interviewed by trained research assistants. The interview comprised questions regarding the crash, patient characteristics, and distraction. Informed consent was obtained from all subjects.

Participants

Patients were eligible for study inclusion if they had been admitted to the emergency department in the previous 72 hours for injury sustained in a road traffic crash, were aged 18 years or older, were drivers, and were able to answer the interviewer (Glasgow Coma Score = 15 at the time of interview, as determined by the attending physician).

Outcome variable: responsibility for the crash

Responsibility levels in the crash were determined by a standardized method adapted from the quantitative Robertson and Drummer crash responsibility instrument [17]. The adaptation of the method to the French context has been validated and presented in a previous report [18]. The method takes into consideration 6 different mitigating factors considered to reduce driver responsibility: road environment, vehicle-related factors, traffic conditions, type of accident, traffic rule obedience and difficulty of the driving task. Compared with the initial method proposed by Drummer, the adapted method does not use 2 items: witness observations and level of fatigue, which are inconsistently available in crash police reports in France. For each factor, a score is assigned from 1 (not mitigating, i.e. favorable to driving) to 3 or 4 (mitigating, i.e. not favorable to driving). All six scores are

subsequently summated into a summary responsibility score. This summary score was then multiplied by 8/6 to be comparable to the 8-factor score proposed by Robertson and Drummer. Higher scores correspond to a lower level of responsibility. The allocation of summary scores was: 8-12, responsible; 13-15, contributory; more than 15, not responsible. Drivers who were judged not responsible (more than 15) served as controls. The others (score ≤ 15) were considered to be cases. The interviewer was blind to the participant responsibility status when using questionnaire sections related to potential distraction because: 1. Responsibility score was computed during the analysis step; 2. Traffic rule obedience was reported after the distraction section.

Exposures

When interviewed, patients were asked to describe distracting events and activities that occurred just before the crash from a list of potential distracting events and activities including listening to the radio, cell phone use, navigation system use, having a conversation with passengers. We created 4 external distraction variables 1/distractions that take eyes off the road (e.g. dialing, GPS manipulation, looking at something outside the vehicle), 2/distractions that take one or both hands off the wheel (e.g. dialing, applying makeup), 3/distractions that involved verbal interaction (e.g. talking on the phone, talking with passenger, arguing) and 4/listening to the radio and/or singing (Table 1). The classification was made independently by two researchers and, in case of disagreement, they were invited to discuss and explain their choice in the presence of a third researcher until an agreement was reached.

An internal distraction indicator was added as we previously showed the role of mind wandering (i.e. thinking unrelated to the task at hand) [19]. Participants were asked to describe their thought content coupled with a numerical scale from 0 to 10 that captures the level of perturbation. A summary variable was created with 3 modalities: 1/no thought or thought unrelated to driving; 2/thought related to driving with a level of perturbation less than or equal to 4; and 3/thought related to driving with a level of perturbation higher than 4 [19]. In order to reduce memory bias, participants were given the opportunity to report their thoughts at two time points during the interview.

Potential confounders included the patient's characteristics (age, sex, socioeconomic category), crash characteristics (season, time of day, location...) and self-reported psychotropic medicine use in the

preceding week. Patients were also asked how many hours they had slept during the previous 24 hours. They were considered as sleep deprived if they reported sleeping less than 6 hours on the previous night [19,20]. Emotional valence was evaluated with the self-assessment manikin (SAM) tool to characterize the driver's emotional valence state (pleasure-displeasure) just before the crash. Patients were asked to tick the SAM graphic character ranging from a smiling happy figure to a frowning unhappy figure (arrayed in a nine-point Likert scale), recoded in a dichotomous variable (negative affect vs positive or neutral affect). A dichotomous variable was used for alcohol consumption within the six preceding hours.

Statistical analyses

We used univariable logistic regression analysis to investigate the association between responsibility and exposures and potential confounders or effect modifiers. Significant variables ($P < 0.2$, Chi-square test) were included in the multivariate model. We performed a manual stepwise backward method to select the variable in the final model. Interactions between distraction-related variables kept in the final model were tested. A sensitivity analysis was conducted stratifying by vehicle type (two-wheeler versus four-wheeler). All the analyses were conducted using the SAS software version 9.3.

Role of the Funding Source

No funders had any involvement in the design of the study, the analysis or interpretation of the data, the writing of the report, or the decision to submit the paper for publication.

RESULTS

We assessed 2,539 patients for eligibility. Of these, 475 were excluded for ineligibility. This resulted in 2,064 eligible patients. Of these, 1 was a duplicate, 57 refused to participate and 94 were excluded from the analysis because of insufficient data. Thus, the two periods of inclusion led to the recruitment of 1,912 drivers (92.6% of the eligible patients) involved in a road traffic crash between April 2010 and August 2011 or between March 2013 and January 2015. Among them, 851 (44.5%) were four-wheeler drivers, 457 (23.9%) were cyclists, 591 (30.9) were on motorized two-wheelers, and 13 were other road users (e.g. skate, kick scooter). Eight hundred and ninety-six(46.9%) were classified as responsible for the crash. The mean time between the crash and the interview was 4 hours 51 minutes (SD 10 hours 58 minutes).

Among the 1,912 participants, 620 (32.4%) reported being engaged in secondary task at the time of the crash (58.5% of the four-wheelers and 11.1% of the two-wheelers). Table 1 shows the distribution of the self-reported activities among the participants. Frequencies according to vehicle type are presented in Supplementary Table 1.

Table 1: Distribution of the secondary tasks reported by the participants and type of distraction in which they were classified (n=1,912)

	n (%)	Type of distraction ^a
Phoning	5 (0.26)	H + V
Using hands-free kit	10 (0.50)	V
Texting	0	H
Dialing cellular phone	2 (0.10)	E + H
Reading a text message	0	E + H
Using GPS on a cell phone	2 (0.10)	E + H
Other cell phone use	8 (0.42)	H

	n (%)	Type of distraction^a
Music listening	503 (26.31)	L
Watching TV	0	E
Conversing with passengers	72 (3.77)	V
Listening to passengers	11 (0.57)	V
Reprimanding children	1 (0.05)	V
Arguing with passengers	3 (0.16)	V
Following GPS indication	17 (0.89)	E
Manipulating GPS	3 (0.16)	E + H
Map reading	0	E
Being distracted by an event outside the vehicle	23 (1.20)	N/A
Eating	6 (0.31)	H
Drinking	2 (0.10)	H
Smoking	19 (0.99)	H
Picking up an object	8 (0.42)	E + H
Applying makeup	1 (0.05)	E + H
Reading	1 (0.05)	E + H
Writing	0	E + H
Singing	3 (0.16)	L
Kissing	0	E
Looking somewhere else	9 (0.47)	E
Holding something in the hand	9 (0.47)	H
Other electronic device	4 (0.21)	H
Conversing with other users	3 (0.16)	V

	n (%)	Type of distraction^a
Other distracting activities	9 (0.47)	*

^aE: Distraction where eyes are off the road; H: Distraction where hands are off the wheel; V: Verbal interaction; L: Listening to music or singing

*The other distractions have been recoded manually according to the specification given by the drivers

Table 2 presents the participants' characteristics, including gender, age and location of the crash, and a comparison between responsible and non-responsible. Participants were mostly men (60.9%), under the age of 35 (48.6%) and 46% of the crashes occurred in the morning. Responsibility for the crash was significantly associated with age, vehicle type, time of day and season.

Table 2: Sample characteristics of drivers and responsibility for road traffic crash

	Total participants	Responsible	P value
	(N= 1,912)	(n=896)	
		n (%)	
Gender			
-Male	1,164	551 (47.3)	0.64
-Female	746	345 (46.2)	
Age			
-18-24	449	232 (51.7)	0.010
-25-34	480	203 (42.3)	
-35-44	374	158 (42.2)	
-45-54	307	155 (50.5)	

	Total participants (N= 1,912)	Responsible (n=896) n (%)	P value
-≥55	299	145 (48.5)	
Socioeconomic category			
-Worker/farmer	103	49 (47.6)	0.28
-Self-employed	105	45 (42.9)	
-White collar	963	434 (45.1)	
-Middle management	220	100 (45.4)	
-Top management and professional occupation	131	63 (48.1)	
- Retired/unemployed	137	68 (49.6)	
- Student	251	135 (53.8)	
Vehicle type			
-Light vehicle	787	331 (42.1)	<0.001
-Commercial vehicle	39	14 (35.9)	
-Heavy goods vehicle	25	14 (56.0)	
-Bicycle	457	253 (55.4)	
-Scooter	197	86 (43.6)	
-Motorbike	394	190 (48.2)	
Time of day			
-05.00-10.59	887	384 (43.3)	<0.001
-11.00-13.59	404	186 (46.0)	
-14.00-19.59	488	244 (50.0)	
-20.00-04.59	133	82 (61.6)	

	Total participants (N= 1,912)	Responsible (n=896) n (%)	P value
Season			
-Spring	548	279 (50.9)	<0.001
-Summer	452	222 (49.1)	
-Autumn	581	272 (46.8)	
-Winter	331	123 (37.2)	
Location			
-≥ 50,000 inhabitants	1,070	397 (37.1)	0.82
-< 50,000 inhabitants	842	499 (59.3)	

Table 3 presents the results of the univariate analyses. The results of the multivariate analysis showed a significant association between responsibility for the crash and negative affect, alcohol consumption, the use of psychotropic drugs and the use of alcohol, after adjustment for sex, age, time of day and season (Table 4). No significant interaction was noted. Distractions that take eyes off the road (OR=2.99, 95% confidence interval 1.42 to 6.28) and distractions that take hands off the wheel (OR=2.12, 95% confidence interval 1.20 to 3.75) were associated with responsibility for the crash. Drivers who reported mind wandering with highly disrupting/distracting content had a higher risk of being responsible compared with drivers not exposed to mind wandering (OR=1.90, 95% confidence interval 1.40 to 2.59). No significant association was found for verbal interaction (e.g. hands-free phone use and conversation with a passenger) and for listening to music or the radio, and singing.

Table 3: Univariate analyses for responsible road traffic crashes

	Responsible (n=896) n (%)	Not responsible (n=1 016) n (%)	OR [95% CI]
Verbal interaction			
-Yes	45 (5.0)	47 (4.6)	1.09 (0.72 to 1.66)
-No	851 (95.0)	969 (95.4)	Ref
Listening to music or the radio and singing			
-Yes	231 (25.8)	272 (26.8)	0.95 (0.78 to 1.17)
-No	665 (74.2)	744 (73.2)	Ref
Distraction where eyes are off the road			
-Yes	31 (3.5)	11 (1.1)	3.27 (1.64 to 6.55)
-No	865 (96.5)	1 005 (98.9)	Ref
Distraction where hands are off the wheel			
-Yes	47 (5.3)	21 (2.1)	2.62 (1.56 to 4.42)
-No	849 (94.7)	995 (97.9)	Ref
Mind wandering			
-Not reported	413 (46.2)	486 (47.8)	Ref
-Little disrupting/distracting content	316 (35.3)	446 (43.9)	0.83 (0.69 to 1.01)
-Highly disrupting/distracting content	166 (18.5)	84 (8.3)	2.33 (1.73 to 3.12)
Negative affect			
-Yes	168 (18.8)	123 (12.1)	1.68 (1.30 to 2.16)
-No	728 (81.2)	893 (87.9)	Ref
Alcohol use			

	Responsible (n=896) n (%)	Not responsible (n=1 016) n (%)	OR [95% CI]
-Yes	94 (10.5)	35 (3.4)	3.29 (2.20 to 4.90)
-No	802 (89.5)	981 (96.6)	Ref
Psychotropic medicine use			
-Yes	96 (10.7)	67 (6.6)	1.70 (1.23 to 2.36)
-No	800 (89.3)	949 (93.4)	Ref
Sleep deprivation			
-Yes	113 (12.6)	68 (6.7)	2.01 (1.47 to 2.76)
-No	783 (87.4)	948 (93.3)	Ref

Table 4: Multivariate analysis for responsible road traffic crashes by logistic regression

	Responsible (n=885) n (%)	Not responsible (n=1 011) n (%)	OR [95% CI]
Mind wandering			
-Not reported	409 (46.2)	483 (47.8)	Ref
-Little disrupting/distracting content	313 (35.4)	444 (43.9)	0.82 [0.67-1.01]
-Highly disrupting/distracting content	163 (18.4)	84 (8.3)	1.90 [1.40-2.59]
Distraction where eyes are off the road			
-Yes	854 (96.5)	1000 (98.9)	2.99 [1.42-6.28]
-No	31 (3.5)	11 (1.1)	Ref

Distraction where hands are off the wheel			
-Yes	839 (94.8)	990 (97.9)	2.12 [1.20-3.75]
-No	46 (5.2)	21 (2.1)	Ref
Negative affect			
-Yes	717 (81.0)	889 (87.9)	1.45 [1.10-1.89]
-No	168 (19.0)	122 (12.1)	Ref
Alcohol use			
-Yes	92 (10.4)	35 (3.5)	2.27 [1.48-3.49]
-No	793 (89.6)	976 (96.5)	Ref
Psychotropic medicine use			
-Yes	96 (10.8)	67 (6.6)	1.55 [1.09-2.20]
-No	789 (89.2)	944 (93.4)	Ref
Sleep deprivation			
-Yes	112 (12.7)	67 (6.6)	1.77 [1.27-2.47]
-No	773 (87.3)	944 (93.4)	Ref
Vehicle			
- bicycle	251 (28.4)	204 (20.2)	Ref
- 2 wheels motorized	276 (31.2)	315 (31.1)	0.71 [0.55-0.92]
- 4 wheels motorized	358 (40.4)	492 (48.7)	0.56 [0.44-0.71]

Adjusted for sex, age, time of the day and season

A sensitivity analysis stratified by vehicle type showed roughly the same pattern of results (Supplementary table 2). It should be noted that for two-wheelers, a stronger association was found for distraction where hands are off the wheel.

DISCUSSION

This study investigated the association between distraction just before the crash and responsibility. We found that activities that cause drivers to take their hands off the wheel and activities that take the drivers' eyes off the road were significantly associated with a higher risk of being responsible for a crash. These associations remain significant after adjustment for a large range of potential confounders. Mind wandering with highly disturbing content was also associated with crash responsibility.

We conducted a responsibility analysis, which has the advantage of allowing the comparison of cases and controls that share the common characteristic of being drivers. Responsibility levels were calculated independently of alcohol and illicit drug use because of their potential interactions with distractions and interviewer were blind to driver's responsibility status. In a study on the impact of illegal drug consumption, the same method was used to determine responsibility. The comparison to an independent expert evaluation showed high consistency [18]. The latter study also confirmed that drivers rated as not responsible for the crash are representative of the general driving population.

Number of studies on distraction are limited to some road users (e.g. light vehicle drivers), population (e.g.: young drivers) or kind of distraction (e.g. mobile phone) which limit the generalizability of the results. We chose to include all eligible drivers regardless of vehicle type, leading to the inclusion of 1,910 participants. The sample size made it possible to study several types of distraction and checked potential interaction. However, it also increases sample heterogeneity and consequently impact the precision and validity of the results.

Data on a large range of distractions inside or outside the vehicle and potential confounders (including alcohol consumption, sleep deprivation, and psychotropic medication use) were collected. Information was self-reported retrospectively, which can result in recall and social desirability biases. The memory bias is, however, most likely non-differential between cases and controls. Regarding the desirability bias, it would have resulted in an underestimation of the impact of visual and manual distractions because drivers may have under-reported activities, particularly prohibited activities such as phoning

or texting. A French roadside survey conducted in 2011 showed that at any given time, 1.7% of car drivers were holding a mobile phone to their ear and 0.3% were holding a phone but not to their ear while driving [21], which is higher than the frequencies found in the present study (0.35% of four-wheelers phoning with a hand-held phone). Regarding other activities, frequencies found in this study are similar to those found in a roadside study conducted in UK [5].

It was sometimes difficult to determine if the activity involved one or more forms of distraction. For instance, arguing with a passenger can be a verbal interaction only or a verbal and visual interaction. Because no further details about the activity demand were collected during the interview, we kept only the form of distraction that was unequivocal (verbal interaction in the previous example). This underestimated exposure level may have resulted in underestimation of association level, particularly for the variable “Distraction where eyes are off the road”. Another limitation is the large variation in terms of delay between the presentation to hospital and the interview between participants which may have resulted in reporting bias. After stratifying on this delay using the mean time of 4 hours as a cut-point, we indeed found differences regarding the proportion of responsible drivers between the two groups but results but there was no change in the final results on the association between types of distraction and responsibility for a crash. Finally, drivers severely injured and consequently unable to answer the questions and drivers whose condition did not require emergency care were not included, which limits the generalizability of the findings.

The strongest association was found for visual distraction. Drivers engaged in a visual secondary task are more likely to fail to react or to delay their response to an unexpected event, such as sudden braking of the car in front or a pedestrian crossing the road. In the literature, visual time sharing was associated with reduced lane keeping [22] and delayed response time [23]. Dozza et al. used the 100-car naturalistic driving study and 8-truck naturalistic data and found that eyes-off-road delayed response time by 29% [23]. Our results are also consistent with the results of naturalistic studies in which all activities with visual demands (e.g. reading, looking at external objects, cell dial) were associated with a higher risk of near crash as well as crash [4,14].

Manual distraction was also associated with an increased risk of being responsible for a crash in our study. In the 100-naturalistic study quoted above, no significant association for activities that involved mainly manual distraction (e.g. eating, reaching for an immobile object) was found. However, activities that involved both manual and visual distraction (e.g. reading, dialing) were significantly associated with a higher risk of crash/near crash [14]. Moreover, it was based on the use of near crash as surrogate for real crashes which may have underestimated the risk, as the results of a more recent naturalistic study based on real crash only suggests [4]. The latter has found a small but increased risk associated with most manual activities including eating and tuning the radio. Manipulation of an object interferes with lateral vehicle control. Moreover, even if drivers see the unexpected event, the time required to reposition their hands on the wheel may delay their response to the event and lead to an accident.

Regarding verbal interaction while driving, no significant association was found. The 100-car naturalistic study found similar results with only the passenger in the adjacent seat associated with a decreased risk of crash/near crash, whereas no association was found for talking to a hand-held device, or to a passenger in a rear seat [2]. On the other hand, many studies have shown that both talking on a cell phone and passenger carriage increase the risk of crash [11,12,24], including a naturalistic study based on crash only [4]. In our study, only 10 drivers (0.5% of our sample) reported hands-free conversation and none reported hands-on use. This low frequency may be the result of measures to prohibit the use of mobile phones behind the wheel, either because of the effectiveness of these measures or because they encourage drivers to under-report the practice because of the fear of sanctions. The latter could have led to a false-negative result.

Our results for mind wandering while driving confirm the first results we published in 2012, obtained in the same population but restricted to the first period (e.g. from April 2010 to August 2011) [19]. Mind wandering is a cognitive distraction which involves a shift of attention away from the driving task toward task-irrelevant thoughts. In 2011, He et al. showed that when engaged in mind wandering, participants tend to focus visual attention narrowly on the road ahead [25]. Drivers engaged in mind

wandering with highly disturbing content may disengage themselves from the road environment and fail to react to hazard events.

This study suggests that, beyond the use of mobile phone, some other forms of distraction may significantly increase the risk for drivers, primarily by delaying their response to unexpected events. While most countries have instituted laws to ban on cell phone use at the wheel, other distractions while driving are receiving much less attention. For instance, in France, distracted activities other than mobile phone use (e.g. eating, drinking, applying makeup) are not prohibited. However, a law article states that drivers must always be in condition and position to execute all maneuvers without delay but it leaves to police officers' judgment to write a ticket or not. Policies regarding other distracted activities behind the wheel should be clarified to improve prevention campaigns on distracted driving. Drivers' awareness on the impact of distraction while driving should also be raised, especially for distracting tasks with manual and/or visual demand. Finally, although we found no significant increase risk for verbal or listening activities, their detrimental impact on road safety cannot be excluded, in particular among novice drivers who have been shown to be particularly vulnerable to secondary tasks [26].

Funding: The research was supported by a French National Research Agency (ANR) grant (ANR-09-VTT-04) and the French Fondation Sécurité Routière (FSR) (APR 2011, 2012/MP/02).

Conflict of Interest: The research was supported by a French National Research Agency (ANR) grant (ANR-09-VTT-04) and the French Fondation Sécurité Routière (FSR) (APR 2011, 2012/MP/02).

REFERENCES

1. Beanland V, Fitzharris M, Young KL, Lenné MG. Driver inattention and driver distraction in serious casualty crashes: data from the Australian National Crash In-depth Study. *Accid Anal Prev*. 2013;54:99–107.
2. Klauer SG, Dingus TA, Naele VL, Sudweeks J, Ramsey DJ. The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk: An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data [Internet]. 2006. Report No.: DOT HS 810 594. Available from: <http://www.nhtsa.gov/Research/Human+Factors/Naturalistic+driving+studies>:
3. Regan MA, Hallett C, Gordon CP. Driver distraction and driver inattention: Definition, relationship and taxonomy. *Accid Anal Prev*. 2011;43:1771–81.
4. Dingus TA, Guo F, Lee S, Antin JF, Perez M, Buchanan-King M, et al. Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2016;113:2636–41.
5. Sullman MJM, Prat F, Tasci DK. A roadside study of observable driver distractions. *Traffic Inj Prev*. 2015;16:552–7.
6. Caird JK, Johnston KA, Willness CR, Asbridge M, Steel P. A meta-analysis of the effects of texting on driving. *Accid Anal Prev*. 2014;71:311–8.
7. Haigney DE, Taylor RG, Westerman SJ. Concurrent mobile (cellular) phone use and driving performance: task demand characteristics and compensatory processes. *Transp Res Part F Traffic Psychol Behav*. 2000;3:113–21.
8. Horrey WJ, Wickens CD. Examining the Impact of Cell Phone Conversations on Driving Using Meta-Analytic Techniques. *Hum Factors J Hum Factors Ergon Soc*. 2006;48:196–205.
9. Laberge-Nadeau C, Maag U, Bellavance F, Lapierre SD, Desjardins D, Messier S, et al. Wireless telephones and the risk of road crashes. *Accid Anal Prev*. 2003;35:649–60.
10. Matthews R, Legg S, Charlton S. The effect of cell phone type on drivers subjective workload during concurrent driving and conversing. *Accid Anal Prev*. 2003;35:451–7.
11. McEvoy SP, Stevenson MR, McCartt AT, Woodward M, Haworth C, Palamara P, et al. Role of mobile phones in motor vehicle crashes resulting in hospital attendance: a case-crossover study. *BMJ*. 2005;331:428.
12. Redelmeier DA, Tibshirani RJ. Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *N Engl J Med*. 1997;336:453–8.
13. Strayer DL, Drews FA, Johnston WA. Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. *J Exp Psychol Appl*. 2003;9:23–32.
14. Klauer SG, Neale VL, Dingus TA, Ramsey D, Sudweeks J. Driver Inattention: A Contributing Factor to Crashes and Near-Crashes. *Proc Hum Factors Ergon Soc Annu Meet*. 2005;49:1922–6.
15. Olson RL, Hanowski RJ, Hickman JS, Bocanegra J. Driver distraction in commercial vehicle operations [Internet]. Washington, DC: US Department of Transportation; 2009. Report No.: FMCSA-RRR-09-042. Available from: <http://www.distraction.gov/stats-research-laws/research.html>

16. Hickman JS, Hanowski RJ. An assessment of commercial motor vehicle driver distraction using naturalistic driving data. *Traffic Inj Prev*. 2012;13:612–9.
17. Robertson MD, Drummer OH. Responsibility analysis: a methodology to study the effects of drugs in driving. *Accid Anal Prev*. 1994;26:243–7.
18. Laumon B, Gadegbeku B, Martin J-L, Biecheler M-B. Cannabis intoxication and fatal road crashes in France: population based case-control study. *BMJ*. 2005;331:1371.
19. Galéra C, Orriols L, M'Bailara K, Laborey M, Contrand B, Ribéreau-Gayon R, et al. Mind wandering and driving: responsibility case-control study. *BMJ*. 2012;345:e8105.
20. El Farouki K, Lagarde E, Orriols L, Bouvard M-P, Contrand B, Galéra C. The increased risk of road crashes in attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) adult drivers: driven by distraction? Results from a responsibility case-control study. *PloS One*. 2014;9:e115002.
21. ONISR (Observatoire national interministériel de sécurité routière). L'évolution du comportement des conducteurs : 2011 et années précédentes (hors vitesse) [Internet]. 2012 p. 2–3. Available from: <http://www.securite-routiere.gouv.fr/la-securite-routiere/l-observatoire-national-interministeriel-de-la-securite-routiere/comportements-des-usagers>
22. Peng Y, Boyle LN, Hallmark SL. Driver's lane keeping ability with eyes off road: Insights from a naturalistic study. *Accid Anal Prev*. 2013;50:628–34.
23. Dozza M. What factors influence drivers' response time for evasive maneuvers in real traffic? *Accid Anal Prev*. 2013;58:299–308.
24. McEvoy SP, Stevenson MR, Woodward M. The contribution of passengers versus mobile phone use to motor vehicle crashes resulting in hospital attendance by the driver. *Accid Anal Prev*. 2007;39:1170–6.
25. He J, Becic E, Lee Y-C, McCarley JS. Mind Wandering Behind the Wheel Performance and Oculomotor Correlates. *Hum Factors J Hum Factors Ergon Soc*. 2011;53:13–21.
26. Klauer SG, Guo F, Simons-Morton BG, Ouimet MC, Lee SE, Dingus TA. Distracted driving and risk of road crashes among novice and experienced drivers. *N Engl J Med*. 2014;370:54–9.

Supplementary Table 1: Distribution of the secondary tasks reported by the participants according to vehicle type and type of distraction in which they were classified (n=1,910)

	Two-wheeler		Four-wheeler		Type of distraction ^a
	N	%	N	%	
Total	1048		851		
Phoning	2	0.19	3	0.35	H + V
Using hands-free kit	5	0.48	5	0.59	V
Texting	0	0	0	0	H
Dialing cellular phone	1	0.1	1	0.12	E + H
Reading a text message	0	0	0	0	E + H
Using GPS on a cell phone	0	0	2	0.24	E + H
Other cell phone use	5	0.48	3	0.35	H
<i>Listening to music or the radio</i>	71	6.77	430	50.53	L
Watching TV	0	0	0	0	E
Conversing with passengers	9	0.86	61	7.17	V
Listening to passengers	0	0	10	1.18	V
Reprimanding his/her children	0	0	1	0.12	V
Arguing with passengers	1	0.1	2	0.24	V
Following GPS indication	1	0.1	16	1.88	E
Manipulating GPS	0	0	3	0.35	E + H
Map reading	0	0	0	0	E
Being distracted by an event outside the vehicle	12	1.15	11	1.29	N/A
Eating	0	0	6	0.71	H
Drinking	0	0	2	0.24	H
Smoking	4	0.38	14	1.65	H
Picking up an object	0	0	8	0.94	E + H
Applying makeup	0	0	1	0.12	E + H
Reading	0	0	1	0.12	E + H
Writing	0	0	0	0	E + H
Singing	0	0	3	0.35	L
Kissing	0	0	0	0	E
Looking somewhere else	3	0.29	6	0.71	E
Holding something in the hand	3	0.29	6	0.71	H
Other electronic device	0	0	4	0.47	H
Conversing with other users	2	0.19	0	0	V
Other distracting activities	4	0.38	5	0.59	*

^aE: Distraction where eyes are off the road; H: Distraction where hands are off the wheel; V: Verbal interaction; L: Listening to music or singing

*The other distractions have been recoded manually according to the specification given by the drivers

Supplementary Table2: Multivariate analysis for responsible road traffic crashes stratified by vehicle type.

	Two-wheeler (n=1048) OR [95% CI]	Four-wheeler (n=851) OR [95% CI]
Mind wandering		
-Not reported	Ref	Ref
-Little disrupting/distracting content	0.90 [0.69-1.18]	0.74 [0.54-1.01]
-Highly disrupting/distracting content	2.01 [1.33-3.06]	1.89 [1.19-3.00]
Distraction where eyes are off the road		
-Yes		2.50 [1.14-5.51]
-No		Ref
Distraction where hands are off the wheel		
-Yes	5.83 [1.28-26.6]	1.78 [0.93-3.42]
-No	Ref	Ref
Negative affect		
-Yes	1.20 [0.83-1.74]	1.73 [1.16-2.58]
-No	Ref	Ref
Alcohol use		
-Yes	2.53 [1.48-4.32]	2.06 [0.99-4.29]
-No	Ref	Ref
Psychotropic medicine use		
-Yes	1.52 [0.93-2.47]	1.58 [0.95-2.63]
-No	Ref	Ref
Sleep deprivation		
-Yes	1.32 [0.85-2.07]	2.44 [1.47-4.04]
-No	Ref	Ref

4.2.3 Conclusion

Les résultats de cette étude sont concordants avec ceux des études naturalistes en faveur d'un risque plus important pour les distractions qui obligent le conducteur à quitter la route des yeux ($OR=2,99$ [1,42-6,28]). Un sur-risque important a également été identifié pour les distractions obligeant le conducteur à ôter une ou ses deux mains du volant. L'analyse stratifiée en fonction du type de véhicule (deux-roues versus quatre-roues) montre que le risque le plus important vient des distractions visuelles chez les conducteurs de véhicules à quatre-roues alors que ce sont les distractions manuelles qui génèrent le plus haut risque chez les conducteurs de deux-roues. Chez ces derniers, retirer une ou les deux mains du guidon peut retarder voire empêcher le freinage lorsqu'un événement inattendu survient, ce qui n'est pas le cas lors de la conduite d'un véhicule à quatre roues. C'est probablement ce qui explique que, pour ces derniers, la demande manuelle n'est pas indépendamment associée au risque d'accident lorsqu'on tient compte de la demande visuelle générée par les distractions.

Si en France, comme dans beaucoup d'autres pays, l'usage du téléphone portable au volant est strictement réglementé, la réglementation concernant les autres activités sources de distraction au volant est moins claire et reste à l'appréciation des forces de l'ordre. Réglementer toutes les activités secondaires au volant est impossible, pas souhaitable et serait probablement peu efficace. Ainsi, mieux comprendre les formes de distractions pouvant présenter un réel risque pour les conducteurs est un enjeu important dans la lutte contre ce fléau que représente la distraction au volant. Cela pourrait permettre à la fois d'orienter plus efficacement les messages de prévention sur la distraction au volant mais aussi d'aider les forces de l'ordre dans leur décision de réprimer ou non les formes de distraction autres que l'usage du téléphone portable.

4.3 Étude du lien entre défauts d'attention et accidents de la vie courante

Dans le cadre de la troisième et dernière partie de ce travail de thèse, nous avons cherché à étendre l'étude des défauts d'attention à d'autres traumatismes non intentionnels moins connus que sont les AcVC. En effet, nous avons vu précédemment que les défauts d'attention sont aujourd'hui identifiés comme étant liés à la survenue d'une part substantielle des accidents de la circulation. Mais qu'en est-il des autres accidents qui surviennent lors de la pratique d'activités de la vie de tous les jours comme la cuisine, la marche à pied ou encore le bricolage ? La majorité de ces activités nécessitent également la mise en jeu de ce processus complexe qu'est l'attention. Ainsi, explorer le rôle des défauts d'attention dans la survenue de ces accidents apparaît comme essentiel.

Cette dernière partie repose sur l'analyse des données de l'Observatoire MAVIE, une cohorte populationnelle sur les accidents de la vie courante en France lancée en novembre 2014. Cette étude étant pilotée par l'équipe qui accueille ce projet de thèse, il était par conséquent possible d'envisager l'ajout d'outils supplémentaires (p. ex. questionnaires, tests) aux questionnaires déjà présents pour explorer les défauts d'attention.

Ce dernier axe de ma thèse a donc consisté en deux objectifs distincts. Dans un premier temps, l'objectif était d'étudier les défauts d'attention sur le risque d'AcVC en utilisant l'information déjà disponible dans l'observatoire MAVIE. Ces informations incluaient la consommation de médicaments dans le mois avant l'inclusion, la consommation d'alcool ainsi qu'un questionnaire sur le mind-wandering. L'étude du lien entre la consommation de psychotropes et le risque d'AcVC a d'ores et déjà fait l'objet de deux projets de stage. De plus, comme pour la consommation d'alcool ou les habitudes de sommeil, ces informations ne permettent que de catégoriser des profils de comportement et non pas d'étudier directement le lien avec la survenue d'un AcVC puisqu'elles sont collectées pour une période d'un mois à un an avant l'inclusion dans l'étude. Ainsi, nous avons fait le choix de nous intéresser dans un premier temps à la propension à expérimenter du mind-wandering lors de la vie quotidienne.

Dans un second temps, l'objectif était d'explorer les défauts d'attention *via* l'ajout de tests neuropsychologiques en ligne permettant de mesurer les fonctions exécutives (inhibition et planification) et le mind-wandering (mesuré par un test d'attention soutenue). En effet, tous deux ont été identifiés comme des facteurs liés aux chutes chez les personnes âgées avec ou sans déficit cognitif. Cependant, aucune étude n'a, à ce jour, exploré le lien entre le résultat de ces tests et les AcVC autres que les chutes et chez une population plus large que celle des plus de 65 ans.

4.3.1 Mind-wandering trait et risque d'AcVC

4.3.1.1 Avant-propos

Dans un premier temps, nous nous sommes donc intéressés à un défaut d'attention pouvant altérer la dimension sélectivité de l'attention : le mind-wandering.

L'analyse a porté sur les 5 633 volontaires adultes de la cohorte MAVIE qui respectaient les critères d'inclusion à la date d'extraction (c.-à-d. le 8 janvier 2018). Les analyses ont été réalisées séparément chez les 15-64 ans et chez les 65 ans et plus. En effet, les questionnaires individuels diffèrent sensiblement chez ces deux populations au sein de l'Observatoire MAVIE.

Cette étude s'inscrit dans un contexte où la connaissance sur ce phénomène qu'est le mind-wandering s'accroît. Ainsi, on sait aujourd'hui que le mind-wandering est un phénomène omniprésent et qu'il peut même s'avérer bénéfique. Par exemple, lors de la lecture d'un livre, ce vagabondage de la pensée aura le plus souvent pour seule conséquence que d'en retarder la lecture voire même de permettre l'émergence de nouvelles idées ou de clés pour résoudre une situation qui nous posait problème. Cependant, dans certaines situations, cette réorientation de l'attention vers des pensées internes peut entraîner des conséquences délétères. En accidentologie routière, le mind-wandering trait a ainsi été associé à un risque plus élevé d'être responsable d'un accident [43, 46]. En dehors du risque d'accident de la route, le lien entre mind-wandering et survenue d'un traumatisme non intentionnel a peu été étudié. Pourtant, d'autres activités que nous réalisons au quotidien pourraient également être plus à risque lorsque notre attention est détournée au profit de pensées distrayantes. Dans le cadre de cette étude, l'objectif était ainsi d'étudier la relation entre le mind-wandering, en tant que trait, et le risque d'AcVC.

4.3.1.2 Résultats de l'étude

Cette étude a fait l'objet d'un article soumis à la revue Injury.

Mind-wandering trait and the risk of move, leisure and sport injury. Results from the MAVIE project, a cohort study on home and leisure injury.

Authors: Mélanie Née*^{1,2}, Marion Dupuy³, Catherine Sztal-Kutas³, Marina Travanca^{1,2}, Madelyn Yiseth Rojas Castro^{1,2}, Nils Guéguen⁴, Ludivine Orriols^{1,2}, Cédric Galéra^{1,5,6}, Emmanuel Lagarde^{1,2}

¹Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement (ISPED), Université de Bordeaux, Bordeaux, France.

²Team IETO, Bordeaux Population Health Research Center, UMR U1219, INSERM, Université de Bordeaux, Bordeaux, France.

³Calyxis, pole d'expertise du risque, Niort, France

⁴Laboratoire des Sciences du Mouvement, Decathlon SportsLab, Decathlon, France

⁵Team HEALTHY, Bordeaux Population Health Research Center, UMR U1219, INSERM, Université de Bordeaux, Bordeaux, France.

⁶Univ. Bordeaux, Charles Perrens Hospital, Department of Child and Adolescent Psychiatry, Bordeaux, France

Correspondence to: M Née Melanie.Nee@u-bordeaux.fr, Université de Bordeaux, 146 rue Léo Saignat, Bordeaux, France, 33000. Tel/Fax: +(33) 5 57 57 15 04

Abstract

Background:

Propensity to mind wander more frequently in daily life has been found to be associated with a higher risk of traffic crash. Though some daily life injuries share similarities with driving, the association between mind-wandering and those injuries remained mostly unexplored so far. We aimed to investigate the association between mind-wandering state and risk of Home and Leisure Injuries (HLIs).

Methods:

Our study population consisted of members of the MAVIE project, an open and online prospective population-based cohort on HLIs in France. We included adults (≥ 15 years) enrolled in the cohort between November 2014 and January 2018. Mind-wandering trait was assessed using the Mind-Wandering Questionnaire. HLIs were divided into two categories: 1/domestic injuries and 2/injury occurring while moving.

Findings:

Overall, 5633 volunteers were enrolled, including 3916 aged between 15 and 64. Participants reported a total of 857 HLIs during the follow-up. The median follow-up time was 850 days. Among participants aged 15 to 64 years, the incidence rate of move, leisure and sport injuries was 1.34 higher (95% CI 1.05 to 1.72) among those who tended to mind wander more frequently in daily life compared to those who did not, after adjustment for potential confounders. For participants aged 65 or older, the crude incidence rate of injuries occurring while moving was higher among those with mind-wandering trait, but the difference was not significant. Mind-wandering was not associated with domestic injuries among 15-64 year-old or among those aged 65 or older.

Conclusion:

The preliminary findings support the necessity to extend the investigation on mind-wandering to other unintentional injuries and particularly those occurring while moving.

Key words: Home and Leisure Injuries / Prospective cohort study / Mind-wandering

INTRODUCTION

When performing a task or an activity such as running in a quiet park, it is not uncommon for the mind to wander. People spend 30% to 50% of their waking time engaged in task-unrelated thoughts^{1,2}. This phenomenon, called mind-wandering, has been defined as “a shift in the contents of thought away from an ongoing task and/or from event in the external environment to self-generated thoughts and feeling”³. Some benefits have been found to be associated with mind-wandering, including enhancing creativity and future planning^{4,5}. However, mind-wandering may also have a cost. In traffic safety, a responsibility case-control study found that both mind-wandering state (highly disturbing thoughts just before the crash) and trait (propensity to mind wander more frequently than others in daily life) increased the risk of being responsible for a crash^{6,7}. Perceptual decoupling when engaged in mind-wandering led drivers to focus on intrinsic inputs to the detriment of the driving task and reduced their attention to stimuli from the environment^{3,6,7}.

Like driving on a highway with low traffic, the cognitive demand is low while performing most sport activities (e.g. running) and other “in motion” activities. On the other hand, other HLIs such as cooking and do-it-yourself activities may be compared to driving in a city center. They require a succession of operations that may prevent the occurrence of mind-wandering. All unintentional injuries arising while performing daily activities that are neither road traffic injuries nor occupational injuries are defined as Home and Leisure injuries (HLIs). They include domestic injuries taking place at home or its immediate surroundings (garden, courtyard...), sport injuries, vacation and leisure injuries, school injuries (on the way to school, during physical education classes...), and injuries that occur outside (in a store, on the sidewalk...). HLIs represent a major health problem worldwide^{8,9}. In France, about 20 000 people die every year following an HLI, while about 5 million require emergency care^{10,11}. We hypothesized that, beyond road safety and driving, mind-wandering may also endanger people while performing daily activities, particularly those requiring attention during long periods of time and continuous stimulus monitoring. So far, only one study conducted on a small sample of 18 women aged 66 to 81 years has investigated the link between mind-wandering and the

risk of fall, a prevalent HLI particularly among the elderly¹². Due to the public health relevance of HLIs, identifying targetable factors influencing their risk is of the utmost importance.

The aim of the present study was to investigate the association between mind-wandering state and the risk of HLIs. Unlike most studies on HLIs, the present study focused on adults aged 15 years and older.

METHODS

Data sources

The MAVIE cohort

The study population was composed of household members of the internet-based MAVIE project. The MAVIE project is an ongoing prospective population-based cohort study on HLIs in France launched on 16 November 2014. The call for participation was essentially relayed by three mutual insurances which sent an email to their insurees. The recruitment was also opened to all other French people via newspaper or social networks. In each household, a participant acts as referent member for his/her household. Elderly subjects (65 or older) without the possibility to connect to the internet can be represented by a referent. Participants completed online self-administered questionnaires on their household characteristics (demographics, environmental information...) and on themselves (home and leisure activities, mental and physical health...).

Participant inclusion

People eligible to be part of the present study were participants enrolled in the MAVIE project before 8 January 2018. We excluded participants aged under 15 years old because no information on mind-wandering was available. In addition, we excluded participants without follow-up (i.e. participants that never return to the study website to give news after their registration), participants who did not validate the sections on sociodemographic and well-being characteristics, and participants with missing data on mind-wandering. Elderly people represented by a referent were not included in this study because mind-wandering measurement may not be comparable with that of other participants. Mind-wandering is based on a self-report questionnaire (see Mind-wandering section), but for elderly people represented by a referent the questions have been slightly modified ("The person has...") instead of ("I have ...") and it was impossible to know if the answer was the feeling of the participant or the point of view of his/her referent.

Ethics

Identifying data (first name, family name and email address) were stored separately from the main database in order to ensure confidentiality. Adult household members (18 and over) had to provide informed consent and parental permission was collected for children. The study was approved by the French Data Protection Authority.

Data collection

Once registered on the website, participants were asked to provide, through the dedicated web interface, demographic, environmental, and health data, together with exposure assessment to various home, sport and leisure activities.

Patient involvement

Participants were not involved in setting the outcome measures, nor were they directly involved in developing plans for the design or implementation of the study. Members of the MAVIE cohort are regularly informed on the results of the analyses that are performed through the Newsletter and graphic designs available on the website. Results of the present study will be disseminated to participants through the same ways.

Mind-wandering

The Mind-Wandering Questionnaire (MWQ) was used to assess the trait levels of mind-wandering and was part of the individual questionnaire at enrollment¹³. It is a 5-item self-reported scale including “I have difficulty maintaining focus on simple or repetitive work” and “I find myself listening with one ear, thinking about something else at the same time”. Each item is rated on a 6-point scale from 1 (almost never) to 6 (almost always). A total score is obtained by adding the results of the 5 items with a range from 5 to 30. In the absence of a recommended cutoff to dichotomize the presence/absence of mind-wandering, we decided to use the third quartile as a threshold. Consequently, the mind-wandering state variable distinguished the 25% of participants with a higher tendency to mind wander in daily life from the remaining 75%.

Covariates

Potential covariates collected at enrollment and included in the analyses were: gender, age (15-29 / 30-49 / 50-64 / 65 or older), educational level (no diploma or less than a bachelor's degree / bachelor's degree / higher than a bachelor's degree), presence or absence of at least one chronic condition in the 12 months preceding their enrollment (among 8 common chronic diseases including respiratory, cardiovascular, digestive, bone and joint problems, urinary and genital, endocrine, eyes, and cancer), presence of handicap (none / handicap without difficulties in daily life / handicap with difficulties), alcohol consumption of more than 6 glasses on one occasion (never / monthly or less / more than 1 time a month), time engaged in sport and leisure activities each week (0h-1h59 / 2h-3h59 / 4h-7h59 / 8h and over), time engaged in domestic activities each week (0h-1h59 / 2h-4h59 / 5h-9h59 / 10h and over).

In addition to these variables, anxiety was assessed using the 7-item self-reported questionnaire for Generalized Anxiety Disorder (GAD-7). Each item is rated on a 4-point scale from 0 ("Not at all") to 3 ("Nearly every day") and a score ranging from 0 to 21 is calculated. A threshold of 10 or higher was used to identify participants with high level of anxiety (available at www.phqscreeners.com).¹⁴ Depression was assessed using the Patient Health Questionnaire (PHQ-9), a 9-item self-reported questionnaire developed by Kroenke and Spitzer used to detect symptoms of depression¹⁵. As for the GAD-7, each item is rated on a 4-point scale from 0 ("Not at all") to 3 ("Nearly every day") and a score ranging from 0 to 27 is calculated. A score of 10 or higher was used to detect participants with signs of major depression¹⁵. A high positive correlation was found between depression score and anxiety score ($r=0.76$, $P<0.0001$), so only depression was used for further analyses.

Participants aged 15 to 64 years old also completed the screening version of the Adult ADHD Self-Report Scale (ASRS-v1.1, available in various languages at: <https://www.hcp.med.harvard.edu/ncs/asrs.php>), which was developed to assess ADHD symptoms in adults¹⁶. This 6-item scale consists of 4 items related to inattention and 2 items related to hyperactivity. For each of the 6 items, participants were asked to evaluate how frequently they experienced the symptom over the past 6 months on a scale from "never" to "very often". As proposed by Kessler, each item was dichotomized. A threshold defined as a frequency of at least "sometimes"

for items 1 to 3, and at least “often” for items 5 to 6 was used to identify a positive symptom. Participants with symptoms consistent with ADHD were those with a score higher than 4.

Outcome

The outcome of the present study was the occurrence of any HLIs requiring medical care. Every three months with no data on occurrence of HLIs, an email reminded the referent that they had to report whether any HLI occurred for any individual in the household participating in the study. It was also possible to report HLI occurrence or non-occurrence at any time. Reported injuries were checked by two different people to detect events that did not match the definition of HLI (e.g. road traffic injury) and HLIs reported on the day of enrollment were excluded. The same was done for injury forms not validated by participants, so as to exclude unfinished reports.

The injury form collected information on HLI circumstances including date of the injury, place, consequences of the HLI (e.g. healthcare received, sick leave), mechanisms (e.g. fall, burn), and activity at the time of the accident among domestic, do-it-yourself, sports and leisure, and other activities (principally displacement such as walking, running...).

HLIs were classified into two categories: 1/domestic injuries and 2/move, leisure and sport injuries. The first one included all domestic injuries and extended to injuries occurring during do-it-yourself and vital (sleeping, eating/drinking, and hygiene-related) activities. Move, leisure and sport injuries were defined as injuries occurring while doing sport or leisure activities as well as injuries occurring while in motion (walking, running, jumping, and climbing stairs).

Statistical analyses

Follow-up times were computed from the date of consent to the latest date of follow-up, which was either the last time a participant posted news on the website or the time he/she decided to leave the cohort.

Participants aged 15-64 years and 65 years or older were analyzed separately. Demographic, health, and behavioral characteristics were compared between participants with mind-wandering and participants without mind-wandering using Chi-square tests or Fisher's exact test.

Crude incidence rates of both domestic injuries and move, leisure and sport injuries were compared between mind-wandering and no-mind-wandering participants using Poisson regression. An offset term of log (follow-up time) was included in the model to take into account the varying lengths of follow-up among participants. Multivariate Poisson analysis was implemented if a significant difference in incidence rate was found according to the propensity to mind wander. Participants with missing data for at least one covariate were excluded from the analysis and we performed no data imputation. The Poisson regression model was adjusted for variables that were significant ($p < 0.2$) in univariate analysis and a manual stepwise backward method to select the variable in the final model was performed. Interactions between mind-wandering and covariates kept in the final model were tested. Potential dispersion was assessed by dividing the Pearson χ^2 statistic by the model's degrees of freedom. No over-dispersion was present (Pearson χ^2/df of 1.21).

All analyses were implemented using SAS 9.4 software.

RESULTS

At the date of extraction (8 January 2018), 12 735 households were participants in the MAVIE cohort. Of these, 9102 (71·5%) were considered as eligible for the present study, leading to 21 005 potentially eligible members (Figure 1). After application of exclusion criteria, 3916 adults aged between 15 and 64 years old were included in our study. The main reason for exclusion was the absence of consent (46%).

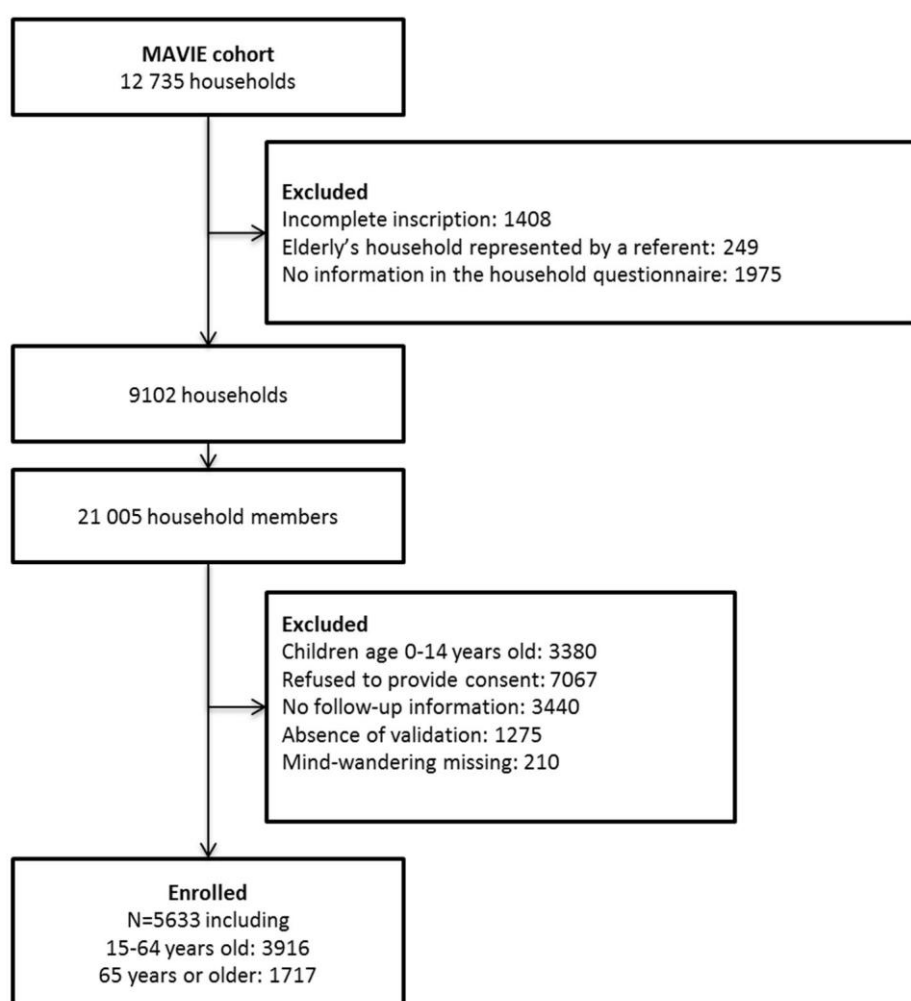


Figure 1: Flowchart of the inclusion procedure

The median follow-up time among all participants was 850 days (range 428 to 1022 days). The median was higher (904 vs 813 days) and the variation was lower (interquartile range 429 days vs 633 days) among the elderly. During the follow-up, 857 HLIs were reported by the participants between 16

November 2014 and 8 January 2018 (Table 1). Among the 5633 participants, 12.5% reported at least one HLI.

Table 1: Follow-up time and HLIs reported by participants (N=5633)

	15-64 years old N=3916	65 years or older N=1717	Total N=5633
At least 1 HLI, N (%)	467 (11.9)	235 (13.7)	702 (12.5) ^a
At least 1 domestic injury, N (%)	175 (4.5)	106 (6.2)	281 (5.0) ^b
At least 1 move, leisure & sport injury, N (%)	328 (8.4)	146 (8.5)	474 (8.4) ^c

Note: $a < b+c$ because some participants have reported at least one injury of each kind

Participant characteristics are listed in Table 2. Participants with mind-wandering were more likely to be women and younger (36.8% of below 15 vs 16.3% of the 55-65). Participants who had a propensity to mind wander in daily life tended to have poorer health than participants that did not. Thus, more than 66% of the participants aged 15 to 64 years with symptoms of anxiety were in the mind-wandering group, compared with only about 22% of participants without symptoms of anxiety ($p<0.0001$). People with mind-wandering were also more likely to use psychotropic medicines or to have reported a handicap. Regarding behavioral variables, few differences were found in participants' tendency to mind-wander in their daily life.

Table 2: Participant characteristics by tendency to mind wander

	15-64 years old			65 years or older		
	Mind-wandering			Mind-wandering		
	N	N (%)	P	N	N (%)	P
Total	3916			1717		
ADHD			<0.0001			
No	3564	733 (20.6)				
Yes	261	200 (76.6)				
Demographic characteristics						
Gender			<.0001			0.0032
Men	1731	345 (19.9)		1020	124 (12.2)	
Women	2185	614 (28.1)		697	120 (17.2)	
Age (years)			<.0001			0.4097
Below 25	204	75 (36.8)				
[25;35[	528	205 (38.8)				
[35;45[	738	227 (30.8)				
[45;55[	949	208 (21.9)				
[55;65[	1497	244 (16.3)				
[65;75[				1512	211 (14)	
75 or older				205	33 (16.1)	

	15-64 years old			65 years or older		
	Mind-wandering		P	Mind-wandering		P
	N	N (%)		N	N (%)	
Professional status			0.0002			-
Employed	2535	634 (25.0)		17	1 (5.9)	
Student	153	56 (36.6)		1	0 (0)	
Unemployed	1214	266 (21.9)		1654	241 (14.6)	
Educational level			<.0001			0.2753
Lower than bachelor's degree	748	139 (18.6)		448	73 (16.3)	
Bachelor's degree	652	145 (22.2)		257	32 (12.4)	
Higher than bachelor's degree	2475	662 (26.7)		980	133 (13.6)	
Health characteristics						
Disability or handicap			<.0001			0.0027
No	2948	655 (22.2)		1154	146 (12.7)	
Yes	764	247 (32.3)		467	86 (18.4)	
Chronic illness (12 months prior to enrollment)			<.0001			0.0010
No	1913	360 (18.8)		629	66 (10.5)	
Yes	1991	595 (29.9)		1082	176 (16.3)	
Anxiety			<.0001			<0.0001
No	3372	728 (21.6)		1481	199 (13.4)	
Yes	229	152 (66.4)		30	21 (70.0)	
Depression			<.0001			<0.0001
No	3188	645 (20.2)		1421	178 (12.5)	
Yes	373	240 (64.3)		51	32 (62.7)	
Psychotropic medicines			<0.0001			<0.0001
No	2623	583 (22.2)		941	107 (11.4)	
Yes	562	213 (37.9)		234	61 (26.1)	
Behavioral characteristics						
At least 7 h of sleep per night			0.9186			0.0133
No	934	232 (24.8)		406	72 (17.7)	
Yes	2829	698 (24.7)		1181	151 (12.8)	
Alcohol (more than 6 glasses on one occasion)			0.0161			0.0923
Never	2078	500 (24.0)		1028	145 (14.1)	
Monthly or less	976	266 (27.2)		309	50 (16.2)	
More than 1 time a month	169	55 (32.5)		53	13 (24.5)	
Sport activities by week (hours)			0.9814			0.1816
0h-1h59	685	174 (25.4)		345	56 (16.2)	
2h-4h59	1032	245 (23.7)		197	33 (16.7)	
5h-7h59	799	198 (24.8)		295	39 (13.2)	
8h or over	1028	264 (25.7)		679	84 (12.4)	
Domestic activities by week (hours)			0.4198			0.7680
0h-1h59	826	203 (24.6)		232	39 (16.8)	
2h-4h59	923	241 (26.1)		313	53 (16.9)	
5h-9h59	924	237 (25.6)		277	40 (14.4)	
10h and over	1122	260 (23.2)		726	99 (13.6)	

Figure 2 shows the crude incidence rates of HLIs (by type) according to the tendency to mind wander among participants aged 15 to 64 and among 65 years or older. A higher rate of moving, leisure and sport injuries was found among participants aged 65 or over who tend to mind wander compared to those who did not, but the difference was not significant. In 15-64 year old adults, the crude incidence rate of move, leisure and sport injuries was significantly higher among participants with mind-wandering compared to participants without mind-wandering (7.4 vs 4.3, $p<0.0001$).

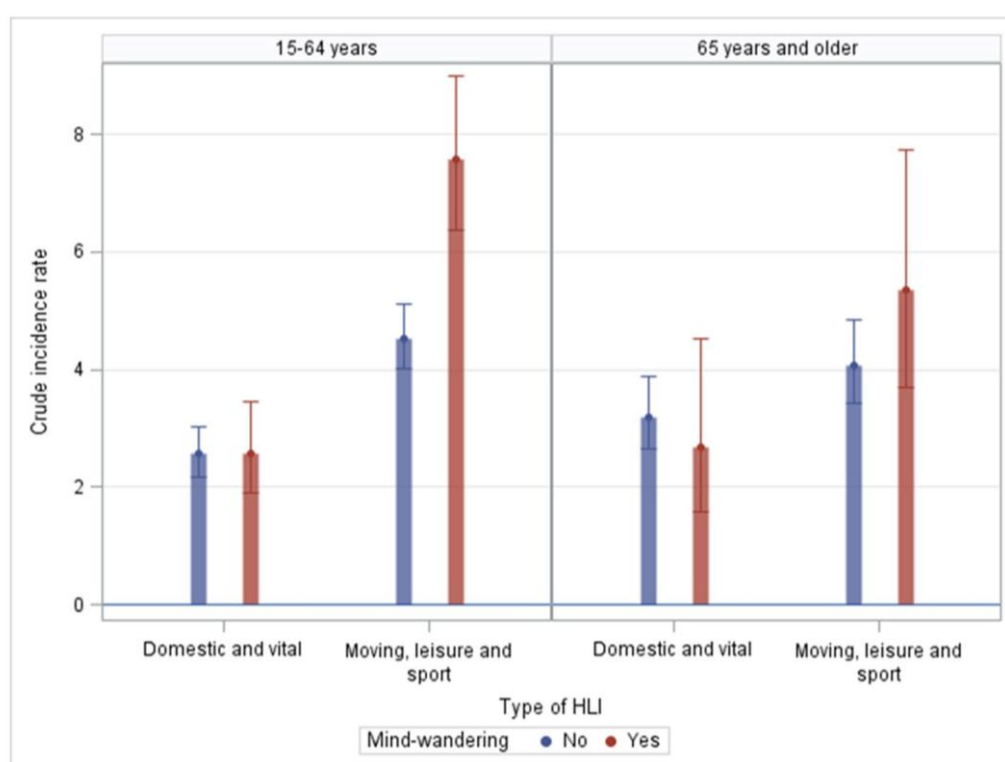


Figure 2: Crude incidence rate of Home and Leisure Injuries (HLIs)

To investigate further the association between mind-wandering and the risk of move, leisure and sport injuries among participants aged 15 to 64, a multivariable analysis was conducted using the variables retained in the univariate analysis (Table 3, Table 4). Participants with missing data were excluded, leaving 3113 of the 3916 participants for analysis. Tendency to mind wander more frequently in daily life was associated with a higher risk of move, leisure and sport injury (IRR=1.34, 95% CI 1.05 to 1.72). In addition, increased time engaged in sport activities, decreased age, report of one chronic

condition in the 12 months prior to enrollment, sleeping less than 7 hours per night, and being severely depressed were also risk factors of move, leisure and sport injuries. No interaction was found.

Table 3: Univariate analysis, risk of moving, sport and leisure injuries

	Univariate analysis	
	IRR (95% CI)	P value
Attention-related variables		
ADHD	1.95 (1.42-2.68)	0.0001
Mind-wandering	1.68 (1.36-2.08)	<.0001
Demographic characteristics		
Women	1.1 (0.90-1.35)	0.3437
Age (years)		0.0002
50-64		1
30-49	1.11 (0.89-1.38)	
Below 30	1.91 (1.43-2.56)	
Educational level		0.2828
Lower than bachelor's degree		1
Bachelor's degree	1.01 (0.71-1.44)	
Higher than bachelor's degree	1.19 (0.91-1.56)	
Health characteristics		
Disability or handicap	1.22 (0.96-1.56)	0.1046
Chronic illness (12 months prior to enrollment)	1.82 (1.47-2.25)	<.0001
Psychotropic medicines	1.39 (1.09-1.78)	0.0102
Severe depression	2.02 (1.54-2.66)	<.0001
Behavioral characteristics		
At least 7 h of sleep per night	0.83 (0.66-1.04)	0.1156
Alcohol (more than 6 glasses on one occasion)		0.6081
Never		1
Monthly or less	0.88 (0.69-1.13)	
More than 1 time a month	0.93 (0.55-1.56)	
Sport activities by week (hours)		<.0001
0h-1h59		1
2h-3h59	1.35 (0.93-1.96)	
4h-8h00	1.65 (1.13-2.41)	
8h and over	2.28 (1.61-3.24)	

Table 4: Multivariate analysis, risk of moving, leisure and sport injuries

	N (%)	IRR (95% CI)	P value
Mind-wandering	792 (25.4)	1.34 (1.05-1.72)	0.0191
Age (years)			0.0013
50-64	1582 (50.8)	1	
30-49	1173 (37.7)	1.09 (0.85-1.39)	
Below 30	358 (11.5)	1.89 (1.36-2.63)	
Chronic illness (12 months prior to enrollment)	1615 (51.9)	1.72 (1.36-2.17)	<0.0001
Severe depression	327 (10.5)	1.66 (1.23-2.24)	0.0010
At least 7 h of sleep per night	2338 (75.1)	0.74 (0.58-0.94)	0.0134
Sport and leisure activities by week (hours)			<.0001
0h-1h59	589 (18.9)	1	
2h-3h59	909 (29.2)	1.34 (0.91-1.97)	
4h-8h00	699 (22.5)	1.63 (1.10-2.42)	
8h and over	916 (29.4)	2.33 (1.62-3.35)	

DISCUSSION

Findings of the study

The present study investigated the association between propensity to mind wander in daily life and the occurrence of HLIs using prospective data of a population-based cohort. In participants aged 15 to 64, incidence rate of move, leisure and sport injuries was 34% higher among participants with high propensity to mind wander in daily life, whereas no difference was found for incidence rate of domestic injuries. Among the elderly, no association was found between mind-wandering and the risk of injury.

In the literature, studies on mind-wandering and risk of unintentional injuries among adults are mostly limited to road injuries. Observations made on a driving stimulator suggested that mind-wandering was associated with a narrowing of visual attention and delayed reaction times to sudden events^{17,18}. In 2017, an epidemiological study replicated and extended a case-control responsibility study on injured drivers performed five years earlier and showed that both mind-wandering state (reports of current wandering thoughts) and trait (propensity to mind wander) were associated with a higher risk of being responsible for a road traffic crash^{6,7}. Together with neuroimaging studies, all available findings indicate a perceptual decoupling which corresponds to a shift of attention toward internal information and the decreased processing of external information.

The finding of an increased risk of injury only for move, leisure and sport injuries is consistent with this theory of perceptual decoupling. When engaged in activities with continuous and monotonous monitoring of the environment, participants engaged in mind-wandering have a reduced ability in the processing of external information, which may lower or slow their ability to react to a sudden event. For example, walking on a sidewalk in a city center is a favorable context for mind-wandering and walkers whose attention is directed toward internal information may fail to detect a hazardous change or event in the environment. On the other hand, domestic injuries (e.g. while cooking, gardening) are mostly the results of activities that involve series of subtasks of short time duration that probably

prevent the occurrence of mind-wandering even among people who tend to mind wander more frequently than others.

Among participants aged 65 or older, we found a small but nonsignificant higher crude incidence rate of move, leisure and sport injuries among those who reported more frequent mind-wandering in daily life. In the literature, the only epidemiological study that has investigated the association between mind-wandering and the risk of HLI among the elderly was a retrospective study in a very small sample of 18 women aged 66 to 81 years¹². In this study, the proportion of mind-wandering was found to be associated with a history of falls. However, our results are difficult to compare because of several dissimilarities: the method of measuring mind-wandering (self-report during a sustained attention task versus a self-report questionnaire), the population (only women versus both genders), and the outcome (history of falls versus prospectively reported injuries). As we observed in our data, it has now been documented by several studies that self-reporting of mind wandering becomes increasingly rare as we age¹⁹⁻²².

Strengths and limitations

The main strength of this study pertains to its prospective design and to the large number of available potential confounders. Exposure variables were collected at baseline and HLIs were collected prospectively during follow-up. Although we included a large range of confounding factors in the analyses, the hypothesis of residual confounding resulting from unmeasured behavioral factors and/or imprecision in the measurement of included covariates cannot be entirely excluded owing to the observational design of this study. Our main variable of interest, the occurrence of HLIs, relied on self-reports via a questionnaire on the study website available at any time. While it is particularly practical for studies with large sample sizes, it may result in poor reporting rates. Despite regular recall and a simple procedure (a single click within the email or within the newsletter) to report whether an HLI occurred since the last follow-up, it is more likely that the HLI rate suffers from underreporting. However, it is unlikely that the underreporting rate varies with trait levels of mind-wandering. Moreover, while HLIs of all severity levels are addressed in the cohort, only HLIs requiring medical care were included in the present study to lower the variability in participants' definition of an HLI

(some will declare a little cut, whereas other will not even remember it one hour later). All reported HLIs for which a description was provided were manually checked by two people (MD, MT) in order to exclude those which did not match the definition of HLIs (e.g. injuries caused by a health-related event such as loss of consciousness). Finally, HLIs reported at the date of enrollment were excluded to make sure that exposure measures preceded the event.

The decision to propose an online study was motivated by the need to target the entire French population. However, this method is prone to selection bias. Participants in internet volunteer-based studies had been found to be comparable in terms of lifestyle and health factors, but were more likely to be younger and to have a higher level of education^{23,24}. Participants in the present study indeed did have a high level of education, but younger people were under-represented whereas people aged 65 or older were over-represented. Participants who were enrolled were also probably more likely to be interested in HLIs, for many possible reasons, the main one being that they recently experienced an HLI (themselves or someone in the household). Another limitation is the lack of power among the elderly. Finally, a high number of participants were excluded for lack of follow-up (32.6%), because of the length of the on-line questionnaires. However, follow-up is good for included participants, with a median of 2.3 years for a study launched about 3 years ago.

Conclusion and implications

Despite a growing interest in the impact of mind-wandering in health, its association with daily life injuries has remained unexplored so far. We found that the incidence rate of move, leisure and sport injuries among adults 15-64 years old was 1.34 times higher among those with a self-reported propensity to mind wander more frequently in daily life. These findings support the need to extend the investigation on mind-wandering to other unintentional injuries. Avoiding all occurrence of mind-wandering in daily life is probably impossible and even undesirable considering the benefits of a wandering mind, in terms of creativity for instance. However, limiting its costs in specific situations is essential. Improving meta-awareness has been proposed to limit the impact of mind-wandering.

Unnoticed mind-wandering has been found to be associated with poorer control and greater inhibition failures in task performance²⁵. Informing target populations (drivers, runners) about mind-wandering and encouraging them to be more cautious when intense task-unrelated thoughts may occur (for example, because of specific daily life events) may help them to interrupt any episodes of mind-wandering, and thus prevent some injuries³. Mindfulness training, particularly for those more prone to mind-wandering, could be of value since it has been shown to reduce its occurrence^{26,27}.

Role of the funding source: This work was supported by the French National Institute of Health and Medical Research (INSERM), the three mutual insurance companies (MAAF, MACIF and MAIF), and Decathlon. The three mutual insurance companies and INSERM had any involvement in the design of the study, the analysis or interpretation of the data, the writing of the report, or the decision to submit the paper for publication. Decathlon was also associated as a scientific partner of the MAVIE project and consequently had provided scientific comments on the preliminary version of the manuscript.

References

1. Kane MJ, Brown LH, McVay JC, Silvia PJ, Myin-Germeys I, Kwapil TR. For whom the mind wanders, and when: an experience-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychol Sci* 2007; **18**(7): 614-21.
2. Killingsworth MA, Gilbert DT. A wandering mind is an unhappy mind. *Science* 2010; **330**(6006): 932.
3. Smallwood J, Schooler JW. The science of mind wandering: empirically navigating the stream of consciousness. *Annu Rev Psychol* 2015; **66**: 487-518.
4. Baird B, Smallwood J, Schooler JW. Back to the future: autobiographical planning and the functionality of mind-wandering. *Conscious Cogn* 2011; **20**(4): 1604-11.
5. Mooneyham BW, Schooler JW. The costs and benefits of mind-wandering: a review. *Can J Exp Psychol* 2013; **67**(1): 11-8.
6. Galera C, Orriols L, M'Bailara K, et al. Mind wandering and driving: responsibility case-control study. *BMJ* 2012; **345**: e8105.
7. Gil-Jardine C, Nee M, Lagarde E, et al. The distracted mind on the wheel: Overall propensity to mind wandering is associated with road crash responsibility. *PLoS One* 2017; **12**(8): e0181327.
8. EuroSafe. Injuries in the European Union, Summary on injury statistics 2012-2014. Amsterdam. , 2016. Available at <http://www.eurosafe.eu.com/key-actions/injury-data/reports>.
9. Haagsma JA, Graetz N, Bolliger I, et al. The global burden of injury: incidence, mortality, disability-adjusted life years and time trends from the Global Burden of Disease study 2013. *Inj Prev* 2016; **22**(1): 3-18.
10. Lasbeur L, Thélot B. Mortalité par accident de la vie courante en France métropolitaine, 2000-2012. *Bull Epidemiol Hebd* 2017; **1**: 2-12.
11. Pédrone G, Bouilly M, Thélot B. Enquête permanente sur les accidents de la vie courante (EPAC). Résultats 2010 en France métropolitaine. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire, 2016. 100

p. Available at <http://invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Maladies-chroniques-et-traumatismes/2016/Enquete-permanente-sur-les-accidents-de-la-vie-courante-EPAC>.

12. Nagamatsu LS, Kam JW, Liu-Ambrose T, Chan A, Handy TC. Mind-wandering and falls risk in older adults. *Psychol Aging* 2013; **28**(3): 685-91.
13. Mrazek MD, Phillips DT, Franklin MS, Broadway JM, Schooler JW. Young and restless: validation of the Mind-Wandering Questionnaire (MWQ) reveals disruptive impact of mind-wandering for youth. *Front Psychol* 2013; **4**: 560.
14. Spitzer RL, Kroenke K, Williams JB, Lowe B. A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7. *Arch Intern Med* 2006; **166**(10): 1092-7.
15. Kroenke K, Spitzer RL, Williams JB. The PHQ-9: validity of a brief depression severity measure. *J Gen Intern Med* 2001; **16**(9): 606-13.
16. Kessler RC, Adler L, Ames M, et al. The World Health Organization Adult ADHD Self-Report Scale (ASRS): a short screening scale for use in the general population. *Psychol Med* 2005; **35**(2): 245-56.
17. He J, Becic E, Lee YC, McCarley JS. Mind wandering behind the wheel: performance and oculomotor correlates. *Hum Factors* 2011; **53**(1): 13-21.
18. Yanko MR, Spalek TM. Route familiarity breeds inattention: a driving simulator study. *Accid Anal Prev* 2013; **57**: 80-6.
19. Giambra LM. Adult male daydreaming across the life span: a replication, further analyses, and tentative norms based upon retrospective reports. *Int J Aging Hum Dev* 1977; **8**(3): 197-8.
20. Giambra LM. Task-unrelated-thought frequency as a function of age: a laboratory study. *Psychol Aging* 1989; **4**(2): 136-43.
21. Jackson JD, Balota DA. Mind-wandering in younger and older adults: converging evidence from the Sustained Attention to Response Task and reading for comprehension. *Psychol Aging* 2012; **27**(1): 106-19.

22. Maillet D, Schacter DL. From mind wandering to involuntary retrieval: Age-related differences in spontaneous cognitive processes. *Neuropsychologia* 2016; **80**: 142-56.
23. Mejean C, Szabo de Edelenyi F, Touvier M, et al. Motives for participating in a web-based nutrition cohort according to sociodemographic, lifestyle, and health characteristics: the NutriNet-Sante cohort study. *J Med Internet Res* 2014; **16**(8): e189.
24. Russell CW, Boggs DA, Palmer JR, Rosenberg L. Use of a web-based questionnaire in the Black Women's Health Study. *Am J Epidemiol* 2010; **172**(11): 1286-91.
25. Smallwood J, McSpadden M, Schooler JW. The lights are on but no one's home: meta-awareness and the decoupling of attention when the mind wanders. *Psychon Bull Rev* 2007; **14**(3): 527-33.
26. Jha AP, Stanley EA, Kiyonaga A, Wong L, Gelfand L. Examining the protective effects of mindfulness training on working memory capacity and affective experience. *Emotion* 2010; **10**(1): 54-64.
27. Mrazek MD, Franklin MS, Phillips DT, Baird B, Schooler JW. Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance while reducing mind wandering. *Psychol Sci* 2013; **24**(5): 776-81.

4.3.1.3 Conclusion

Chez les 15-64 ans, le risque d'accident de sport, loisirs et déplacement était 34% plus élevé parmi les 25% des participants qui présentaient une plus forte propension au mind-wandering par comparaison aux 75% restants. En ce qui concerne les accidents survenant lors d'activités domestiques et/ou vitales, aucun lien n'a été trouvé entre le mind-wandering trait et la survenue de ces accidents. Ces résultats confirment ainsi l'hypothèse de départ qui était que, au-delà des accidents de la route, le mind-wandering pourrait également présenter un risque lors de la pratique d'activités du quotidien, et plus particulièrement lors de la pratique d'activités partageant des points communs avec la conduite (c.-à-d. activité à faible demande cognitive prenant place dans un environnement nécessitant le traitement continu de stimuli provenant de l'environnement).

Cette étude a reposé sur l'étude du mind-wandering trait, une caractéristique durable se caractérisant par une forte propension à présenter du mind-wandering dans la vie quotidienne. Pour ce faire, le mind-wandering a été mesuré par le biais d'un questionnaire en ligne comportant 5 items. Cependant, comme nous l'avons vu dans la partie Contexte de ce travail, de nombreux outils ont été proposés pour étudier le mind-wandering sous ses différentes facettes. Ces outils incluent des questionnaires (p. ex. mesure du *mind-wandering trait* et *mind-wandering état*) ou de tâches SART avec mesure du mind-wandering. Par conséquent, il s'agit également de mieux comprendre dans quelle mesure ces différentes dimensions du mind-wandering sont liées. Sont-elles toutes indépendamment associées à un sur-risque d'accident ? Les personnes qui reportent du mind-wandering lors de la pratique d'un test d'attention soutenue sont-elles également celles qui manifestent une plus forte propension à expérimenter du mind-wandering dans la vie quotidienne ? Il semble important d'explorer ces questions dans de prochaines études. C'est ce que semble confirmer les résultats d'une étude épidémiologique réalisée en accidentologie routière intégrant une double mesure du mind-wandering (questionnaire permettant de mesurer la dimension trait ainsi qu'un relevé des pensées juste avant la survenue de l'accident) [46]. Selon cette étude et bien que fortement corrélées, ces deux mesures étaient indépendamment associées au risque d'être responsable d'un accident de la route.

4.3.2 Lien entre caractéristiques neuropsychologiques et AcVC

4.3.2.1 Contexte

Enfin, les défauts d'attention ont été étudiés via la mise en place de tests neuropsychologiques en ligne et en se focalisant sur :

- le mind-wandering mesuré *via* un test d'attention soutenue,
- deux fonctions exécutives : la capacité d'inhibition et la capacité de planification.

L'échantillon d'étude est composé des membres de la cohorte MAVIE âgés de 15 ans et plus qui ont accepté de venir participer à ces tests directement depuis le site internet de l'étude MAVIE.

L'intérêt de cette dernière partie est d'aller un peu plus loin dans l'étude des défauts d'attention dans l'Observatoire MAVIE en proposant des outils supplémentaires pour étudier l'attention et les AcVC. L'objectif principal est de mettre en lien les AcVC (dans une période de 1 et 2 ans avant le passage des tests) et les mesures obtenues à chacun des trois tests neuropsychologiques. Par l'intégration d'un outils supplémentaire pour étudier le mind-wandering, cette dernière partie doit également permettre de mettre en lien le mind-wandering trait mesuré par le biais d'un questionnaire à l'inclusion et la survenue de mind-wandering lors d'une tâche SART.

4.3.2.2 Résultats de l'étude

Les résultats de cette dernière partie sont présentés dans les pages suivantes sous la forme d'un article. Toutefois, il ne s'agit pas d'un article prêt à être publié en l'état mais d'une présentation des questions de recherche posées et des résultats obtenus.

Title. Internal distraction, executive functions and Home and Leisure Injuries: results from an online population-based cohort using unsupervised neuropsychological testing.

Abstract

Introduction. Attention-related factors have been identified as a major concern in traffic safety and may also increase the risk for Home and Leisure Injuries (HLIs). The main objective was to explore the association between attention-related factors measured with online neuropsychological tests and the risk of HLIs in a general population of adults aged 15 and older by focusing on executive functions abilities (inhibition and planning) and internal distraction (i.e. mind-wandering).

Methods. Participants aged 15 or older were recruited from an online population-based cohort to perform three online unsupervised neuropsychological tests at home. HLIs were measured both retrospectively at baseline and prospectively at follow-up (from enrollment to the passing of the tests). Trait-level of mind-wandering was also measured through a 5-item questionnaire.

Results. 5633 adults aged 15 or older were included. Among them, 1264 (22.4%) entered in at least one of the three neuropsychological tests. Participants who reported mind-wandering during the Sustained Attention to Response Task (SART) were more likely to score higher in the mind-wandering trait questionnaire. Neuropsychological test measures were not different between participants who reported an HLI and those who did not.

Conclusion. We did not find any association between attention-related factors measured by online unsupervised neuropsychological tests and the HLI in the previous 12 or 24 months among the general population of adults aged 15 or older. Mind-wandering trait and reports of mind-wandering while performing the SART were significantly related.

Introduction

Home and Leisure Injuries (HLIs) represent worldwide a major cause of morbidity and mortality worldwide and are expected to be even more predominant in the years to come [1]. The share of falls, one of the main mechanisms of occurrence of HLIs [2], in mortality causes is expected to grow and reach the 17th place by 2030. In France, about 20 000 people die every year as a consequence of an HLI, while about 5 million require emergency care [2,3]. While the younger and the elderly represent the main victims of HLIs, everyone is exposed to those injuries. Yet, they are still mostly, but mistakenly, perceived as a result of fate. To reduce the burden of HLIs, a better understanding of these injuries and their risk factors is essential for implementing prevention actions. Attention-related factors, including distraction and executive functions deficits, may be part of those factors.

A study analyzing 853 HLIs that occurred among workers of a French gaz company (GDF/EDF), inattention (i.e. lack of attention) has been reported as a contributing factor in about 30% of those injuries [4]. While performing a task, inattention can arise from distraction coming from the environment (e.g. phone ring) or from inner thoughts. By diverting one's attention from the task at hand, distractions may place people in danger thus increasing their risk of injury. Mind-wandering (thoughts unrelated to the task at hand) is a frequent phenomenon which results in a decoupling of attention from perceptual information [5,6]. It has been the focus of a growing interest in traffic safety research and has been found to be associated with an increased risk of crash [7,8]. Mind-wandering may also lead to greater risk while performing other everyday life activities. A study performed on a small sample of 18 women aged 66 to 81 years showed a correlation between history of falls and the frequency of mind-wandering reported while performing a Sustained Attention to Response Task (SART) [9].

In the literature, cognitive abilities, and particularly executive function, have been found to be associated with a higher risk of falls in the elderly, including those without cognitive impairment [10-13]. A prospective study on 201 healthy participants who reported no falls at baseline found that participants with worse executive functions (based on tests of response inhibition) were at higher risk to fall during the 2 years of follow-up compared to those with better inhibition functions [10]. Executive functions can be measured using paper-and-pencil or computerized tests. Computerized tests are now widely used and provide many advantages including convenience of test administration and a better standardization than paper-and-pencil tests [14,15]. Administration of supervised neuropsychological tests is time consuming (usually 2 to 5 hours to complete) and expensive and thus is not convenient for large samples of participants. Consequently, the use of online unsupervised tests provides a precious alternative which has been found to lead to test performances comparable to online supervised testing [16,17].

Available studies on the association between attention-related factors - diversion of attention, executive functions - and the risk of HLIs are sparse and mostly limited to the risk of falls in the elderly. The primary purpose of the present study was to investigate the association between attention-related factors, measured through online neuropsychological tests, and HLIs in the general population of adults aged 15 or older. The main hypothesis was that performance for the three tests would be worse among participants who reported HLIs in the previous 12 or 24 months. We also investigated two secondary objectives. First, we studied the association between age and neuropsychological test scores. Considering that most studies using neuropsychological tests are based on supervised procedures, that part will be used to compare our results to those obtained in

supervised context. Our last objective was to compare mind-wandering in daily life with reports of mind-wandering during a SART experiment. A wide range of tools have been developed to assess mind-wandering ranging from questionnaires to assess the trait level of mind-wandering (i.e. the propensity to mind wander in daily life) to experiments such as SART with thought-probes sustained. However, how those measures are related is not clear. We hypothesized that participants who score high in the mind-wandering trait questionnaire at enrollment would also be more likely to report mind-wandering in the SART.

Methods

Participants

Participants were household members of the MAVIE project, a population-based prospective cohort study on Home and Leisure Injuries (HLIs). The cohort was launched on 16 November 2014 and is exclusively online. The call for participation was essentially relayed by emails sent by three mutual insurances companies to their insurees. Elderly (65 and older) with no internet connection had the possibility to be represented by a referent.

People eligible to be part of the present study were participants enrolled in the MAVIE project before 8 January 2018. We excluded participants aged under 15 years old as no information on mind-wandering trait was collected for them. In addition, we excluded participants with no follow-up (i.e. participants who never returned to the study website after their registration to give news), participants who did not validate the sections on sociodemographic and well-being characteristics, and participants with missing data on mind-wandering. The questions used to assess mind-wandering trait were slightly modified ("The person has...") instead of ("I have ...") for elderly represented by a referent. Because results may not be comparable to those of other participants and answers were likely to reflect the point of view of his/her referent rather than the participant's, elderly people represented by a referent were not included in this study.

Home and leisure injuries (HLIs)

HLIs were collected by two means. First, in their individual questionnaire completed at inclusion, participants were asked if they had experienced any HLIs requiring medical care in the previous 12 months. HLIs were also collected prospectively during the follow-up. The referent of each household had as a mission to report any HLIs occurring to one of his/her household members. To facilitate the report of HLIs, referents received an email every three months reminding them that they had to report whether any HLI occurred for any household individual participating member. Should no HLI occur, a single click on a green thumb in the email was enough to report it. They were also able to report HLIs occurrence or non-occurrence at any time during the follow-up using the website. All HLIs reported were prospectively checked by two different people to detect events that did not match the definition of HLI (e.g. road traffic injury). HLIs reported on the day of enrollment were reclassified as retrospective HLIs. HLIs from unvalidated forms were not included considering that they were unfinished reports.

In the present study, HLIs prospectively reported in the 12 months and 24 months before carrying out the tests were studied. For injuries in the previous 12 months, the information collected retrospectively in the enrollment questionnaire was used for participants in the cohort for less than a year. Participants included in the cohort since less than 2 years were excluded for the analyses of HLIs in the past 24 months.

Mind-wandering trait

In their individual questionnaire at enrollment, participants completed the Mind-Wandering Questionnaire (MWQ) which is used to measure trait level of mind-wandering [18]. It is a self-reported scale consists of the 5 following items: "I have difficulty maintaining focus on simple or repetitive work", "While reading, I find I haven't been thinking about the text and must therefore read it again", "I do things without paying full attention", "I find myself listening with one ear,

thinking about something else at the same time”, and “I mind-wander during lectures and presentations”. Each item is rated on a 6-point scale from 1 (almost never) to 6 (almost always). A total score is obtained by adding the results of the 5 items with a range from 5 to 30.

Neuropsychological tests procedure

Participants were invited to perform the online tests at home by an email sent on 10 October 2017, followed by a reminder one month later. The three tests were accessible on their volunteer page in the same order as presented below. Before beginning the test, participants were informed that the test had to be realized in one go, in the best possible conditions and that they had to make sure to have enough time to complete it (the time necessary to perform each test was given). Participants also had the possibility to take the three tests in the same day or at different moments.

Go-No Go (GNG) task. Response inhibition was measured using a simple Go-No go paradigm. Letters were presented one-by-one at the center of the screen. Participants were instructed to respond by pressing the space bar as fast as possible when the frequent Go stimuli appeared (the letter "X", rate of 80%), but withhold their response to infrequent No Go stimuli (the letter "Y", rate of 20%). The high frequency of Go stimuli induced a prepotent tendency to respond leading to an increased difficulty to inhibit their response to the No Go stimuli [19]. Each stimulus disappeared after 1s or before if the space bar was pressed. Each stimulus was followed by a small dot that appeared at the center of the screen for 500 msec. An interval of 10 to 15 sec separated the apparition of two No Go stimuli. The total number of stimuli presented was 80. The test was preceded by a practice session for a maximum of 2 minutes or until they reached at least 5 consecutive correct responses (including at least one No Go stimulus). During this practice session, participants were given feedback in case of error. Measures recording included omission error rate (absence of response to Go stimuli), commission error rate (responding to No Go stimuli), and skill index (percentage of No Go correct/mean response times x 10).

Go-No Go / Mind-wandering (GNG/MW). Mind-wandering was explored using an adaptation of the Sustained Attention-to-Response Task (SART) [20] from Stawarczyk et al. [21]. Numbers from 1 to 9 were consecutively presented at the center of the screen. Participants were instructed to answer as fast as possible by pressing the space bar when a number appeared except when the number was the No Go stimulus (number 3). Each stimuli was presented for 450 msec and followed by a small dot presented for 1750 msec. Compared to the GNG task, the pace of presentation was reduced to increase the probability of off-task reports [21,22]. The average rate of No Go stimuli across block was 10%. Each block was composed of a random number of stimuli among 13-15-17-19 and 21. The test consist of a total of 8 blocks, each was followed by a thoughts probe announced by an interrogation point at the center of the screen. During this thoughts probe, participants were asked to report their conscious state in the seconds preceding the interruption. They had four possible response choices: 1/totally focused on the task, 2/external distraction, 3/task-related thoughts and 4/mind-wandering. When participants were not totally focused on the task, they were invited to report the intensity of the perturbation on the scale from 0 (not at all) to 6 (extremely). At the end of the probe, a message informing the participant of the resumption of the task was presented, following the transition element (the small dot). The measure recorded included omission and commission errors, skill index, and the answer to the eight thought-probes. As in the GNG task, participants performed a practice session with feedback in order to get familiarized with the test.

Tower of London (Tol). We used an adaptation of the 5-disk Tower of London test developed to investigate planning ability among normal subjects [23]. The test consists in moving disks presented in a starting configuration of three stacks (presented at the left of the screen) in order to reproduce a given target configuration (shown at the right of the screen). Participants had to resolve a total of 15 problems, the first three were simple and used as training. Participants were instructed to solve each problem in a minimal number of moves (indicated at the top right of the screen) using their computer mouse. They were informed that they had to follow the three following rules: 1/only one disk can be moved at a time, 2/a disk cannot be moved when another is lying above and 3/each move is counted. Participants were informed that they had one minute to solve each problem and that they had the possibility to mentally solve the problem before starting to move disks. Measure recorded including two indicators: the number of correctly solved trials at the first attempt and in the minimum number of moves ($Score_s$) and a weighted performance score as proposed by Unterrainer et al [24], which takes into account the difficulty of the problem by summing the number of moves for the correctly solved trials ($Score_w$).

Other information collected. For each of the three tests, date and hour of passage were collected. On top of that, participants were asked, at the beginning of each task, to answer by yes or no to the three following questions: 1/ "Are you tired?", 2/ "Are you relaxed?" and 3/ "Are you preoccupied?".

Statistical analyses

Participants characteristics collected in the enrollment questionnaire were compared according to the entrance or non-entrance in the neuropsychological tests and according to the completion of each test using Pearson Chi-Square test. These characteristics included age, level of education, level of anxiety assessed using the 7-item self-reported questionnaire for Generalized Anxiety Disorder (GAD-7) [25], and depression symptoms assessed using the 9-item Patient Health Questionnaire (PHQ-9) [26].

To limit the impact of the used of unsupervised online neuropsychological tests, a threshold of at least 60% of correct response to Go stimuli was applied for both the GNG and GNG/MW tasks and at least one correctly solved problem among the first three simple problems before continuing the analyses.

We examined the relationship between age and neuropsychological test scores using mean comparison tests. Normality was checked visually by inspecting descriptive statistics (histograms and Q-Q plots). For the GNG/MW test, the evolution of the participants' conscious state (and particularly the report of mind-wandering) throughout the test was also investigated by comparing the proportion of mind-wandering reports between the beginning and the end of the test using Chi-Square test. Pearson correlations were used to investigate the correlations between test measures.

To explore the main hypothesis that participants who performed more poorly on the test would be more likely to report HLLs than others, logistic regressions were performed. They were adjusted on age, level of education (lower than Bachelor's degree, bachelor's degree, higher than bachelor's degree) and the three binary variables related to the participants' state at the beginning of the test.

Results

At the date of extraction (8 January 2018), the MAVIE project included 12,735 households. Of these, 9,102 (72.5%) were considered as eligible for the study, leading to 21,005 potentially eligible members. After application of exclusion criteria, 5,633 participants were included in our study, among whose 3,916 adults aged between 15 and 64 years. The main reason for exclusion was the absence of consent (46%). The median follow-up time among participants was 850 days (range 428 to 1022 days).

Among the 5,633 participants included, 1,264 (22.4%) entered in at least the first of the three neuropsychological tests (the GNG task). The median time between the inclusion in the cohort and the entry in the first task was 991.5 days (Q1-Q3: 851-1029). Among those, 1,170 completed it (92.6%). Participants that accepted to enter in the GNG task were less likely to have a level of education lower than Bachelor's degree and to rate 10 or higher on the GAD-7 (Table 1). Age was also associated with the probability of entry in the GNG task with nearly 34% of the 65-75 years old among test-takers whereas they represented only 25% of the non task-takers ($p < 0.0001$). Among the 652 participants that entered in the three tests, 81% performed them on the same day.

Table 1: Participants' characteristics

	Entry in the GNG task				P
	No		Yes		
	N	(%)	N	(%)	
Total	4,369		1,264		
Sexe					0.1006
Femme	2,261	(51.8)	621	(49.1)	
Homme	2,108	(48.2)	643	(50.9)	
Age					<.0001
Moins de 30 ans	394	(9.0)	38	(3.0)	
Entre 30 et 49 ans	1,178	(27.0)	265	(21.0)	
Entre 50 et 64 ans	1,548	(35.4)	493	(39.0)	
Entre 65 et 74 ans	1,089	(24.9)	423	(33.5)	
75 ans et plus	160	(3.7)	45	(3.6)	
Education level					<.0001
Less than a bachelor's degree	1,003	(23.2)	193	(15.5)	
Bachelor's degree or equivalent	707	(16.4)	202	(16.3)	
More than a bachelor's degree	2,609	(60.4)	846	(68.2)	
Depression					0.1985
No	3,548	(91.3)	1,061	(92.5)	
Yes	338	(8.7)	86	(7.5)	
High level of anxiety*					0.0017
No	3,735	(94.4)	1,118	(96.7)	
Yes	221	(5.6)	38	(3.3)	

*Score of 10 or higher on the Generalized Anxiety Disorder (GAD-7) scale

The drop-out rate, defined as the proportion of participants that initiate a task but left before its completion, was higher for the GNG/MW task (14.4%) compared to both the ToL and GNG tasks (respectively 10.4% and 7.4%) (Table 2). For all three tasks, being tired, relaxed or preoccupied before performing the task was not associated with the probability of dropout. For the first two tasks, men were more likely to leave before the end of the task than women. A total of 1,170 participants performed and finished the GNG task, 765 the GNG/MW, and 584 the ToL. For the next part of the analysis, performance requirements were applied for each neuropsychological test to remove participants who had scores suggesting poor comprehension of the test. The number of participants retained was 1,120 (95.7%) for the GNG, 648 (84.7%) for the GNG/MW task, and 570 (97.4%) for the ToL.

Table 2: Characteristics of participants according to the completion of the neuropsychological tests

	Dropout		Completion		P
	N	(%)	N	(%)	
Go - No Go					
Men	58	(61.7)	585	(50.0)	0.0379
Age					0.6700
15-49	19	(20.2)	284	(24.3)	
50-64	38	(40.4)	455	(38.9)	
65 or older	37	(39.4)	431	(36.8)	
Weekdays	82	(87.2)	982	(83.9)	0.4857
Time of day					0.4231
13:00-18:59	39	(41.5)	497	(42.5)	
19:00-22:59	9	(9.6)	174	(14.9)	
23:00-6:59	5	(5.3)	43	(3.7)	
7:00-12:59	41	(43.6)	456	(39.0)	
Tired	19	(20.2)	286	(24.4)	0.4253
Relaxed	82	(87.2)	1051	(89.8)	0.4055
Worried	24	(25.5)	261	(22.3)	0.5542
Go - No Go / Mind-Wandering					
Men	88	(61.1)	346	(45.2)	0.0005
Age					0.2635
15-49	29	(20.1)	191	(25.0)	
50-64	54	(37.5)	300	(39.2)	
65 or older	61	(42.4)	274	(35.8)	
Day of test passing	118	(81.9)	631	(82.5)	0.8761
Time of day					0.5992
13:00-18:59	59	(41.0)	355	(46.4)	
19:00-22:59	22	(15.3)	120	(15.7)	
23:00-6:59	5	(3.5)	22	(2.9)	
7:00-12:59	58	(40.3)	268	(35.0)	
Tired	37	(25.7)	182	(23.8)	0.6241
Relaxed	123	(85.4)	655	(85.6)	0.9490
Worried	31	(21.5)	164	(21.4)	0.9808

	Dropout		Completion		P
	N	(%)	N	(%)	
Tower of London					
Men	34	(50.0)	273	(46.7)	0.6110
Age					0.0774
15-49	11	(16.2)	153	(26.2)	
50-64	26	(38.2)	236	(40.4)	
65 or older	31	(45.6)	195	(33.4)	
Weekdays	55	(80.9)	481	(82.4)	0.7625
Time of day					0.3724
13:00-18:59	33	(48.5)	278	(47.6)	
19:00-22:59	8	(11.8)	100	(17.1)	
23:00-6:59	1	(1.5)	24	(4.1)	
7:00-12:59	26	(38.2)	182	(31.2)	
Tired	20	(29.4)	150	(25.7)	0.5077
Relaxed	54	(79.4)	499	(85.4)	0.1895
Worried	20	(29.4)	125	(21.4)	0.1329

Age and score each of the three tests.

GNG task. Considering the low rates of omission errors, the comparison between age classes was not performed. Average mean of commission error rates (i.e. responses to No Go stimuli) and skill index were dependent of age. Average mean of commission errors decreased with age. Participants aged 65 or older made about 1.5 times less errors than participants aged 15-49 years. Regarding the skill index, participants aged 15-49 years tended to have a higher score as compared to both the older age groups whereas no difference was found when comparing participants aged 50-64 to those aged 65 or older.

GNG/MW task. The average skill index and the proportion of omission errors were both dependent of age. Pairwise comparisons showed an increased proportion of omission errors with age. Results for the skill index showed similar patterns to those found for the GNG task.

ToL task. Both the simple score ($Score_s$) and the weighted Score ($Score_w$) were associated with age. In post hoc analyses, they were both showing a decreased relationship as age increased.

Table 3: Score to neuropsychological tests according to age

	15-49 years Mean (SD)	50-64 years Mean (SD)	65 or older Mean (SD)	P ^a	Group differ. ^c
GNG					
Total	274	432	414		
Age	38.6 (7.58)	58.6 (4.40)	69.2 (3.73)	NC	
Omission, Median [Q1- Q3]	0.00 [0.00 - 0.00]	0.00 [0.00- 1.54]	0.00 [0.00- 1.56]	NC	
Commission	22.7 (18.0)	18.3 (15.6)	14.6 (14.6)	<.0001	1-2,1-3,2-3
Skill Index	1.96 (0.45)	1.84 (0.36)	1.81 (0.32)	<.0001	1-2,1-3
GNG/MW					
Total	185	257	206		
Age	38.6 (7.49)	58.4 (4.47)	69.0 (3.81)	NC	
Omission	12.8 (8.81)	18.4 (9.25)	21.5 (9.88)	<.0001	1-2,1-3,2-3
Commission	29.9 (16.6)	31.8 (17.5)	34.2 (18.5)	0.0517	
Skill Index	1.93 (0.44)	1.85 (0.46)	1.79 (0.46)	0.0065	1-2,1-3
Report of Mind- wandering ^a , n(%)	64 (34.6)	58 (22.6)	35 (17.0)	0.00019	
ToL					
Total	151	232	187		
Age	38.7 (7.44)	58.5 (4.39)	69.2 (3.84)	NC	
Score _s	7.47 (1.59)	6.73 (1.78)	6.14 (1.97)	<.0001	1-2,1-3,2-3
Score _w	47.6 (13.1)	42.2 (13.7)	37.8 (14.9)	<.0001	1-2,1-3,2-3

^aReport of mind-wandering at least once during the task

^bP value by analysis of variance across all groups, except for report of mind-wandering for which Pearson Chi-square test was used.

^cPost hoc analysis -Tuckey's test; 1: 15-49 years, 2: 50-64 years, and 3:65 years of older

Analyses of the GNG/MW task

Conscious state during the GNG/MW task. The figure below showed the evolution of the responses to the question about participant's conscious state during the task. The Q of Cochran test was used to test the hypothesis that the proportion of being on-task was the same in the 8 blocks versus the proportion was different for at least one of the 8 blocks. We found no differences in the proportion of on-task reports across the 8 blocks for all the 3 age groups (15-49 years old : Q= 10.37, df = 7, p-value = 0.1686, p=0.17; 50-64 years old : Q= 10.37, df = 7, p-value = 0.1686, 65 or older : Q= 10.37, df = 7, p-value = 0.1686).

The evolution of stimulus-dependent (on-task and external distractions), tests-related (on-task and task-related thoughts), and mind-wandering responses were also explored by comparing the frequency of reports between the first and the last thought-probes across age groups (Table 4). Among the 15-49 years old volunteers, task-related reports were more frequent at the beginning of the test than at the end (80% versus 65%, p<0.00096). Other age groups showed the same general

tendency but with smaller differences and non significant differences. The proportion of stimulus-related thoughts was similar at the beginning and at the end of the GNG/MW task for all three groups. Regarding the report of mind-wandering, the proportion was more than five times higher at the end compared to the beginning of the task among the younger adults ($p<0.0001$). Older participants also reported more mind-wandering thoughts at the end of the task, but the difference was not statistically significant.

Table 4: Report of stimulus-related, task-related and mind-wandering content during the GNG/MW task

	15-49 ans N=185			50-64 ans N=257			65 ans et plus N=206		
	Block 1	Block 8	P	Block 1	Block 8	P	Block 1	Block 8	P
Task-related	147 (79.5)	121 (65.4)	0.00096	226 (87.9)	218 (84.8)	0.2278	182 (88.3)	178 (86.4)	0.5271
Stimulus-dependent	136 (73.5)	134 (72.4)	0.7963	193 (75.1)	197 (76.6)	0.6171	154 (74.8)	162 (78.6)	0.3017
Mind-wandering*	5 (2.7)	26 (14.1)	<.0001	8 (3.1)	12 (4.7)	0.3173	5 (2.4)	9 (4.4)	0.2482

*Pvalue du test Binomial

GNG/MW scores and conscious state reports. Figure 1 shows Pearson correlations between omission and commission errors, task-unrelated reports (external distractions and mind-wandering), stimulus-independent reports (thoughts related to the appraisal of the task and mind-wandering), and mind-wandering alone for each age group. No correlation was found between omission errors and each of the three types of conscious state for all age groups. Mind-wandering was positively correlated with commission errors among participants between 15 and 49 years old ($r=0.2$, $p=0.0067$). In all age groups, stimulus-independent report was positively correlated with commission error with similar strength of association.

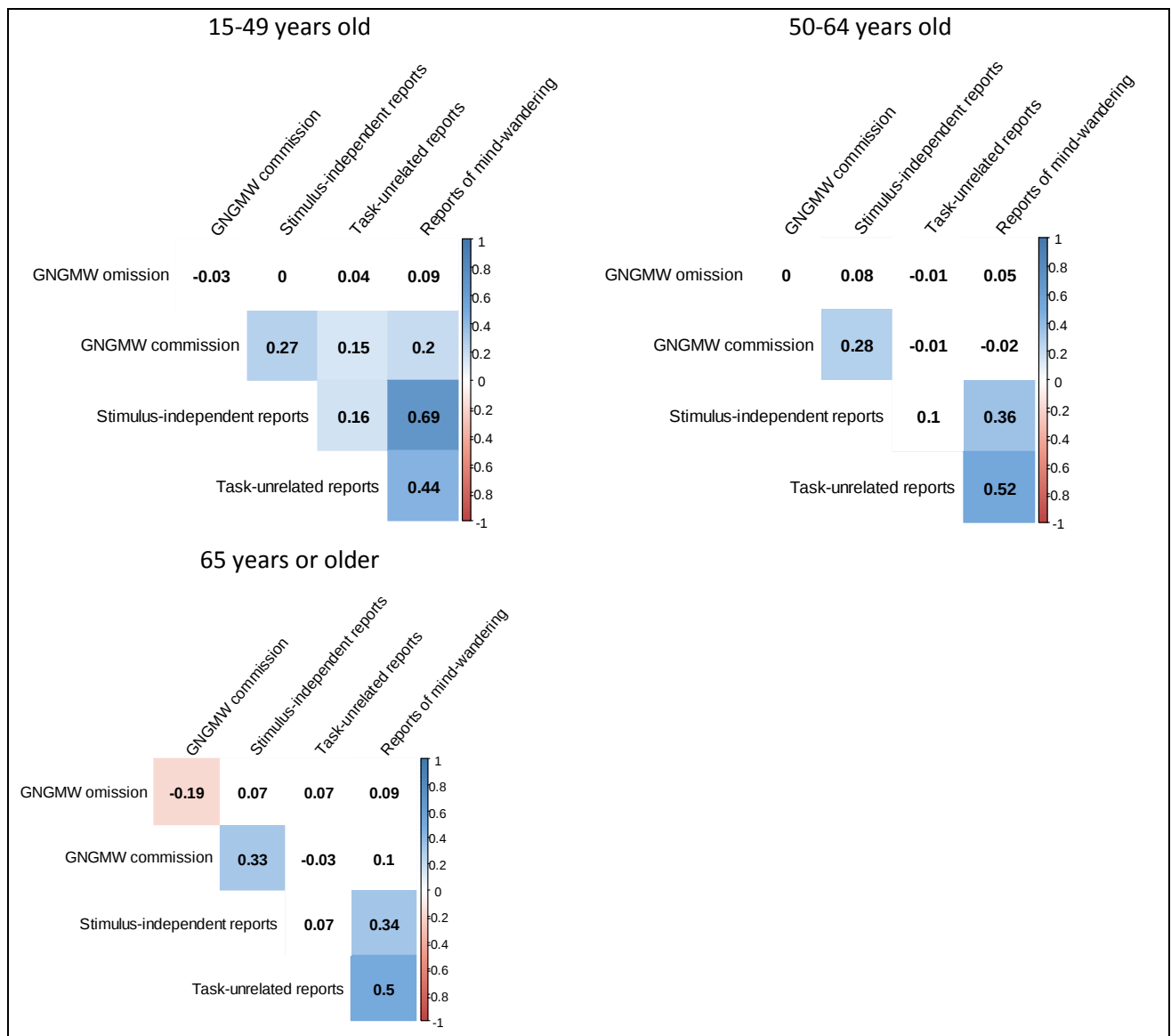


Figure 1: Correlation between Go-No Go/Mind-wandering measures by age group.

Mind-wandering during task and mind-wandering trait

The mean score of mind-wandering measured with the Mind-Wandering Questionnaire at inclusion was significantly higher among the volunteers that reported mind-wandering at least once during the GNG/MW task compared to those who never reported it (11,7 [SD=4,7] versus 13,0 [SD=4,3], $p=0.00217$).

Pearson correlations between neuropsychological tests measures were computed (Figure 2). The highest correlations were found for the indicators of the GNG and GNG/MW tasks which are not surprising considering that both tests are based on the same paradigm (answer to targets and withhold to non-targets). Skill index between the two tasks were correlated ($r=0.36$). A positive correlation was also found between both skill index and the ToL Score_w ($r=0.15$, $p=0.0019$). However, most of the correlations found were low.

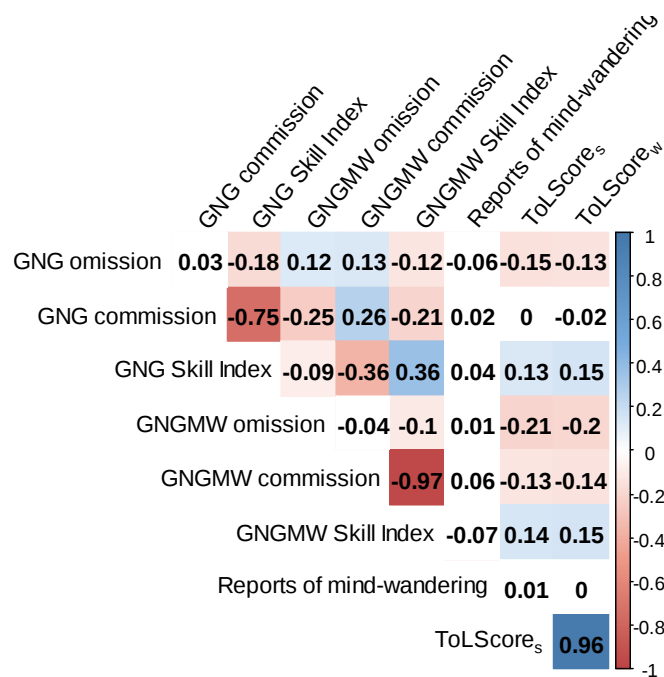


Figure 2: Pearson correlation between the three neuropsychological tests measures

Test scores and risk of HLIs

Logistic regression models were fitted to investigate the association between HLIs and each neuropsychological test score. First, only HLIs occurred in the previous 12 months before performing the tests were considered (HLIs reported prospectively during the follow-up for participants in the cohort since more than 12 months or HLIs reported retrospectively in the inclusion questionnaire for the others) (Table 5). HLIs were not associated with any of the neuropsychological test scores. Relationship between neuropsychological test scores and HLIs in the past 24 months by activities leading to the injury (1/injuries occurring while performing a domestic or vital activity, and 2/while performing moving, leisure or sport activities) have also been investigated. No association was found (results not shown).

Table 5: Logistic regression results of the association between HLI (yes or no) in the year before passing the tests and each neuropsychological test scores.

	HLI in the year before passing the tests		OR IC _{95%}
	No	Yes	
Test Go – No Go (N=983)			
Total	1005	68	
Skill Index	1.86 (0.37)	1.83 (0.40)	0.71 [0.38-1.33]
Commission errors	17.9 (16.0)	20.45 (16.03)	1.01 [0.99-1.02]
Test Go – No Go/MW (N=563)			
Total	562	45	
Omission errors	17.96 (10.07)	16.58 (8.08)	0.99 [0.95-1.02]
Commission errors	32.20 (17.69)	29.69 (18.53)	0.99 [0.97-1.01]
Skill Index	1.85 (0.46)	1.90 (0.47)	1.26 [0.63-2.54]
Report of MW	0.42 (1.02)	0.44 (1.16)	1.01 [0.75-1.36]
Test ToL (N=489)			
Total	487	42	
ToL Score _s	6.73 (1.86)	7.02 (1.85)	1.10 [0.92-1.33]
ToL Score _w	41.93 (14.44)	44.91 (14.60)	1.02 [0.99-1.04]

*Logistic regressions for each neuropsychological test score adjusted on age, education level and the three binary variables on participants' state before passing the test (tired y/n, worried y/n, relaxed y/n).

Table 6: Logistic regression results of the association between HLI (yes or no) in the year before passing the tests and each neuropsychological test scores.

	All AcVC in the 24 months before passing the tests		OR IC _{95%}
	No	Yes	
Test Go – No Go (N=983)			
Total	845	138	
Skill Index	1.87 (0.35)	1.83 (0.42)	0.67 [0.41-1.10]
Commission errors	17.62 (15.25)	18.94 (16.59)	1.01 [0.99-1.02]
Test Go – No Go/MW (N=563)			
Total	473	90	
Omission errors	18.05 (10.22)	17.59 (8.54)	0.99 [0.97-1.02]
Commission errors	32.06 (17.44)	29.78 (18.04)	0.99 [0.98-1.00]
Skill Index	1.85 (0.45)	1.91 (0.46)	1.38 [0.80- 2.35]
Test ToL (N=489)			
Total	409	80	
ToL Score _s	6.70 (1.85)	7.14 (1.78)	1.15 [1.00- 1.32]
ToL Score _s	41.7 (14.41)	44.91 (13.88)	1.02 [1.00-1.03]

*Logistic regressions for each neuropsychological test score adjusted on age, education level and the three binary variables on participants' state before passing the test (tired y/n, worried y/n, relaxed y/n).

Discussion

Contrary to what had been hypothesized, online unsupervised neuropsychological test scores were not associated with HLIs that occurred in the previous 12 or 24 months among volunteers aged 15 or older. A second objective was to assess age-related differences in neuropsychological tests scores. Older participants were more likely to have lower scores at all tests except for the GNG task for which they tended to make lower commission errors than younger participants. The last objective was to confront daily life mind-wandering, measure with a questionnaire at enrollment, with a laboratory kind of measure. Interestingly, we indeed found an association between those two measures.

Neither HLIs in the 12 months before the passing of the tests, nor those reported in the 24 months period showed an association with one of the neuropsychological tests scores. Previous studies on the association between HLIs and attention-related factors measured using neuropsychological tests have all been focused on the risk of falls among elderly. Both executive functions and mind-wandering measured with a Sustained Attention to Response Task (SART) have been found to be associated with an increased risk of falls among elderly [9,10]. Lower executive function scores have also been found among fallers as compared to non-fallers [13].

We assessed neuropsychological test scores differences between age groups (15-49 years, 50-64 years, and 65 or over) to compare the results obtained here in an unsupervised environment to those obtained in laboratory research. Regarding the GNG task, not only did we found a relationship between age and commission errors, but the average proportion of commission errors decreased as age increased. Results in the GNG task are difficult to compare across studies because of the variation in task parameters (e.g. proportion of non-targets, stimuli choices, rhythm of presentation) which has been found to affect performance [27]. However, most of these studies found no difference in terms of accuracy (omission and commission errors) in the GNG task [28-30]. According to them, older adults tended to adopt a more conservative strategy by slowing their response to compensate and thus achieve a same level of accuracy than younger adults. We indeed found that younger participants performed better when taking into account speed-accuracy which means that, although they tended to make more commission errors, younger also tended to respond more rapidly to frequent Go stimuli. Younger adults may have chosen to favor rapidity over accuracy for this first task instead of finding a balance between the two. The GNG/MW task is based on the same paradigm as the GNG (respond to Go stimuli while inhibit to No Go stimuli) but with a lower rate of No Go stimuli. Although not totally surprising, we obtained higher error rates of both kind of errors compared to those found in previous studies realized in supervised environment, particularly for omission errors (13%-22% in our study versus less than 5% in Jackson and Balota [31]). Considering that this second task share similarities with the preceding but was much faster, participants may have had difficulties to adapt to this new rhythm of presentation while passing from the GNG to the GNG/MW test. As in many studies using a SART experiment, the probability to report mind-wandering increased as age decreased [31-33]. However, whereas studies tended to report no age differences in SART performance between younger and older adults despite a higher rate of mind-wandering [31], we did found a higher proportion of commission errors among older despite them being less likely to report mind-wandering. Because older participants have been found to adopt a conservative strategy by slowing their response in this kind of test, our result is more likely the reflection of a higher difficulty for older to adapt a newer and faster strategy. Regarding the ToL task,

both scores calculated showed a decreased relationship with age. This result is consistent with previous findings using the 3-disk version of the ToL [34-36]. A study conducted among 900 participants found a decreased in planning ability from 45 years old whereas age-related planning ability was found to be stable from ages 16 to 35 [35]. A study using the 5-disk version of the ToL did not find an age effect on performance in terms of number of moves taken to solve each problem [37]. However, older adults (aged 60–76 years) tended to make less complete and more error-prone plans than younger adults (aged 17–25 years).

Finally, we also investigated the relationship between propensity to mind wander in daily life and probability to report mind-wandering during a sustained attention task. Mind-wandering has been the focus of a growing body of research. Most epidemiological studies on mind-wandering have been conducted using a questionnaire to assess mind-wandering trait [7,8], whereas most laboratory researches have been using the SART task. The present study offers the opportunity to bridge the gap between those two areas of research by considering those two tools simultaneously. We found that the average score on the Mind-Wandering Questionnaire was higher among participants who reported mind-wandering at least once during the GNG/MW task compared to those who did not report any mind-wandering episodes (11.7 versus 13.0 $p=0.00217$). As far as we know, no study has been made on the association between mind-wandering measure in a sustained attention task and then frequency of mind-wandering in daily-life activities measured with the MWQ. However, score in the Daydreaming Frequency Scale (DDFS), a 12-item questionnaire developed to measure the frequency of daydreaming in everyday life [38], has been found to be positively correlated to stimulus-independent and task-unrelated thoughts (i.e. mind-wandering) frequency [39]. Although the DDFS has been used to measure mind-wandering, it principally assessed the frequency of daydreaming which, unlike mind-wandering, refers to thoughts that did not occur while doing a task. However, DDFS has been found to be correlated with other measures of mind-wandering [40,41].

Strengths and limitations

The use of a web-based cohort provides the advantage to allow for the recruitment of volunteers from all part of France. Moreover, studies suggest that participants may be more comfortable to share sensitive information to a computer rather than to an interviewer which is important considering the large range of data collected in the MAVIE cohort [14]. However, this method is prone to selection bias and limits the generalizability of the results.

The occurrence of HLIs was self-reported by participants. Despite an e-mail sent every three months to recall participants to come and declare any occurrence of HLI in their household and a monthly newsletter which both contain a procedure to easily report any occurrence of HLI, some HLIs may have been missed. Moreover, for participants with less than one year of follow-up (about 8% of the GNG task-takers among whom the median follow-up time was 33 days), only HLIs reported retrospectively in the enrollment questionnaire (in the 12 months before enrollment) were used. It means that for participants included for 6 months, any HLI reported in those 6 months were excluded. This choice was made to have the same period of time (12 months) thus not introducing a bias by considering only 6 months of follow-up for some participants (and so lowering the probability for an HLI to occur).

The use of online and unsupervised neuropsychological tests has the main advantages to facilitate the recruitment and the collection of data in a relatively short period of time. Participants were

invited by e-mail and were able to perform the tests at their chosen time. As all computerized tests, they are found to have several advantages including being more standardized in terms of test instructions or stimulus presentation and less subject to measurement errors than paper-and-pencil tests [14,15]. However, computerized tests also have some disadvantages including being subject to computer-skills and computer anxiety [14]. Despite the fact that participants in an online cohort would probably be more likely to be comfortable with computer use and that we exclude elderly without internet connection, some participants may have struggled more than others for passing the tests. To limit the influence of computer skills on test performance, few and simple actions such as key press have been recommended [15], and were indeed adopted when possible. However, the ToL task may have been more susceptible to be impacted by computer because it required “drag-and-drop” actions which have been considered to be a more advanced response mode [42]. The particularity of our study is that the tests were performed online and in an uncontrolled environment and consequently may not reflect participants true capacity because of the influence of contextual (e.g. computer skills, optimal concentration, distractions) and technological factors (internet connection, processor and memory) [15]. Some authors have provided some advices and point to be cautious to conduct online neuropsychological testing including unsupervised testing and much of these advices have indeed been taken into account [14,15]. Another limitation when performing online unsupervised tests is that participants may also have not read the instructions, have ignored the recommendations provided before entering each test, and may be more likely to dropout in case the test was too long or excessively/insufficiently engaging [14,15].

Conclusion

The use of unsupervised online neuropsychological testing provides many advantages over supervised testing but come with limitations. Contrary to some studies which found no difference in performance between supervised and unsupervised use of an online battery of test [16,17], we found some differences. It may be partly due to the fact that our population was composed of a heterogeneous sample of adults recruited from an online cohort whereas most studies using computerized tests were performed on small sample, with a selected group of participants coming from a same place such as a university or a community-dwelling. Encouraging participation and limiting dropouts is also particularly challenging (only 22% of included adults have entered in at least one task and only 652 of them (52%) entered in each of the three tasks. Despite some limitations, this study is the first trying to investigate HLIs and attention-related factors using neuropsychological tests among adults aged 15 or older. Participants injured in an HLI did not show lower score as compared to the uninjured. It may be because most daily activities are often too familiar or not complex enough to require the mobilization of executive functions and consequently are not impacted with small differences in executive functions tests scores. In the future, it would be interesting to investigate the relationship with the risk of HLIs using HLIs collected prospectively after the passing of the tests.

References

1. Injuries and violence: the facts. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2014.
2. Lasbeur L, Thélot B. Mortalité par accident de la vie courante en France métropolitaine, 2000-2012. *Bull Epidemiol Hebd.* 2017;1:2-12.
3. Paget L, Thélot B. Les accidents de la vie courante en France métropolitaine selon l'enquête santé et protection sociale 2012. *Bull Epidemiol Hebd.* 2017;(32):660-7.
4. Verrier A, Chevalier A, Home, Leisure Injury G. Home and leisure injuries among the French electricity and gas company active employees: circumstances and short-term consequences. *Accid Anal Prev.* 2007;39(6):1279-85. doi: 10.1016/j.aap.2007.03.013.
5. Schooler JW, Smallwood J, Christoff K, Handy TC, Reichle ED, Sayette MA. Meta-awareness, perceptual decoupling and the wandering mind. *Trends Cogn Sci.* 2011;15(7):319-26. doi: 10.1016/j.tics.2011.05.006.
6. Smallwood J, Schooler JW. The restless mind. *Psychol Bull.* 2006;132(6):946-58. doi: 10.1037/0033-2909.132.6.946.
7. Galera C, Orriols L, M'Bailara K, Laborey M, Contrand B, Ribereau-Gayon R, et al. Mind wandering and driving: responsibility case-control study. *BMJ.* 2012;345:e8105. doi: 10.1136/bmj.e8105.
8. Gil-Jardine C, Nee M, Lagarde E, Schooler J, Contrand B, Orriols L, et al. The distracted mind on the wheel: Overall propensity to mind wandering is associated with road crash responsibility. *PLoS One.* 2017;12(8):e0181327. doi: 10.1371/journal.pone.0181327.
9. Nagamatsu LS, Kam JW, Liu-Ambrose T, Chan A, Handy TC. Mind-wandering and falls risk in older adults. *Psychol Aging.* 2013;28(3):685-91. doi: 10.1037/a0034197.
10. Herman T, Mirelman A, Giladi N, Schweiger A, Hausdorff JM. Executive control deficits as a prodrome to falls in healthy older adults: a prospective study linking thinking, walking, and falling. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2010;65(10):1086-92. doi: 10.1093/gerona/gfq077.
11. Holtzer R, Friedman R, Lipton RB, Katz M, Xue X, Verghese J. The relationship between specific cognitive functions and falls in aging. *Neuropsychology.* 2007;21(5):540-8. doi: 10.1037/0894-4105.21.5.540.
12. Muir SW, Gopaul K, Montero Odasso MM. The role of cognitive impairment in fall risk among older adults: a systematic review and meta-analysis. *Age Ageing.* 2012;41(3):299-308. doi: 10.1093/ageing/afs012.
13. Buracchio TJ, Mattek NC, Dodge HH, Hayes TL, Pavel M, Howieson DB, et al. Executive function predicts risk of falls in older adults without balance impairment. *BMC Geriatr.* 2011;11:74. doi: 10.1186/1471-2318-11-74.
14. Barak A, English N. Prospects and limitations of psychological testing on the internet. *Journal of Technology in Human Services.* 2002;(19):65-89.
15. Feenstra HE, Vermeulen IE, Murre JM, Schagen SB. Online cognition: factors facilitating reliable online neuropsychological test results. *Clin Neuropsychol.* 2017;31(1):59-84. doi: 10.1080/13854046.2016.1190405.
16. Cromer JA, Harel BT, Yu K, Valadka JS, Brunwin JW, Crawford CD, et al. Comparison of Cognitive Performance on the Cogstate Brief Battery When Taken In-Clinic, In-Group, and Unsupervised. *Clin Neuropsychol.* 2015;29(4):542-58. doi: 10.1080/13854046.2015.1054437.
17. Mackin RS, Insel PS, Truran D, Finley S, Flenniken D, Nosheny R, et al. Unsupervised online neuropsychological test performance for individuals with mild cognitive impairment and dementia: Results from the Brain Health Registry. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring.* 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dadm.2018.05.005>.
18. Mrazek MD, Phillips DT, Franklin MS, Broadway JM, Schooler JW. Young and restless: validation of the Mind-Wandering Questionnaire (MWQ) reveals disruptive impact of mind-wandering for youth. *Front Psychol.* 2013;4:560. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00560.
19. Wessel JR. Prepotent motor activity and inhibitory control demands in different variants of the go/no-go paradigm. *Psychophysiology.* 2018;55(3). doi: 10.1111/psyp.12871.

20. Robertson IH, Manly T, Andrade J, Baddeley BT, Yiend J. 'Oops!': performance correlates of everyday attentional failures in traumatic brain injured and normal subjects. *Neuropsychologia*. 1997;35(6):747-58.
21. Stawarczyk D, Majerus S, Maquet P, D'Argembeau A. Neural correlates of ongoing conscious experience: both task-unrelatedness and stimulus-independence are related to default network activity. *PLoS One*. 2011;6(2):e16997. doi: 10.1371/journal.pone.0016997.
22. Smallwood J, McSpadden M, Luus B, Schooler J. Segmenting the stream of consciousness: the psychological correlates of temporal structures in the time series data of a continuous performance task. *Brain Cogn*. 2008;66(1):50-6. doi: 10.1016/j.bandc.2007.05.004.
23. Ward G, Allport A. Planning and problem-solving using five-disc tower of London task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*. 1997;50A(1):49-78. doi: 10.1080/027249897392224.
24. Unterrainer JM, Rahm B, Kaller CP, Leonhart R, Quiske K, Hoppe-Seyler K, et al. Planning abilities and the Tower of London: is this task measuring a discrete cognitive function? *J Clin Exp Neuropsychol*. 2004;26(6):846-56. doi: 10.1080/13803390490509574.
25. Spitzer RL, Kroenke K, Williams JB, Lowe B. A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7. *Arch Intern Med*. 2006;166(10):1092-7. doi: 10.1001/archinte.166.10.1092.
26. Kroenke K, Spitzer RL, Williams JB. The PHQ-9: validity of a brief depression severity measure. *J Gen Intern Med*. 2001;16(9):606-13.
27. Hsieh S, Wu M, Tang CH. Adaptive Strategies for the Elderly in Inhibiting Irrelevant and Conflict No-Go Trials while Performing the Go/No-Go Task. *Front Aging Neurosci*. 2015;7:243. doi: 10.3389/fnagi.2015.00243.
28. Mudar RA, Chiang HS, Maguire MJ, Spence JS, Eroh J, Kraut MA, et al. Effects of age on cognitive control during semantic categorization. *Behav Brain Res*. 2015;287:285-93. doi: 10.1016/j.bbr.2015.03.042.
29. Vallesi A. Targets and non-targets in the aging brain: A go/nogo event-related potential study. *Neurosci Lett*. 2011;487(3):313-7. doi: 10.1016/j.neulet.2010.10.046.
30. Vallesi A, Stuss DT, McIntosh AR, Picton TW. Age-related differences in processing irrelevant information: evidence from event-related potentials. *Neuropsychologia*. 2009;47(2):577-86. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2008.10.018.
31. Jackson JD, Balota DA. Mind-wandering in younger and older adults: converging evidence from the Sustained Attention to Response Task and reading for comprehension. *Psychol Aging*. 2012;27(1):106-19. doi: 10.1037/a0023933.
32. Carriere JS, Cheyne JA, Solman GJ, Smilek D. Age trends for failures of sustained attention. *Psychol Aging*. 2010;25(3):569-74. doi: 10.1037/a0019363.
33. McVay JC, Meier ME, Tournon DR, Kane MJ. Aging ebbs the flow of thought: adult age differences in mind wandering, executive control, and self-evaluation. *Acta Psychol (Amst)*. 2013;142(1):136-47. doi: 10.1016/j.actpsy.2012.11.006.
34. Allamanno N, Della Sala S, Laiacina M, Pasetti C, Spinnler H. Problem solving ability in aging and dementia: normative data on a non-verbal test. *Ital J Neurol Sci*. 1987;8(2):111-9.
35. Kaller CP, Debelak R, Kosterling L, Egle J, Rahm B, Wild PS, et al. Assessing Planning Ability Across the Adult Life Span: Population-Representative and Age-Adjusted Reliability Estimates for the Tower of London (TOL-F). *Arch Clin Neuropsychol*. 2016;31(2):148-64. doi: 10.1093/arclin/acv088.
36. Kosterling L, Stahl C, Leonhart R, Weiller C, Kaller CP. Development of planning abilities in normal aging: differential effects of specific cognitive demands. *Dev Psychol*. 2014;50(1):293-303. doi: 10.1037/a0032467.
37. Gilhooly KJ, Phillips LH, Wynn V, Logie RH, Della Sala S. Planning Processes and Age in the Five-disc Tower of London Task. *Thinking & Reasoning*. 1999;5(4):339-61. doi: 10.1080/135467899393977.
38. Giambra LM. The influence of aging on spontaneous shifts of attention from external stimuli to the contents of consciousness. *Exp Gerontol*. 1993;28(4-5):485-92.

39. Stawarczyk D, Majerus S, Van der Linden M, D'Argembeau A. Using the Daydreaming Frequency Scale to Investigate the Relationships between Mind-Wandering, Psychological Well-Being, and Present-Moment Awareness. *Front Psychol.* 2012;3:363. doi: 10.3389/fpsyg.2012.00363.
40. Mrazek MD, Smallwood J, Franklin MS, Chin JM, Baird B, Schooler JW. The role of mind-wandering in measurements of general aptitude. *J Exp Psychol Gen.* 2012;141(4):788-98. doi: 10.1037/a0027968.
41. Mrazek MD, Smallwood J, Schooler JW. Mindfulness and mind-wandering: finding convergence through opposing constructs. *Emotion.* 2012;12(3):442-8. doi: 10.1037/a0026678.
42. Hansen TI, Haferstrom EC, Brunner JF, Lehn H, Haberg AK. Initial validation of a web-based self-administered neuropsychological test battery for older adults and seniors. *J Clin Exp Neuropsychol.* 2015;37(6):581-94. doi: 10.1080/13803395.2015.1038220.

Supplementary materials

Table 1: Regression for test scores as a function of participants' characteristics

	β	p*
GNG commission errors		
Age		<0.0001
15-49		1
50-64	-5.34 (-7.96 to -2.72)	
65 or over	-8.72 (-11.43 to -6.02)	
Female	-0.69 (-2.74 to 1.37)	0.51636
Education level		0.02125
Less than a bachelor's degree		1
Bachelor's degree or equivalent	-1.17 (-4.75 to 2.41)	
More than a bachelor's degree	-3.59 (-6.44 to -0.73)	
Anxiety	1.30 (-4.33 to 6.92)	0.65081
GNG/MW commission errors		
Age		0.04728
15-49		1
50-64	2.21 (-1.41 to 5.84)	
65 or over	4.94 (1.01 to 8.87)	
Female	0.84 (-2.17 to 3.86)	0.51463
Education level		0.45867
Less than a bachelor's degree		1
Bachelor's degree or equivalent	-0.30 (-5.46 to 4.86)	
More than a bachelor's degree	-1.95 (-6.08 to 2.18)	
Anxiety	7.65 (-0.08 to 15.38)	0.05248
TDL score		
Age		<0.0001
15-49		1
50-64	-0.62 (-1.01 to -0.22)	
65 or over	-1.46 (-1.88 to -1.04)	
Female	-0.60 (-0.92 to -0.28)	0.0002205
Education level		0.0017490
Less than a bachelor's degree		1
Bachelor's degree or equivalent	0.41 (-0.13 to 0.95)	
More than a bachelor's degree	0.74 (0.32 to 1.17)	
Anxiety	-0.35 (-1.14 to 0.44)	0.3798139

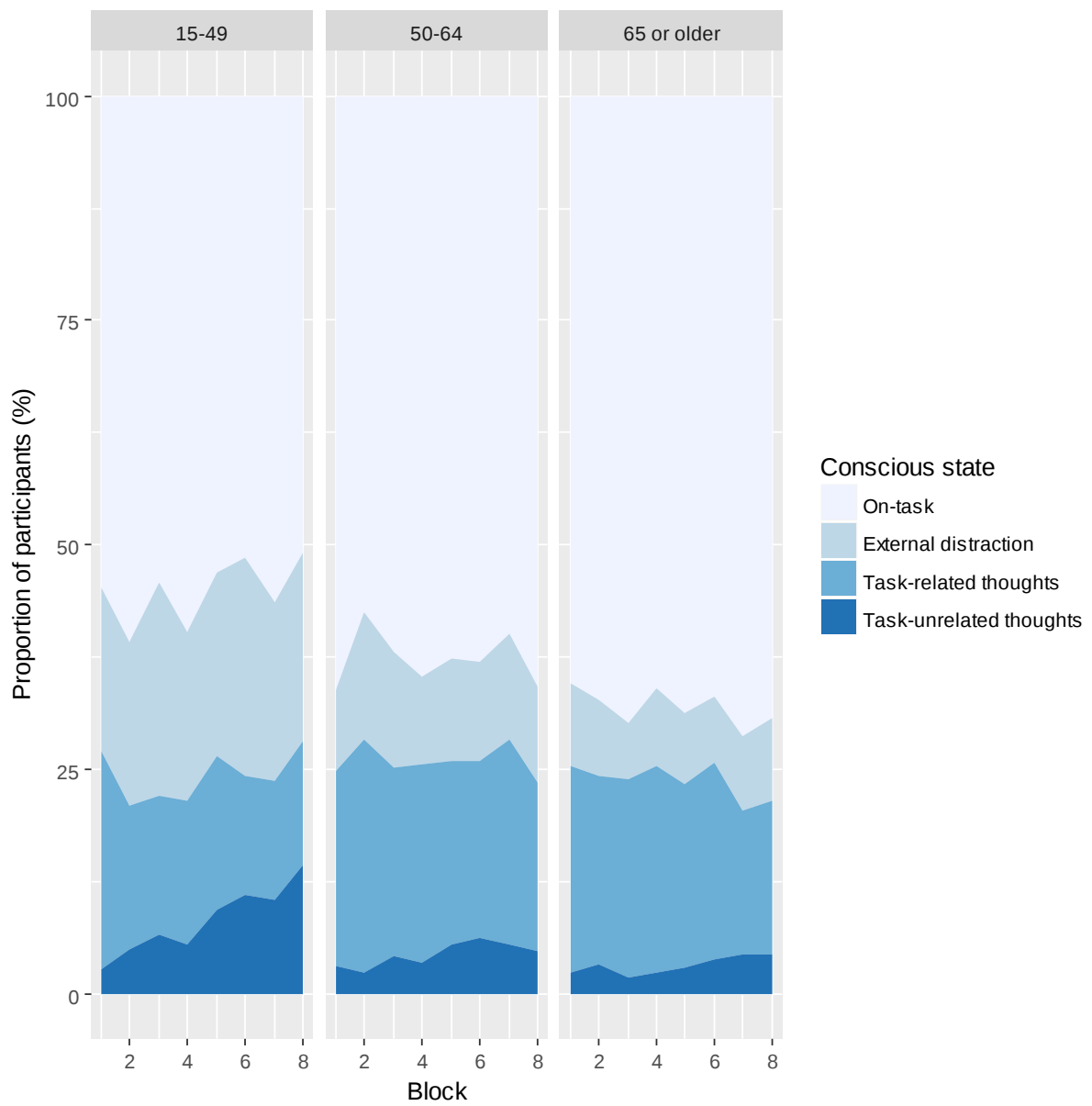


Fig 1 : Distribution of the answer to the 8 thought-probes by age

4.3.2.3 Conclusion

Suite à l'envoi de mails d'invitation à participer à des tests en ligne, environ 22% des 5 633 volontaires inclus ont accepté de réaliser au moins l'un des trois tests proposés. Cette première analyse portant sur les résultats à ces tests ne montre pas d'association entre les AcVC, déclarés dans les 12 et 24 mois avant le passage de ces tests, et les résultats à ces tests. En ce qui concerne le mind-wandering, nos résultats montrent que les participants qui déclaraient du mind-wandering au moins une fois lors du test GNG/MW présentaient un score plus élevé au questionnaire du mind-wandering trait à l'inclusion.

De façon surprenante, nous avons trouvé des résultats différents de ceux trouvés jusqu'ici dans la littérature pour ce qui est du lien entre âge et résultat à ces tests. Est-ce que c'est dû à l'utilisation de tests non supervisés ? À notre population qui est beaucoup moins homogène que les populations qui composent habituellement ces études ? À nos versions de ces tests ? De futures études seront nécessaires pour s'assurer de la validité et de la fiabilité de ces tests et ainsi tenter de répondre à ces questions. Il sera également intéressant de reproduire cette étude par la suite afin de pouvoir considérer à la fois l'historique d'AcVC et les accidents déclarés prospectivement suite au passage des tests.

Conclusion

Les travaux réalisés dans le cadre de ce travail de thèse confirment l'importance de la problématique des défauts d'attention dans la survenue des traumatismes non intentionnels et, plus particulièrement, dans la survenue des accidents de la route et des accidents de la vie courante. Ayant débuté par l'exploration du risque lié aux consommations de certains médicaments chez les piétons, une question restée encore inexplorée, nous avons ensuite élargi notre problématique à l'impact de l'ensemble des distractions comportementales sur le risque routier. Enfin, nous avons étudié cette même problématique des défauts d'attention dans la survenue des AcVC, en explorant tout d'abord les défauts d'attention à partir de facteurs de risque auto-déclarés, puis via l'utilisation de tests neuropsychologiques sur internet.

L'étude des médicaments sur le risque d'accident chez les piétons a permis d'apporter un nouvel éclairage sur la question de l'inattention induite par les médicaments psychotropes dans le risque routier. Considérés jusqu'ici exclusivement sous l'angle des conducteurs, les résultats de notre étude montrent que certains médicaments pourraient également présenter un risque pour les piétons. Aujourd'hui encore, les données disponibles dans la littérature sur cette problématique restent descriptives, faisant de cette étude la première à s'intéresser directement à cette question. Parmi les différents médicaments identifiés comme pouvant présenter un risque chez les piétons, les benzodiazépines méritent particulièrement de futures investigations. En effet, elles figuraient parmi les 10 médicaments les plus fréquemment consommés au sein de notre échantillon de piétons impliqués dans un accident de la route et sont, en outre, majoritairement consommées par des femmes âgées. Or, on observe une sur-représentation des personnes âgées de 65 ans et plus dans la mortalité piétonne et près de la moitié sont des femmes. Avec le vieillissement de la population, il semble d'autant plus important de poursuivre les études dans cette direction afin de confirmer ces premiers résultats et, le cas échéant, d'estimer la proportion du risque attribuable à la consommation de ces médicaments.

Le risque lié à la distraction au volant, qui a été identifiée comme un facteur important d'insécurité routière, a été l'objet de notre seconde étude. Nous avons montré que, parmi les différents types de distractions susceptibles de détourner l'attention du conducteur, la distraction visuelle était associée à un risque plus important d'accident de la route. Ce travail a ainsi permis de confirmer, au travers d'une étude épidémiologique, les hypothèses issues des études naturalistes. En effet, ces dernières tendaient à observer que, parmi l'ensemble des activités secondaires à la conduite observées, les risques les plus importants concernaient les activités impliquant une demande visuelle (p. ex. composer un numéro de téléphone, écrire/lire). En attendant l'avènement et la généralisation du

véhicule automatisé, la question des distractions au volant reste un enjeu central. La place croissante du téléphone portable, dont l'utilisation a considérablement évolué au cours des dernières années, ainsi que la multiplication des systèmes d'aide à la conduite (p. ex. limiteur de vitesse, conduite semi-automatisée) qui permettent d'alléger les tâches du conducteur sont autant de facteurs pouvant accroître la part des distractions dans la survenue des accidents de la route dans les années à venir.

La troisième et dernière partie de ce travail de thèse a consisté à ouvrir la problématique des défauts d'attention à d'autres catégories de traumatismes non intentionnels et plus particulièrement aux AcVC. À notre connaissance, en dehors des études sur le risque de chute chez les personnes âgées, il n'existait pas, à ce jour, d'études épidémiologiques portant sur l'association entre AcVC et les défauts d'attention. Nos résultats sur le mind-wandering trait suggèrent que les personnes qui ont tendance à voir leur attention détournée au profit de pensées internes présentent un risque accru. En concordance avec notre hypothèse de départ, ce sont plus particulièrement les activités se caractérisant par une faible demande cognitive tout en nécessitant le traitement continu d'informations provenant de l'environnement qui constituent un risque chez les personnes sujettes au mind-wandering. Enfin, le dernier axe de ce travail a porté sur l'étude du lien entre AcVC et les indicateurs issus de tests neuropsychologiques non supervisés. L'originalité de cette dernière étude consistait à proposer à des adultes membres d'une cohorte en ligne de participer à des tests neuropsychologiques directement depuis chez eux. Les données issues de ces tests ont été mises en lien avec les AcVC déclarés dans une période de 12 et de 24 mois avant le passage des tests. Nous n'avons pas mis en évidence de lien entre historique d'AcVC et les résultats à ces tests chez les adultes de 15 ans et plus. En revanche, nous avons pu établir pour la première fois un lien entre la propension au mind-wandering mesuré lors d'un test d'attention soutenue et le score obtenu par un questionnaire complété plusieurs mois auparavant. Le temps nous a cependant manqué pour permettre de considérer les accidents déclarés prospectivement dans l'année suivant le passage des tests et l'analyse est donc restée rétrospective. Par la suite, il serait intéressant de reproduire cette étude afin de disposer d'accidents prospectifs ainsi que de porter notre attention sur les victimes de multiples AcVC par comparaison à ceux qui n'en déclarent qu'un seul et à ceux qui n'en déclarent aucun dans la même période. Enfin, de futures études sont nécessaires pour s'assurer de la validité et de la fiabilité de ces tests.

Pour conclure, ce travail permet d'apporter un éclairage sur des questions restées inexplorees dans l'étude du lien entre défauts d'attention et traumatismes non intentionnels. Nous nous sommes ici focalisés sur deux grandes catégories de traumatismes non intentionnels : les accidents de la route et les AcVC. Cependant, les traumatismes non intentionnels incluent également une troisième catégorie : les accidents du travail. Ces accidents n'ont pas pu être étudiés ici. En effet, ils font l'objet d'un recueil et d'un traitement spécial en France et n'étaient pas disponibles pour ce travail. Cependant, il semble pertinent et nécessaire de mener des recherches spécifiques sur la problématique des défauts d'attention dans le risque de survenue de ces accidents.

Références

- [1] ONISR. La sécurité routière en France, Bilan de l'accidentalité de l'année 2016. Paris : Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière; 2017. Consulté le 4 juillet 2018. Available from : <http://www.securite-routiere.gouv.fr/media/fichiers/onisr/accidentalite-routiere/bilans-annuels/bilan-de-la-securite-routiere-2016>.
- [2] European Commission. Road Safety Programme 2011–2020. Brussels; 2010. Consulté le 24 août 2018. Available from : http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-10-343_en.htm.
- [3] European Commission. European Commission - Fact Sheet. 2017 road safety statistics : What is behind the figures ? Brussels ; 2017. Consulté le 24 août 2018. Available from : http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-18-2762_en.htm.
- [4] Verrier A, Chevalier A, Home, Leisure Injury G. Home and leisure injuries among the French electricity and gas company active employees : circumstances and short-term consequences. *Accid Anal Prev*. 2007 ;39(6) :1279–85.
- [5] Holder Y, Peden M, Krug E, Lund J, Gururaj G, Kobusingye O. Injury Surveillance guidelines. World Health Organization ; 2001.
- [6] Système communautaire d'information sur les accidents domestiques et de loisirs (EHLASS), manuel de codage, version mise à jour. Commission européenne ; 1996.
- [7] Legifrance. Arrêté du 27 mars 2007 relatif aux conditions d'élaboration des statistiques relatives aux accidents corporels de la circulation ; 2007. Online ; consulté le 5 Juillet 2018. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000274974>.
- [8] Legifrance. LOI N° 2016-41 du 26 janvier 2016 de modernisation de notre système de santé. JO n° 0022; 2016. Online ; consulté le 27 janvier 2016. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000031912641&categorieLien=id>.
- [9] Pédrone G, Bouilly M, Thélot B. Enquête permanente sur les accidents de la vie courante (EPAC). Résultats 2010 en France métropolitaine. Institut de Veille Sanitaire ; 2016. 100 p. Available at <http://invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Maladies-chroniques-et-traumatismes/2016/Enquete-permanente-sur-les-accidents-de-la-vie-courante-EPAC>.

- [10] WHO. Injuries and violence : the facts. Geneva : World Health Organization ; 2014. Available from : http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/149798/1/9789241508018_eng.pdf.
- [11] Heron M. Deaths : Leading Causes for 2015. Natl Vital Stat Rep. 2017 ;66(5) :1–76.
- [12] EuroSafe. Injuries in the European Union, Summary on injury statistics 2012-2014 ; 2016. Available from : <http://www.eurosafe.eu.com/key-actions/injury-data/reports>.
- [13] Lasbeur L, Thélot B. Mortalité par accident de la vie courante en France métropolitaine, 2000-2012. Bull Epidemiol Hebd. 2017 ;1 :2–12.
- [14] Thélot B, Ricard C. Enquête permanente sur les accidents de la vie courante. Résultats 2002-2003. Réseau Epac. Saint-Maurice : Institut de Veille Sanitaire ; 2005. Consulté le 20 juin 2018. Available from : http://opac.invs.sante.fr/index.php?lvl=notice_display&id=5442.
- [15] WHO. Global status report on road safety 2015. Geneva : World Health Organization ; 2015. Available from : http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/.
- [16] Paget L, Thélot B. Les accidents de la vie courante en France métropolitaine selon l'Enquête santé et protection sociale 2012. Bull Epidemiol Hebd. 2017 ;(32) :660–7. Available from : http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2017/32/2017_32_1.
- [17] InVS. Enquête Permanente sur les accidents de la vie courante, résultats 2016. Saint Maurice : Institut de Veille Sanitaire ; 2016. Consulté le 28 juin 2018. Available from : <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-chroniques-et-traumatismes/Traumatismes/Bases-de-donnees-outils/Enquete-Permanente-sur-les-Accidents-de-la-Vie-Courante-EPAC>.
- [18] Richard JB, Thelot B, Beck F. [Injuries in France : trends and risk factors]. Rev Epidemiol Sante Publique. 2013 ;61(3) :205–12.
- [19] Garry F. Le coût des accidents de la vie courante à travers l'enquête CNAMTS 1997. Journées scientifiques de l'InVS ; 2001. Consulté le 28 juin 2018. Available from : <http://invs.santepubliquefrance.fr/Dossiers-thematiques/Maladies-chroniques-et-traumatismes/Traumatismes/Accidents/Resultats-generaux-par-accident-de-la-vie-courante>.
- [20] Saint Pulgent N, Briat E, Cerqueira J, Goualc'h G. Prévenir les accidents de la vie courante ; 2008.
- [21] James W. The Principles of Psychology. New York : Henry Holt ; 1890.
- [22] Van Zomeren AH, Brouwer WH. Clinical Neuropsychology of Attention. New York : Oxford University Press ; 1994.

- [23] Mazeau M, Pouhet A. Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant. 2nd ed. Elsevier Masson; 2014. Consulté en avril 2018. Available from : <https://www-sciencedirect-com.docelec.u-bordeaux.fr/science/book/9782294734076>.
- [24] Ballard JC. Computerized assessment of sustained attention : a review of factors affecting vigilance performance. *J Clin Exp Neuropsychol*. 1996;18(6) :843–63.
- [25] OMS. Substances psychoactives;. Online; consulté le 10 juillet 2017. http://www.who.int/substance_abuse/terminology/psychoactive_substances/fr/.
- [26] Koelega HS. Alcohol and vigilance performance : a review. *Psychopharmacology (Berl)*. 1995;118(3) :233–49.
- [27] Jongen S, Vuurman EF, Ramaekers JG, Vermeeren A. The sensitivity of laboratory tests assessing driving related skills to dose-related impairment of alcohol : A literature review. *Accid Anal Prev*. 2016;89 :31–48.
- [28] Van Elslande P, Jaffard M, Fouquet K, Fournier JY. De la vigilance à l'attention : influence de l'état psychophysiologique et cognitif du conducteur dans les mécanismes d'accidents. INRETS rapport n° 280 ; 2009.
- [29] Akerstedt T, Bassetti C, Cirignotta F, García-Borreguero D, Gonçalves M, Horne J, et al. La somnolence au volant. Paris : INSV et ASFA ; 2013. Consulté le 12 juillet 2018. Available from : <http://www.institut-sommeil-vigilance.org/>.
- [30] Afssaps. Mise au point. Médicaments et conduite automobile. Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé ; 2009. Consulté le 11 juillet 2018. Available from : <http://ansm.sante.fr>.
- [31] Regan MA, Lee JD, Young KL. Driver Distraction : Theory, Effects, and Mitigation. Boca Raton : CRC Press; 2009.
- [32] Hoel J, Jaffard M, Van Elslande P. Attentional competition between tasks and its implications; 2010. In *European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport System*.
- [33] Kane MJ, Brown LH, McVay JC, Silvia PJ, Myin-Germeys I, Kwapil TR. For whom the mind wanders, and when : an experience-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychol Sci*. 2007;18(7) :614–21.
- [34] Killingsworth MA, Gilbert DT. A wandering mind is an unhappy mind. *Science*. 2010;330(6006) :932.
- [35] Baird B, Smallwood J, Mrazek MD, Kam JW, Franklin MS, Schooler JW. Inspired by distraction : mind wandering facilitates creative incubation. *Psychol Sci*. 2012;23(10) :1117–22.
- [36] Smallwood J, Schooler JW. The science of mind wandering : empirically navigating the stream of consciousness. *Annu Rev Psychol*. 2015;66 :487–518.

- [37] Berthie G, Lemercier C, Paubel PV, Cour M, Fort A, Galera C, et al. The restless mind while driving : drivers' thoughts behind the wheel. *Accid Anal Prev.* 2015 ;76 :159–65.
- [38] Mason MF, Norton MI, Van Horn JD, Wegner DM, Grafton ST, Macrae CN. Wandering minds : the default network and stimulus-independent thought. *Science.* 2007 ;315(5810) :393–5.
- [39] Ruby FJ, Smallwood J, Sackur J, Singer T. Is self-generated thought a means of social problem solving ? *Front Psychol.* 2013 ;4 :962.
- [40] Mooneyham BW, Schooler JW. The costs and benefits of mind-wandering : a review. *Can J Exp Psychol.* 2013 ;67(1) :11–8.
- [41] Leszczynski M, Chaieb L, Reber TP, Derner M, Axmacher N, Fell J. Mind wandering simultaneously prolongs reactions and promotes creative incubation. *Scientific Reports.* 2017 Aug ;7(1) :10197. Available from : <https://www.nature.com/articles/s41598-017-10616-3>.
- [42] Jackson JD, Balota DA. Mind-wandering in younger and older adults : converging evidence from the Sustained Attention to Response Task and reading for comprehension. *Psychol Aging.* 2012 ;27(1) :106–19.
- [43] Galera C, Orriols L, M'Bailara K, Laborey M, Contrand B, Ribereau-Gayon R, et al. Mind wandering and driving : responsibility case-control study. *BMJ.* 2012 ;345 :e8105.
- [44] Smallwood J, Schooler JW. The restless mind. *Psychol Bull.* 2006 ;132(6) :946–58.
- [45] Baird B, Smallwood J, Schooler JW. Back to the future : autobiographical planning and the functionality of mind-wandering. *Conscious Cogn.* 2011 ;20(4) :1604–11.
- [46] Gil-Jardine C, Nee M, Lagarde E, Schooler J, Contrand B, Orriols L, et al. The distracted mind on the wheel : Overall propensity to mind wandering is associated with road crash responsibility. *PLoS One.* 2017 ;12(8) :e0181327.
- [47] Mrazek MD, Franklin MS, Phillips DT, Baird B, Schooler JW. Mindfulness training improves working memory capacity and GRE performance while reducing mind wandering. *Psychol Sci.* 2013 ;24(5) :776–81.
- [48] Godefroy O, Brigitte A, Philippe A, Mira DH, Olivier G, Didier le G, et al. [Frontal dysexecutive syndromes]. *Rev Neurol (Paris).* 2004 ;160(10) :899–909.
- [49] Shallice T. Specific impairments of planning. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1982 ;298(1089) :199–209.
- [50] Dingus TA. Estimates of prevalence and risk associated with inattention and distraction based upon in situ naturalistic data. *Ann Adv Automot Med.* 2014 ;58 :60–8.
- [51] Kelly E, Darke S, Ross J. A review of drug use and driving : epidemiology, impairment, risk factors and risk perceptions. *Drug Alcohol Rev.* 2004 ;23(3) :319–44.

- [52] Blomberg RD, Peck RC, Moskowitz H, Burns M, Fiorentino D. The Long Beach/-Fort Lauderdale relative risk study. *J Safety Res.* 2009 ;40(4) :285–92.
- [53] Martin TL, Solbeck PA, Mayers DJ, Langille RM, Buczek Y, Pelletier MR. A review of alcohol-impaired driving : the role of blood alcohol concentration and complexity of the driving task. *J Forensic Sci.* 2013 ;58(5) :1238–50.
- [54] Hartman RL, Huestis MA. Cannabis effects on driving skills. *Clinical Chemistry.* 2013 ;59(3) :478–492.
- [55] Battistella G, Fornari E, Thomas A, Mall JF, Chtioui H, Appenzeller M, et al. Weed or wheel! FMRI, behavioural, and toxicological investigations of how cannabis smoking affects skills necessary for driving. *PloS One.* 2013 ;8(1) :e52545.
- [56] Laumon B, Gadegbeku B, Martin JL, Biecheler MB, Group SAM. Cannabis intoxication and fatal road crashes in France : population based case-control study. *BMJ.* 2005 ;331(7529) :1371.
- [57] Asbridge M, Hayden JA, Cartwright JL. Acute cannabis consumption and motor vehicle collision risk : systematic review of observational studies and meta-analysis. *BMJ.* 2012 ;344 :e536.
- [58] Rogeberg O, Elvik R. The effects of cannabis intoxication on motor vehicle collision revisited and revised. *Addiction.* 2016 ;111(8) :1348–59.
- [59] Li MC, Brady JE, DiMaggio CJ, Lusardi AR, Tzong KY, Li G. Marijuana use and motor vehicle crashes. *Epidemiol Rev.* 2012 ;34 :65–72.
- [60] Kurzthaler I, Wambacher M, Golser K, Sperner G, Sperner-Unterweger B, Haidekker A, et al. Alcohol and/or benzodiazepine use in injured road users. *Hum Psychopharmacol.* 2003 ;18(5) :361–7.
- [61] Ray WA, Fought RL, Decker MD. Psychoactive drugs and the risk of injurious motor vehicle crashes in elderly drivers. *Am J Epidemiol.* 1992 ;136(7) :873–83.
- [62] Movig KL, Mathijssen MP, Nagel PH, van Egmond T, de Gier JJ, Leufkens HG, et al. Psychoactive substance use and the risk of motor vehicle accidents. *Accid Anal Prev.* 2004 ;36(4) :631–6.
- [63] Orriols L, Philip P, Moore N, Castot A, Gadegbeku B, Delorme B, et al. Benzodiazepine-like hypnotics and the associated risk of road traffic accidents. *Clin Pharmacol Ther.* 2011 ;89(4) :595–601.
- [64] Leveille SG, Buchner DM, Koepsell TD, McCloskey LW, Wolf ME, Wagner EH. Psychoactive medications and injurious motor vehicle collisions involving older drivers. *Epidemiology.* 1994 ;5(6) :591–8.
- [65] Fournier JP, Wilchesky M, Patenaude V, Suissa S. Concurrent Use of Benzodiazepines and Antidepressants and the Risk of Motor Vehicle Accident in Older Drivers : A Nested Case-Control Study. *Neurol Ther.* 2015 ;4(1) :39–51.

- [66] Orriols L, Wilchesky M, Lagarde E, Suissa S. Prescription of antidepressants and the risk of road traffic crash in the elderly : a case-crossover study. *Br J Clin Pharmacol.* 2013 ;76(5) :810–5.
- [67] Rapoport MJ, Zagorski B, Seitz D, Herrmann N, Molnar F, Redelmeier DA. At-fault motor vehicle crash risk in elderly patients treated with antidepressants. *Am J Geriatr Psychiatry.* 2011 ;19(12) :998–1006.
- [68] Orriols L, Queinéc R, Philip P, Gadegbeku B, Delorme B, Moore N, et al. Risk of injurious road traffic crash after prescription of antidepressants. *J Clin Psychiatry.* 2012 ;73(8) :1088–94.
- [69] Drummer OH, Gerostamoulos J, Batziris H, Chu M, Caplehorn J, Robertson MD, et al. The involvement of drugs in drivers of motor vehicles killed in Australian road traffic crashes. *Accid Anal Prev.* 2004 ;36(2) :239–48.
- [70] Gomes T, Redelmeier DA, Juurlink DN, Dhalla IA, Camacho X, Mamdani MM. Opioid dose and risk of road trauma in Canada : a population-based study. *JAMA Intern Med.* 2013 ;173(3) :196–201.
- [71] Engeland A, Skurtveit S, Morland J. Risk of road traffic accidents associated with the prescription of drugs : a registry-based cohort study. *Ann Epidemiol.* 2007 ;17(8) :597–602.
- [72] McGwin J G, Sims RV, Pulley L, Roseman JM. Relations among chronic medical conditions, medications, and automobile crashes in the elderly : a population-based case-control study. *Am J Epidemiol.* 2000 ;152(5) :424–31.
- [73] On behalf of the Working Group created by ANSM : Riché C, Caulin C, Caron J, Chiffolleau A, Corbé C, Diquet B, et al. Medicinal products and driving ; 2009. Available from : <http://ansm.sante.fr/Mediatheque/Publications/Information-in-English>.
- [74] Orriols L, Delorme B, Gadegbeku B, Tricotel A, Contrand B, Laumon B, et al. Prescription medicines and the risk of road traffic crashes : a French registry-based study. *PLoS Med.* 2010 ;7(11) :e1000366.
- [75] Bureau ATS. Monograph 14 – Male pedestrian fatalities ; 2003. Available from : http://www.infrastructure.gov.au/roads/safety/publications/2003/Ped_Male_1.aspx.
- [76] Caird JK, Johnston KA, Willness CR, Asbridge M, Steel P. A meta-analysis of the effects of texting on driving. *Accid Anal Prev.* 2014 ;71 :311–8.
- [77] Haigney DE, Taylor RG, Westerman SJ. Concurrent mobile (cellular) phone use and driving performance : task demand characteristics and compensatory processes. *Transportation Research Part F : Traffic Psychology and Behaviour.* 2000 ;3(3) :113–121.
- [78] Horrey WJ, Wickens CD. Examining the impact of cell phone conversations on driving using meta-analytic techniques. *Hum Factors.* 2006 ;48(1) :196–205.

- [79] Laberge-Nadeau C, Maag U, Bellavance F, Lapierre SD, Desjardins D, Messier S, et al. Wireless telephones and the risk of road crashes. *Accid Anal Prev.* 2003 ;35(5) :649–60.
- [80] Matthews R, Legg S, Charlton S. The effect of cell phone type on drivers subjective workload during concurrent driving and conversing. *Accid Anal Prev.* 2003 ;35(4) :451–7.
- [81] McEvoy SP, Stevenson MR, McCartt AT, Woodward M, Haworth C, Palamara P, et al. Role of mobile phones in motor vehicle crashes resulting in hospital attendance : a case-crossover study. *BMJ.* 2005 ;331(7514) :428.
- [82] Redelmeier DA, Tibshirani RJ. Association between cellular-telephone calls and motor vehicle collisions. *The New England Journal of Medicine.* 1997 ;336(7) :453–458.
- [83] Strayer DL, Drews FA, Johnston WA. Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving. *J Exp Psychol Appl.* 2003 ;9(1) :23–32.
- [84] Regan MA, Hallett C, Gordon CP. Driver distraction and driver inattention : definition, relationship and taxonomy. *Accid Anal Prev.* 2011 ;43(5) :1771–81.
- [85] Klauer SG, Neale VL, Dingus TA, Ramsey D, Sudweeks J. Driver Inattention : A Contributing Factor to Crashes and Near-Crashes. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting.* 2005 ;49(22) :1922–1926.
- [86] Olson RL, Hanowski RJ, Hickman JS, Bocanegra J. Driver distraction in commercial vehicle operations. US Department of Transportations ; 2009. FMCSA-RRR-09-042. Available from : <http://www.distraction.gov/stats-research-laws/research.html>.
- [87] Hickman JS, Hanowski RJ. An assessment of commercial motor vehicle driver distraction using naturalistic driving data. *Traffic Inj Prev.* 2012 ;13(6) :612–9.
- [88] de Sécurité Routière ONI. Réglementation et Sanctions : Téléphone ; 2016. Available from : <http://www.securite-routiere.gouv.fr/connaitre-les-regles/reglementation-et-sanctions/telephone>.
- [89] Sullman MJ, Prat F, Tasci DK. A roadside study of observable driver distractions. *Traffic Inj Prev.* 2015 ;16(6) :552–7.
- [90] Prat F, Planes M, Gras ME, Sullman MJ. An observational study of driving distractions on urban roads in Spain. *Accid Anal Prev.* 2015 ;74 :8–16.
- [91] ONISR. Observatoire des comportements (France métropolitaine) : Résultats de l'année 2017. Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière ; 2018. Consulté le 12 juillet 2018. Available from : <http://www.securite-routiere.gouv.fr/la-securite-routiere/l-observatoire-national-interministeriel-de-la-securite-routiere/comportements-des-usagers/observations-circulation>.

- [92] Klauer SG, Dingus TA, Naele VL, Sudweeks J, Ramsey DJ. The Impact of Driver Inattention on Near-Crash/Crash Risk : An Analysis Using the 100-Car Naturalistic Driving Study Data. National Highway Traffic Safety Administration ; 2006. DOT HS 810 594. Available from : <http://www.nhtsa.gov/Research/Human+Factors/Naturalistic+driving+studies:>.
- [93] Guo F, Klauer S, Hankey J, Dingus T. Near Crashes as Crash Surrogate for Naturalistic Driving Studies. Transportation Research Record : Journal of the Transportation Research Board. 2010 Oct ;2147 :66–74. Available from : <https://trrjournalonline.trb.org/doi/abs/10.3141/2147-09>.
- [94] Dingus TA, Guo F, Lee S, Antin JF, Perez M, Buchanan-King M, et al. Driver crash risk factors and prevalence evaluation using naturalistic driving data. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2016 Mar ;113(10) :2636–2641.
- [95] He J, Becic E, Lee YC, McCarley JS. Mind wandering behind the wheel : performance and oculomotor correlates. Hum Factors. 2011 ;53(1) :13–21.
- [96] Lemerrier C, Pêcher C, Berthié G, Valéry B, Vidal V, Paubel PV, et al. Inattention behind the wheel : How factual internal thoughts impact attentional control while driving. Safety Science. 2014;62 :279–285. Available from : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925753513001951>.
- [97] Yanko MR, Spalek TM. Route familiarity breeds inattention : a driving simulator study. Accid Anal Prev. 2013;57 :80–6.
- [98] Ménard C, Kreft-Jais C, Léon C. Consommation de soins et prévention. In : Les comportements de santé des 55-85 ans. Analyses du Baromètre santé 2010. Saint-Denis : Inpes, coll. Baromètres santé ; 2014. p. 121–142.
- [99] Leipzig RM, Cumming RG, Tinetti ME. Drugs and falls in older people : a systematic review and meta-analysis : I. Psychotropic drugs. J Am Geriatr Soc. 1999 ;47(1) :30–9.
- [100] Bloch F, Thibaud M, Dugue B, Breque C, Rigaud AS, Kemoun G. Psychotropic drugs and falls in the elderly people : updated literature review and meta-analysis. J Aging Health. 2011 ;23(2) :329–46.
- [101] Johnell K, Jonasdottir Bergman G, Fastbom J, Danielsson B, Borg N, Salmi P. Psychotropic drugs and the risk of fall injuries, hospitalisations and mortality among older adults. Int J Geriatr Psychiatry. 2017 ;32(4) :414–420.
- [102] Hanlon JT, Boudreau RM, Roumani YF, Newman AB, Ruby CM, Wright RM, et al. Number and dosage of central nervous system medications on recurrent falls in community elders : the Health, Aging and Body Composition study. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2009 ;64(4) :492–8.
- [103] Nagamatsu LS, Kam JW, Liu-Ambrose T, Chan A, Handy TC. Mind-wandering and falls risk in older adults. Psychol Aging. 2013 ;28(3) :685–91.

- [104] De Roquefeuil L, Studer A, Neumann A, Merlière Y. L'échantillon généraliste de bénéficiaires : représentativité, portée et limites, The Echantillon généraliste de bénéficiaires : representativeness, scope and limits. *Pratiques et Organisation des Soins*. 2009;40(3) :213–223. Available from : <https://www.cairn.info/revue-pratiques-et-organisation-des-soins-2009-3-page-213.html>.
- [105] Orriols L. Santé et insécurité routière : influence de la consommation de médicaments (étude CESIR-A). Université Bordeaux ; 2010.
- [106] Jaro MA. Probabilistic linkage of large public health data files. *Statistics in Medicine*. 1995 Apr;14(5-7) :491–498.
- [107] IMS Health. Enquête Permanente sur la Prescription Médicale (EPPM). Danbury CT : IMS Health ; 2005-2011.
- [108] Johns MW. A new method for measuring daytime sleepiness : the Epworth sleepiness scale. *Sleep*. 1991 Dec;14(6) :540–545.
- [109] Simons DJ, Chabris CF. Gorillas in our midst : sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*. 1999;28(9) :1059–1074.
- [110] Army Individual Test Battery. In : Manual of directions and scoring. Washington, DC : War Department, Adjutant General's Office ; 1944. .
- [111] Stroop JR. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*. 1935;18(6) :643–662.
- [112] Robertson MD, Drummer OH. Responsibility analysis : a methodology to study the effects of drugs in driving. *Accid Anal Prev*. 1994;26(2) :243–7.
- [113] Sahakian BJ, Owen AM. Computerized assessment in neuropsychiatry using CANTAB : discussion paper. *Journal of the Royal Society of Medicine*. 1992 Jul;85(7) :399–402.
- [114] Zimmermann P, Fimm B. Tests d'évaluation de l'attention. Würzelen : Psytest ; 2009. Available from : <https://www.psytest.net/>.
- [115] CRÉDOC. Le baromètre du numérique : équipements et usages ; 2017. Consulté le 03/08/2018. Available from : https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/barometre_du_numerique-2017-infographie-271117.pdf.
- [116] Wessel JR. Prepotent motor activity and inhibitory control demands in different variants of the go/no-go paradigm. *Psychophysiology*. 2018 Mar;55(3).
- [117] Stawarczyk D, Majerus S, Maquet P, D'Argembeau A. Neural correlates of ongoing conscious experience : both task-unrelatedness and stimulus-independence are related to default network activity. *PloS One*. 2011 Feb;6(2) :e16997.
- [118] Ward G, Allport A. Planning and Problem solving Using the Five disc Tower of London Task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*. 1997;50(1) :49–78. Available from : <http://dx.doi.org/10.1080/713755681>.

- [119] Orriols L, Luxcey A, Contrand B, Gadegbeku B, Delorme B, Tricotel A, et al. Road traffic crash risk associated with benzodiazepine and z-hypnotic use after implementation of a colour-graded pictogram : a responsibility study. *Br J Clin Pharmacol*. 2016 ;82(6) :1625–1635.
- [120] Monteiro SP, Huiskes R, Van Dijk L, Van Weert JCM, De Gier JJ. How effective are pictograms in communicating risk about driving-impairing medicines ? *Traffic Injury Prevention*. 2013 ;14(3) :299–308.
- [121] Fierro I, Gómez-Talegón T, Alvarez FJ. The Spanish pictogram on medicines and driving : The population's comprehension of and attitudes towards its use on medication packaging. *Accident Analysis & Prevention*. 2013 Jan ;50 :1056–1061. Available from : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001457512002977>.
- [122] Pollini RA, Waehrer G, Kelley-Baker T. Receipt of Warnings Regarding Potentially Impairing Prescription Medications and Associated Risk Perceptions in a National Sample of U.S. Drivers. *Journal of Studies on Alcohol and Drugs*. 2017 Oct ;78(6) :805–813. Available from : <https://www.jsad.com/doi/abs/10.15288/jsad.2017.78.805>.
- [123] Beanland V, Fitzharris M, Young KL, Lenne MG. Driver inattention and driver distraction in serious casualty crashes : data from the Australian National Crash In-depth Study. *Accid Anal Prev*. 2013 ;54 :99–107.

Annexes

A | Étude PIAAC/ATLAS

A.1 Questionnaire standardisé de la phase PIAAC

Initiales de l'interviewer :

Étude sur les circonstances des accidents de la voie publique

Numéro du patient :

Initiales du patient :

Admission aux Urgences : le / / 201 à h min

Recueil des données : le / / 201 à h min

Lieu d'entretien : privatif ☐ Oui ☐ Non ☐ Partiellement
Conditions : ☐ Patient alité ☐ Assis
Limitations des capacités : ☐ Non ☐ Membres supérieurs ☐ Cou ☐ Vision ☐ Dos
Autres remarques :
EVA douleur actuelle **EVA fatigue**

INCLUSION DU PATIENT

CRITÈRES D'ÉLIGIBILITÉ

Conducteur/piéton accidenté blessé identifié au service des Urgences ☐ Oui

Patient admis au CHU depuis moins de 72 heures ☐ Oui

Sujet capable de répondre à l'entretien ☐ Oui

Informations et fiche de non-opposition données (n° patient) ☐ Oui

Caractéristiques de l'accident non calculable ☐

Sexe	☐ Masculin	☐ Féminin
Mois et année de naissance		
Résidence : département ou pays		
Êtes-vous	☐ Droitier	☐ Gaucher ☐ Ambidextre

1 – DONNÉES RELATIVES À L'ACCIDENT

- Vous souvenez-vous de :

- | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|
| 1. Votre arrivée aux Urgences ? | ☐ Oui | ☐ Non |
| 2. Votre transport aux Urgences ? | ☐ Oui | ☐ Non |
| 3. Avoir quitté votre véhicule, ou de vous être relevé(e) ? | ☐ Oui | ☐ Non |
| 4. L'accident lui-même (impact, choc) ? | ☐ Oui | ☐ Non |
| 5. Des instants précédents l'accident ? | ☐ Oui | ☐ Non |

- **Circonstances de l'accident :**

1. Date et heure de l'accident : 201 h min
 Jour Mois Année même approximative

2. Lieu de l'accident :
- Commune : Code postal : | | | | |

- **Mode de transport du lieu de l'accident à l'hôpital :**

- Ambulance ☐
 Pompiers ☐
 SMUR ☐
 Autre (préciser) : ☐

- **Conditions météorologiques lors de l'accident :**

1. Normale ☐
2. Pluie légère ☐
3. Pluie forte ☐
4. Neige – Grêle ☐
5. Brouillard – Fumée ☐
6. Vent fort – Tempête ☐
7. Temps éblouissant ☐
8. Temps couvert ☐
9. Autre ☐
10. Ne sais pas ☐

- **Conditions de circulation :**

1. Plein jour ☐
2. Crépuscule ou aube ☐
3. Nuit sans éclairage public ☐
4. Nuit avec éclairage public non allumé ☐
5. Nuit avec éclairage public allumé ☐
6. Ne sais pas ☐

• **Type de route sur laquelle s'est produit l'accident :**

- | | |
|---|--------------------------|
| 1. Autoroute | ☐ |
| 2. Route nationale | ☐ |
| 3. Route départementale | ☐ |
| 4. Voie communale | ☐ |
| 5. Hors réseau public | ☐ |
| 6. Parc de stationnement ouvert à la circulation publique | ☐ |
| 7. Autre (préciser) : | ☐ |
| 8. Ne sais pas | ☐ |

État de la chaussée (surface) :

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. Normale | ☐ |
| 2. Mouillée | ☐ |
| 3. Flaques | ☐ |
| 4. Inondée | ☐ |
| 5. Enneigée | ☐ |
| 6. Boue | ☐ |
| 7. Verglacée | ☐ |
| 8. Corps gras – Huile | ☐ |
| 9. Autre (préciser) : | ☐ |
| 10. Ne sais pas | ☐ |

Sens de circulation :

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 0. Non renseigné ou sans objet | ☐ |
| 1. À sens unique | ☐ |
| 2. À double sens | ☐ |
| 3. À chaussées séparées | ☐ |
| 4. Voie(s) à affectation variable | ☐ |

• **Tracé de la route**

- | | |
|-----------------------|--------------------------|
| 0. Sans objet | ☐ |
| 1. En ligne droite | ☐ |
| 2. En courbe à gauche | ☐ |
| 3. En courbe à droite | ☐ |
| 4. En S | ☐ |
| 5. Ne sais pas | ☐ |

• **L'accident a-t-il eu lieu à une intersection ?**

☐ Oui

☐ Non

Si oui, s'agit-il :

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| D'une intersection en X | ☐ |
| D'une intersection en T | ☐ |
| D'une intersection en Y | ☐ |
| À plus de 4 branches | ☐ |
| Giratoire | ☐ |
| Place | ☐ |
| Passage à niveau | ☐ |
| Autre | ☐ |
| Ne sais pas | ☐ |

• **Obstacle mobile heurté :**

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| 0. Non renseigné ou sans objet | ☐ |
| 1. Piéton | ☐ |
| 2. Véhicule | ☐ |
| 3. Véhicule sur rail | ☐ |
| 4. Animal domestique | ☐ |
| 5. Animal sauvage | ☐ |
| 6. Tout autre obstacle mobile | ☐ |

• **Catégorie de véhicule :**

- | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Bicyclette | ☐ | 7. PL seul (PTAC > 7,5 t) | ☐ |
| 2. Cyclo + 30 – scooter < 50 cm ³ | ☐ | 8. PL + remorque | ☐ |
| 3. Voiturette, tricycle | ☐ | 9. Tracteur routier seul | ☐ |
| 31. Moto > 50 < 125 cm ³ | ☐ | 10. Tracteur routier + semi-remorque | ☐ |
| 32. Scooter > 50 < 125 cm ³ | ☐ | 11. Autobus | ☐ |
| 33. Moto > 125 cm ³ | ☐ | 12. Autocar | ☐ |
| 34. Scooter > 125 cm ³ | ☐ | 13. Train | ☐ |
| 35. Quad < = 50 cm ³ | ☐ | 14. Tramway | ☐ |
| 36. Quad > 50 cm ³ | ☐ | 15. Engin spécial | ☐ |
| 4. Véhicule léger seul | ☐ | 16. Tracteur agricole | ☐ |
| 5. VU seul (1,5 t < PTAC < 3,5 t) | ☐ | 80. Piéton | ☐ |
| 6. PL seul (3,5 t < PTAC < 7,5 t) | ☐ | 99. Autre (préciser) : | ☐ |

• **Facteur lié au véhicule :**

- | | |
|------------------------------|--------------------------|
| 0. Sans objet | ☐ |
| 1. Défectuosité mécanique | ☐ |
| 2. Éclairage – signalisation | ☐ |
| 3. Pneumatique usé | ☐ |
| 4. Éclatement de pneumatique | ☐ |
| 5. Chargement | ☐ |
| 6. Déplacement du véhicule | ☐ |
| 7. Incendie du véhicule | ☐ |
| 8. Autre..... | ☐ |
| 9. Ne sais pas | ☐ |

• **Manœuvre principale avant l'accident :**

0. Non renseigné

Circulant :

1. Sans changement de direction
2. Même sens, même file
3. Entre 2 files
4. En marche arrière
5. À contresens
6. En franchissant le TPC
7. Dans le couloir de bus (même sens)
8. Dans le couloir de bus (contresens)
9. En insertion
10. En faisant demi-tour sur chaussée

Changeant de file :

- | | |
|--------------|--------------|
| 11. À gauche | 12. À droite |
|--------------|--------------|

Tournant :

- | | |
|--------------|--------------|
| 15. À gauche | 16. À droite |
|--------------|--------------|

Dépassant :

- | | |
|--------------|--------------|
| 17. À gauche | 18. À droite |
|--------------|--------------|

Autres manœuvres :

19. Traversant la chaussée
20. Manœuvre de stationnement
21. Manœuvre d'évitement
22. Ouverture de porte
23. Arrêté (hors stationnement)
24. En stationnement (avec occupants)

Déporté :

13. À gauche

14. À droite

• **Type de collision (nombre de véhicules) :**

Véhicule contre véhicule :

1. Frontale
2. Par l'arrière
3. Par le côté

Accident impliquant au moins 3 véhicules :

4. Collisions en chaîne
5. Collisions multiples

Autre collision :

6. Autre collision
7. Sans collision
8. Ne sais pas

• **Nombre total d'occupants** dans le véhicule (vous compris) :

dont nombre d'adultes :

nombre d'enfants : âge :

• **Effectuiez-vous** un parcours habituel ? ☐ Oui ☐ Non

2 – ÉTAT DE VIGILANCE (SOMMEIL/PRISE DE MÉDICAMENTS)

1. À quelle heure, avez-vous pris le volant ? h min

2. Aviez-vous marqué une pause et à quelle heure était cette première pause ?

☐ Oui h min

Nombre de pauses :

☐ Non

3. Nombre d'heures de sommeil dans les 24 heures précédant l'accident :

h, heures

Longueur de la période d'éveil avant l'accident ? heures.

4. Degré de somnolence dans les 15 minutes avant l'accident ?

EVA somnolence

Degré de fatigue avant l'accident ? EVA fatigue

ÉCHELLE DE SOMNOLENCE

Instructions

Vous arrive-t-il de somnoler ou de vous endormir – et pas seulement de vous sentir fatigué – dans les situations suivantes ?

Cette question s'adresse à votre vie dans les 3 derniers mois.

Même si vous ne vous êtes pas trouvé récemment dans l'une des situations suivantes, essayez de vous représenter comment elle aurait pu vous affecter.

Choisissez dans l'échelle suivante le nombre le plus approprié à chaque situation :

0 = ne somnolerait jamais

1 = faible chance de s'endormir

2 = chance moyenne de s'endormir

3 = forte chance de s'endormir

Situations :

1. Assis en train de lire	0	1	2	3
2. En train de regarder la télévision	0	1	2	3
3. Assis, inactif, dans un endroit public (au cinéma, en réunion...)	0	1	2	3
4. Comme passager dans une voiture roulant sans arrêt pendant une heure	0	1	2	3
5. Allongé l'après-midi pour se reposer quand les circonstances le permettent	0	1	2	3
6. Assis en train de parler à quelqu'un	0	1	2	3
7. Assis calmement après un repas sans alcool	0	1	2	3
8. Dans une voiture immobilisée quelques minutes dans un encombrement	0	1	2	3

5. Médicaments :

Avez-vous pris un médicament ?

Aujourd'hui

La semaine précédant l'accident

- | | |
|--|--------------------------|
| ☐ Contre l'anxiété | ☐ |
| ☐ Contre une dépression | ☐ |
| ☐ Contre une autre maladie nerveuse | ☐ |
| ☐ Pour dormir | ☐ |
| ☐ Pour un TDAH (Trouble Déficit de l'Attention/Hyperactivité) | ☐ |
| ☐ Pour une épilepsie | ☐ |
| ☐ Autre type de médicament | ☐ |

Si oui,

préciser :

Cochez la case qui décrit le mieux ce que vous avez ressenti et comment vous vous êtes comporté(e) au cours des 6 derniers mois .	Jamais	Rarement	Quelquefois	Souvent	Très souvent
1. Avoir du mal à finaliser un projet lorsque le plus stimulant est fait ?					
2. Avoir des difficultés à ordonner les choses lorsqu'une tâche demande de l'organisation ?					
3. Avoir des difficultés à vous rappeler vos rendez-vous ou vos obligations ?					
4. Éviter ou remettre à plus tard une tâche qui demande beaucoup de réflexion ?					
5. Remuer ou tortiller les mains ou les pieds lorsque vous devez rester longtemps assis ?					
6. Vous sentir excessivement actif, comme si vous étiez monté sur un ressort ?					

2 7
 4 1
 3 6 1
 7 2 4
 5 3 8 7
 2 9 8 5
 6 1 3 7 8
 4 2 1 6 5
 1 4 7 9 6 3
 2 9 4 6 1 8
 3 1 6 7 2 4 5
 7 9 2 8 6 4 3
 1 8 4 5 2 9 6 3
 9 5 2 1 6 3 7 4
 8 3 1 2 7 9 4 6 5
 5 1 6 3 2 7 4 8 9

Résultat empan : I I I

4 – DISTRACTEURS EXTERNES

Au moment de l'accident, étiez-vous en train de :

ACTIVITÉS	OUI
I. Avec les autres passagers	
1. Discuter avec un autre passager ? Étiez-vous en train de vous retourner pour cela ?	☐ ☐
2. Écouter la conversation des autres passagers ? Étiez-vous en train de vous retourner pour cela ? ☐	☐ ☐
3. Réprimander vos enfants ? Étiez-vous en train de vous retourner pour cela ?	☐ ☐
4. Vous disputer ? Étiez-vous en train de vous retourner pour cela ?	☐ ☐
II. Trajet	
a. GPS	
5a. Suivre les indications de votre GPS ?	☐
6a. Manipuler le GPS ?	☐
b. Radar	
5b. Suivre les indications de votre détecteur de radar ?	☐
6b. Manipuler le détecteur de radar ?	☐
7. Chercher votre chemin sur une carte routière ?	☐
8. Être perturbé(e) par un événement extérieur au véhicule ? Si oui, préciser :	☐ ☐

III. Téléphone		
9. Converser au téléphone ? a. Vous avez appelé b. Vous avez répondu c. Type de conversation : sereine/tranquille stressante/dispute Depuis combien de temps, étiez-vous en train de téléphoner ? Menu déroulant (0/30 sec, 30 sec/1 min, 1-5 min, 15 min...)	☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
10. Manipuler le téléphone pour : a. décrocher/prendre un appel/conversation vidéo b. écrire un SMS/mail c. utiliser un kit main libre : intégré mettre en place l'oreillette d. composer un numéro, chercher un contact e. lire un SMS/mail/agenda f. utiliser le GPS du téléphone g. prendre une photo h. regarder une vidéo i. réseaux sociaux : jeux, naviguer sur le Web j. autres : mettre un CD/manipuler la radio k. autre :	☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐	
IV. Autres médias		
11. Écouter la musique ou la radio ?	☐	
12. Regarder une vidéo ?	☐	
V. Activités ou actions		EVA
13. Manger ?	☐	
14. Boire ?	☐	
15. Fumer ?	☐	
16. Ramasser un objet tombé au sol ?	☐	
17. Chercher un objet (chiffon, lunettes, ticket péage, parking...) ?	☐	
18. Vous maquiller ?	☐	
19. Lire ?	☐	
20. Écrire ?	☐	
21. Chanter ?	☐	
22. Étreindre ou embrasser quelqu'un ?	☐	
23. Éternuer ?	☐	
24. Vous moucher ?	☐	
25. Rire ?	☐	
26. Pleurer ?	☐	
27. Vous regarder dans le miroir ?	☐	
28. Étiez-vous en train de vous endormir ?	☐	
29. Avoir une autre occupation ? Si oui, préciser :	☐	

Pour chaque réponse : À quel point cette activité vous a perturbé(e)/distrain(e) ?
0 étant pas du tout perturbé, **10** beaucoup perturbé.

5 – DISTRACTEURS INTERNES

Juste avant l'accident, précisez quel était le contenu de vos pensées :

Pensée 1

À quel point cette pensée vous a perturbé(e)/distrain(e) ?

Valeur EVA : |___|

Pensée 2

|___|

|___|

|___|

À quel point cette pensée vous a perturbé(e)/distrain(e) ?

Valeur EVA : |___|

Pensée 3

|___|

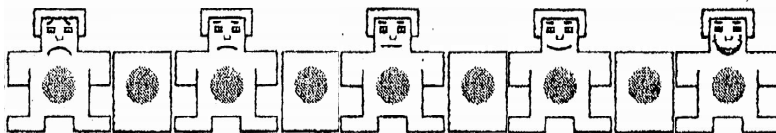
|___|

|___|

À quel point cette pensée vous a perturbé(e)/distrain(e) ?

Valeur EVA : |___|

Les instants qui ont précédé l'accident, votre état émotionnel était :

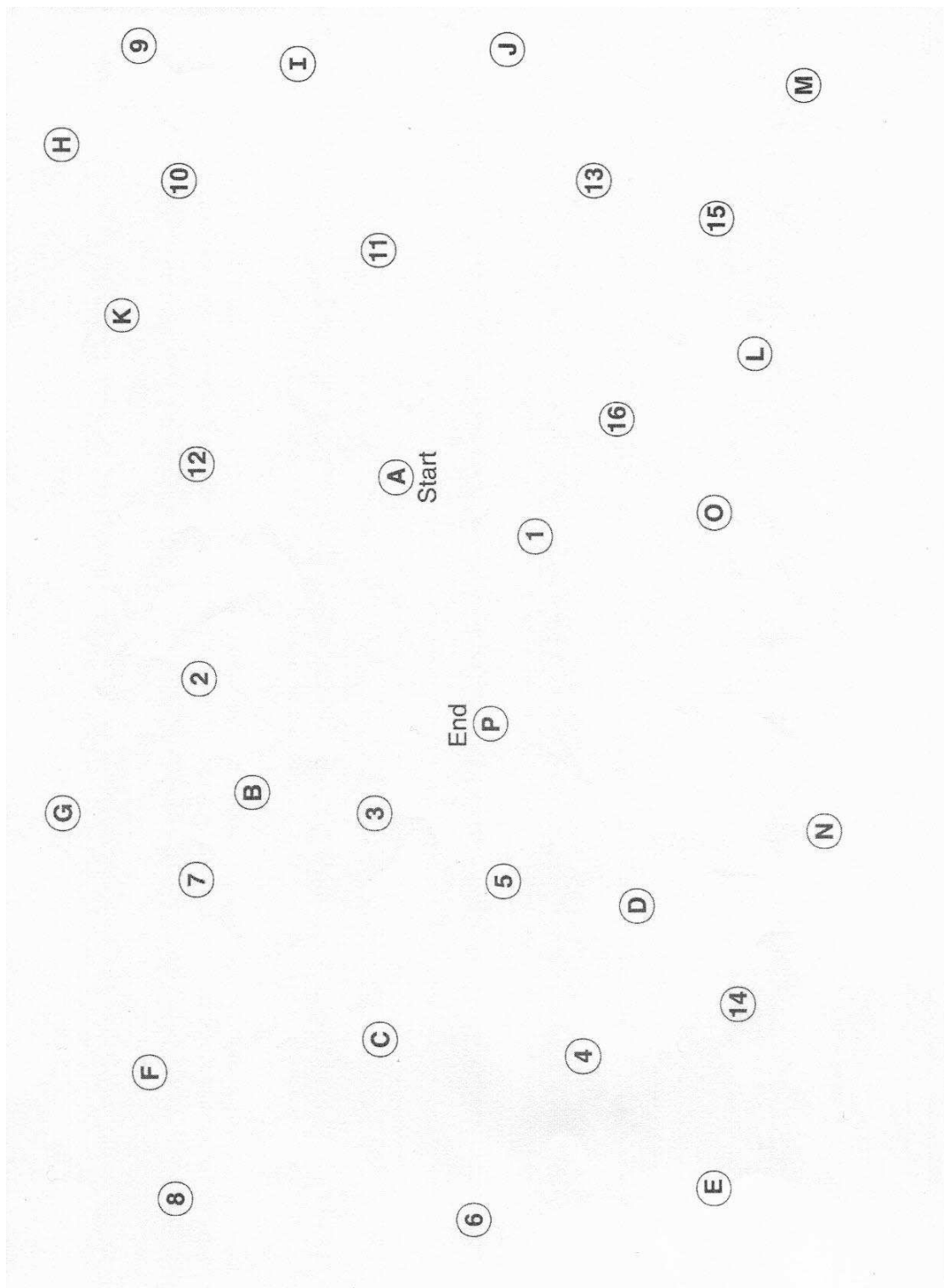


Pas d'émotion particulière (neutralité émotionnelle) ☐

Déroulement du test flexibilité

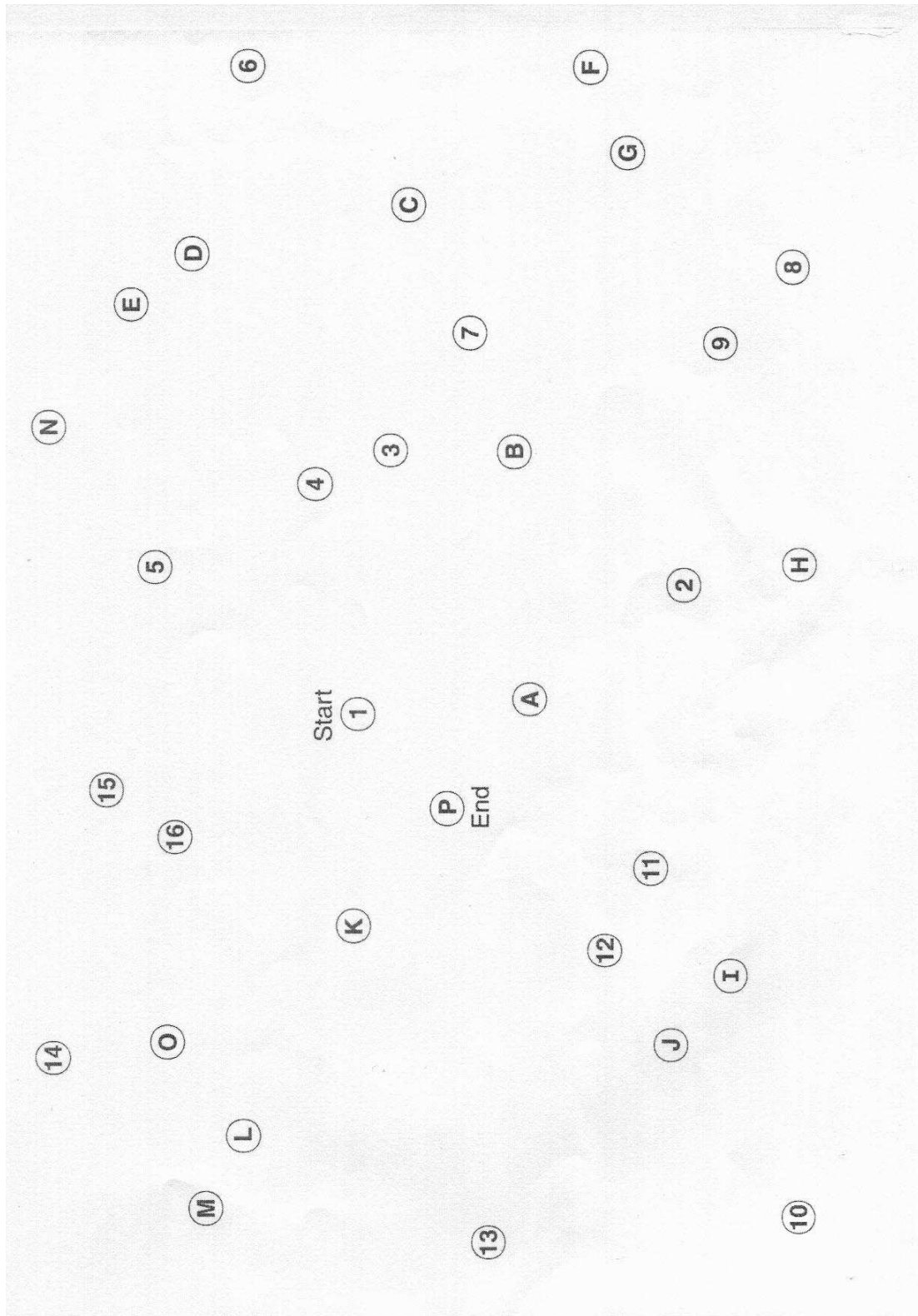
Instructions pour la planche 1

Je vais vous présenter une feuille sur laquelle sont inscrits des chiffres et des lettres. je vous demande ici de vous intéresser uniquement aux lettres et de les relier les lettres par une ligne dans l'ordre alphabétique : A vers B, puis C. Vous devez tracer les lignes le plus vite possible sans faire d'erreurs. Avez-vous compris ?



Instructions pour la planche 2

Je vais vous demander quelque chose d'un peu différent. Vous allez devoir alterner entre les chiffres et les lettres. Vous allez commencer par le chiffre 1 puis rejoindre la lettre A, puis de la lettre A vers 2, puis de 2 vers B. En d'autres termes, vous devez tracer des lignes entre un chiffre, une lettre, un chiffre, une lettre et ainsi de suite. Faites le plus vite possible sans faire d'erreurs. Avez-vous des questions ?



Résultats : 1^{re} planche |_|_| min |_|_| sec
2^{nde} planche |_|_| min |_|_| sec

Test du basket

Instructions avant de lancer la vidéo.

Comptez le nombre de passes entre les membres de l'équipe de basket en blanc.



© 1999 Daniel J. Simons

Résultat correct : ☐ Oui ☐ Non ☐ Déjà fait

Nombre de passes : |_|_|

Est-ce que maintenant, vous vous souvenez d'autres pensées ?

Pensée 4 |_|_| |_|_| |_|_|

À quel point cette pensée vous a perturbé(e)/distrain(e) ?

Valeur EVA : |_|_|

6 – SÉCURITÉ ROUTIÈRE

1. Quelle est la ou quelles sont les causes de votre accident ?

- Les conditions météo : ☐
- Une défaillance du véhicule (préciser) : ☐
- La faute d'un tiers (préciser) : ☐
- Une faute de ma part : ☐
- . Autre (préciser) : ☐

2. Aviez-vous une responsabilité au moins partielle dans l'accident ?

☐ Oui ☐ Non ☐ Partielle

Préciser :
.....
.....

3. Respectiez-vous le code de la route ?

☐ Oui ☐ Non ☐ Ne sais pas

Si non, préciser (vitesse, stop, feu, téléphone, sens interdit, autre) :

.....
.....
.....

4. Quelles sont les informations supplémentaires que vous pourriez apporter sur cet accident ?

.....
.....
.....

SUBSTANCES ET ALCOOL

Consommations le jour de l'accident :

1. Alcool ☐ Oui ☐ Non

Si oui, préciser :

- heure de dernière prise : h min

- nombre de verres dans les 12 dernières heures I.....I

2. Cannabis ☐ Oui ☐ Non

Si oui, préciser :

- heure de dernière prise : h min

- nombre de prises dans les 12 dernières heures I.....I

3. Autre substance ☐ Oui ☐ Non

Si oui, préciser :

- heure de dernière prise : h min

- nombre de prises dans les 12 dernières heures I.....I

Au cours des 7 derniers jours, combien de verres d'alcool avez-vous bu ?

I _ I _ I (tout type : bière, vin, alcools forts...)

Au cours des 3 derniers mois, avez-vous	Très fréquemment	Fréquemment	Souvent	De temps en temps	Rarement ou jamais
Eu des problèmes de sommeil ?					
Été fatigué(e) ?					
Été triste ou déprimé(e) ?					
Été tendu(e) ou nerveux (se) ?					
Ressenti être seul(e) ou isolé(e) ?					

Vous allez trouver dans ce questionnaire des affirmations sur les opinions, les réactions ou les sentiments personnels. Pour chaque affirmation, vous devrez répondre vous-même en entourant une seule des réponses possibles.

FD : fortement en désaccord

D : en désaccord

N : pas d'opinion

A : en accord

FA : fortement en accord

Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses, choisissez uniquement la réponse qui vous ressemble le plus. Répondez à toutes les questions, même si vous n'êtes pas très sûr(e) de la réponse. Les premières impressions sont généralement les meilleures.

1. J'essaie souvent des choses nouvelles uniquement pour le plaisir, ou pour avoir des sensations fortes, même si les autres estiment que c'est une perte de temps.	FD D N A FA
2. Je préfère réfléchir longtemps avant de prendre une décision.	FD D N A FA
3. J'apprécie que les gens puissent faire ce qu'ils veulent sans règles ni contraintes strictes.	FD D N A FA
4. D'habitude, j'examine tous les détails d'un problème avant de prendre une décision.	FD D N A FA
5. J'obéis souvent à mon instinct ou à mon intuition, sans réfléchir à tous les détails de la situation.	FD D N A FA
6. Même si les autres pensent que ce n'est pas important, j'insiste souvent pour que les choses soient faites de manière précise et ordonnée.	FD D N A FA
7. Je ne suis pratiquement jamais excité(e) au point de perdre le contrôle de moi-même.	FD D N A FA
8. J'examine presque toujours tous les détails avant de prendre une décision, même si on me demande une réponse rapide.	FD D N A FA

Mind Wandering

Penser à une tâche alors que vous êtes en train de la réaliser n'est pas une rêverie. En revanche, penser à cette tâche à d'autres moments, par exemple, juste avant de dormir ou durant un long trajet de bus, est une rêverie. Chaque affirmation porte sur les rêveries ou sur le fait de rêvasser. Veuillez indiquer pour chacune la réponse qui vous correspond le mieux en général, en cochant la case appropriée.

1. Les rêveries et le vagabondage de l'esprit représentent :

0 % de mes pensées de la journée

100 % de mes pensées de la journée.

2. Me souvenir du passé, penser au futur, ou imaginer des événements inhabituels occupe :

0 % – Jamais

100 % – Tout le temps.

3. En général, lorsque vous conduisez, à quelle fréquence vous arrive-t-il de penser à autre chose ?

0 % – Jamais

100 % – Tout le temps.

4. En général, lorsque vous lisez, à quelle fréquence vous arrive-t-il de penser à autre chose ?

0 % – Jamais

100 % – Tout le temps.

Hospitalisation de plus de 24 heures :

☐ Oui

☐ Non

Service :

DONNÉES RECUEILLIES DANS LE DOSSIER MÉDICAL

1. Présence d'une pathologie chronique ☐ Non ☐ Oui ☐ Non renseigné

Si oui, préciser :

2. Alcoolémie à l'admission aux Urgences :

..... g/L | | | / | | | / 201 | | à | | | h | | | min

☐ Non dosé

☐ Notion d'alcoolisation

Test inhibition (Stroop)

Instructions

1. Des croix colorées vont apparaître sur l'écran. Appuyer sur la pastille de couleur correspondant à l'encre de la police des croix (bleu, rouge, vert ou jaune).

2/ Des noms désignant des couleurs vont apparaître sur l'écran. Appuyer sur la pastille de couleur correspondant à l'encre de la police des mots (bleu, rouge, vert ou jaune).

Exécuter application

☐

À votre avis, auriez-vous évité cet accident si vous aviez été plus attentif/attentive ?

☐ Oui

☐ Non

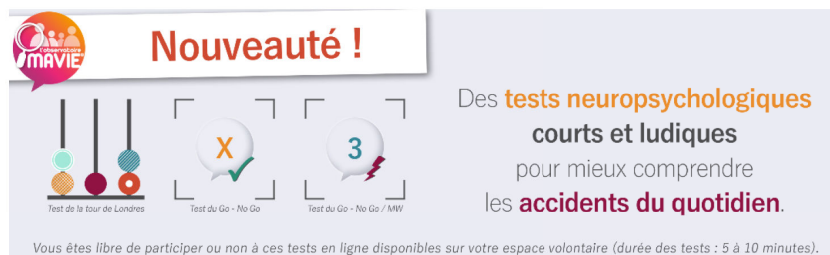
B | Étude MAVIE - Tests en ligne

B.1 Configuration des niveaux du test Tour de Londres

	Niveau	Total déplacements	Subgoal mooves	Subgoal chunks
Phase entraînement	1	1	0	0
	2	2	0	0
	3	3	0	0
Phase test	4	3	0	0
	5	3	1	1
	6	5	0	0
	7	5	2	1
	8	5	2	2
	9	6	3	2
	10	7	2	2
	11	8	3	3
	12	9	4	2
	13	9	4	4
	14	10	5	4
	15	11	6	3

B.2 Mails d'invitation à passer les tests en ligne

Objet : Nouveauté MAVIE : testez vos capacités cognitives !



Cher(e) volontaire MAVIE,

Nouveauté observatoire MAVIE : venez tester vos capacités cognitives grâce à nos tests neuropsychologiques courts et ludiques (durée des tests : 5 à 10 minutes). L'objectif ? Nous aider à répondre à la question suivante : **nos capacités cognitives peuvent-elles augmenter ou diminuer notre risque d'accident de la vie courante ?**

- > **Les tests du Go - No Go** et du Go – No Go/MW vous permettront de tester votre capacité d'inhibition : pouvez-vous vous retenir d'effectuer une action automatique lorsqu'elle devient dangereuse ?
- > Celui de **la tour de Londres** testera votre sens de la planification : est-ce que votre sens de l'organisation, ou au contraire votre côté désordonné, influence votre risque d'accident ?

Vous êtes intéressé ? Alors connectez-vous dès à présent sur [votre espace volontaire](#) *depuis votre ordinateur* (les tests ne sont pas accessibles sur mobile et tablette). Chacun des membres de votre foyer (de plus de 7 ans) peut participer aux tests, en cliquant sur sa propre vignette. Attention, les personnes âgées représentées par des référents n'ont pas accès aux tests.

1

N'hésitez pas à nous faire part de vos remarques sur ces tests par mail, à contact@observatoire-mavie.com. Si ce n'est pas déjà fait, n'oubliez pas de compléter vos questionnaires et de nous donner régulièrement de vos nouvelles. Votre participation active à l'observatoire MAVIE est essentielle pour nous aider à mieux comprendre les causes et les conséquences des accidents de la vie courante.

Nous vous remercions pour le temps que vous consacrez à l'étude !

À bientôt !
L'équipe MAVIE

Suivez-nous sur les réseaux sociaux et sensibilisez vos proches !



B.3 Page présentation du test Go - No Go

Bienvenue sur votre espace volontaire MAVIE !
Déconnexion ✕


« Nous voulons tout savoir sur vos accidents de la vie courante. »

MON FOYER
CHANGEMENT DE SITUATION
MON PROFIL
MAVIE-LAB

// Go - No Go

[Retour à mon espace](#)

Présentation du test

Des lettres vont vous être présentées à l'écran à un rythme très rapide.

Si c'est la lettre X qui apparaît, appuyez le plus rapidement possible sur la barre espace de votre clavier ou sur votre écran. Si c'est la lettre Y ou un point qui s'affiche, attendez le passage à la lettre suivante.

Note :

- Le test doit être réalisé en une seule fois et dans les meilleures conditions possibles. Avant de commencer ce test, assurez-vous d'avoir le temps nécessaire pour le terminer (3-5 min).
- Avant de commencer, positionnez votre index au-dessus de la barre espace de votre clavier, ou de l'écran de votre mobile ou tablette.
- La partie entraînement (très rapide) doit être immédiatement suivie du test.

Attention : ce test n'est pas encore disponible sur écran tactile.

Vidéo de présentation

Le Go No Go
expliqué en moins d'une minute !


0:00 / 0:39

Je commence le test

B.4 Page bilan du test Go - No Go



« Nous voulons tout savoir
sur vos accidents de la vie courante. »

[MON FOYER](#)
[CHANGEMENT
DE SITUATION](#)
[MON PROFIL](#)
[MAVIE-LAB](#)

Bilan du test

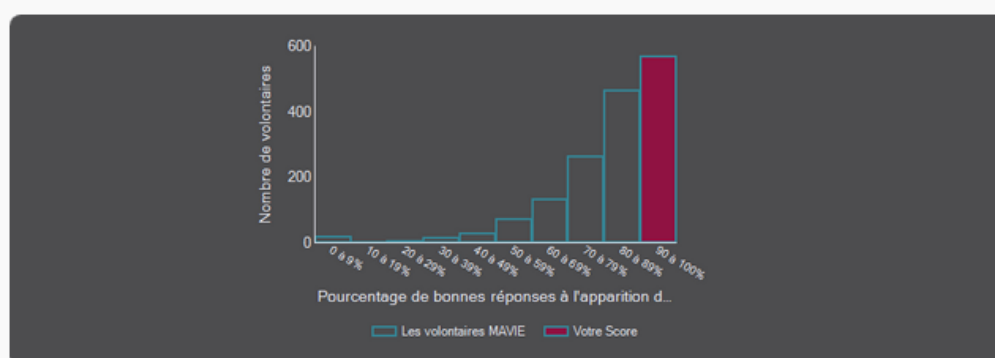
Le test est terminé, merci de votre participation !

Ma performance

Dans **98,8%** des cas, vous avez bien répondu à l'apparition de la lettre X tout en vous retenant lors de l'apparition du Y.

En moyenne, votre temps de réaction à l'apparition de la lettre X était de **255 ms**, et votre meilleur temps était de **114 ms**.

Situez votre performance par rapport à celle des 1621 autres volontaires ayant passé ce test :



Vous avez réussi à vous retenir de cliquer sur le Y dans **90 à 100%** des cas, comme 571 autres volontaires ayant passé le test.

Que signifie ce test Go/No Go ?

Le test que vous venez de réaliser est utilisé pour mesurer la capacité d'inhibition.

La capacité d'inhibition, qu'est-ce que c'est ?



L'inhibition est une capacité cognitive utilisée dans la vie de tous les jours lors de la réalisation de tâches complexes ou encore de tâches non routinières.

Dans le test que vous venez d'effectuer, vous avez dû réagir lors de l'apparition fréquente de la lettre X. Peut-être l'avez-vous remarqué : lorsque l'on prend l'habitude de répondre d'une certaine façon (appuyer lorsque la lettre X apparaît), il peut être difficile d'interrompre cet automatisme (lorsque c'est la lettre Y qui apparaît). L'inhibition, dans le cas de ce test, correspond donc au fait d'empêcher une action devenue automatique.

Une bonne capacité d'inhibition ça sert à quoi ?

Prenons l'exemple d'une tâche réalisée suffisamment souvent pour que vous soyez en mesure de la réaliser de façon automatique et sans avoir besoin de beaucoup d'attention : rattraper un objet sur le point de tomber. Le plus souvent, vous allez essayer instinctivement de le rattraper. Si cet objet est votre téléphone portable qui vient de vous échapper des mains, le fait de le rattraper grâce à un geste réflexe est plutôt une bonne chose puisqu'il va (peut-être) vous permettre de sauver votre téléphone portable !

Cependant, si l'objet n'est plus votre téléphone portable mais la casserole d'eau bouillante que vous venez d'enlever du feu, vous avez tout intérêt à retenir (et donc à inhiber) le réflexe de la rattraper, pour votre sécurité. Dans le cas de notre exemple, le fait d'avoir été en mesure d'interrompre le réflexe de rattraper un objet sur le point de tomber va vous permettre d'éviter la brûlure.

Votre participation, ainsi que celle des autres volontaires de l'Observatoire MAVIE, va nous permettre d'investiguer si certaines capacités cognitives, et notamment la capacité d'inhibition, influencent le risque de survenue d'un accident de la vie courante.

[Accéder au test suivant](#)

B.5 Page présentation du test Go - No Go / Mind-Wandering

Bienvenue sur votre espace volontaire MAVIE !
Déconnexion


« Nous voulons tout savoir sur vos accidents de la vie courante. »

MON FOYER
CHANGEMENT DE SITUATION
MON PROFIL
MAVIE-LAB

// Go - No Go / MW

Retour à mon espace

Présentation du test

Comme dans le cadre du test précédent, ce test consiste en la présentation rapide de chiffres pour lesquels vous devez soit répondre, soit attendre.

- Si c'est le chiffre 3 qui apparaît, ne faites rien et attendez le passage au chiffre suivant.
- Si c'est un autre chiffre, appuyez le plus rapidement possible sur la barre espace de votre clavier.

Ce qui change dans ce test c'est que vous allez parfois être interrompu afin de connaître votre état d'esprit dans les secondes qui ont précédé l'interruption. Vous aurez le choix entre ces 4 réponses :

- Totalement concentré(e) sur la tâche.
- Distrait(e) par des perceptions extérieures : un son, une odeur, le fait d'avoir faim, d'avoir froid...
- Distrait(e) par des pensées liées au test : le fait de penser à votre performance, à la durée du test...
- Distrait(e) par des pensées non liées au test : le fait de penser à votre weekend, à votre emploi du temps de la journée...

Le cas échéant, il vous sera demandé d'estimer l'intensité de cette distraction ou de cette pensée sur une échelle de 0 (pas du tout intense) à 6 (extrêmement intense).

Note :

- Le test doit être réalisé en une seule fois et dans les meilleures conditions possibles. Avant de commencer ce test, assurez-vous d'avoir le temps nécessaire pour le terminer (10-12 min).

Avant de commencer, positionnez l'index au-dessus de la barre espace.

Attention : ce test n'est pas encore disponible sur écran tactile.

Vidéo de présentation

Le Go - No Go / MW
expliqué en moins d'une minute !

0:00 / 0:57

Je commence le test

B.6 Page bilan du test Go - No Go / Mind-Wandering



« Nous voulons tout savoir
sur vos accidents de la vie courante. »

MON FOYER

CHANGEMENT
DE SITUATION

MON PROFIL

MAVIE-LAB

Bilan du test

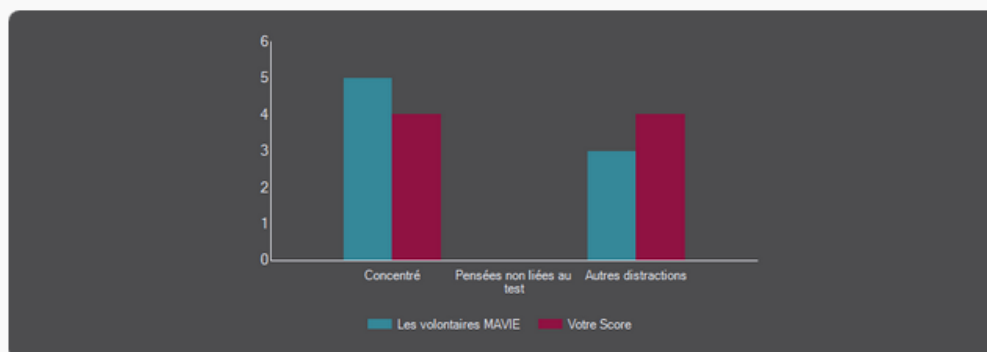
Le test est terminé, merci de votre participation !

Ma performance

Dans **90%** des cas, vous avez réussi à vous retenir lors de l'apparition du chiffre 3 et à cliquer à l'apparition des autres chiffres. En moyenne, votre temps de réaction était de **296 ms**.

Dans **50%** des interruptions vous étiez totalement concentré sur le test.

Situez votre niveau de concentration par rapport aux 1095 autres volontaires ayant passé ce test :



Vous avez déclaré être concentré sur le test dans **4** des 8 sondages et vous avez déclaré avoir eu des pensées non liées au test dans **0** cas sur 8 (pour comparaison ces chiffres sont respectivement de 5 cas sur 8 et de 0 cas sur 8 chez les 1095 autres volontaires MAVIE).

Le test Go - No Go / MW

Le test que vous venez de réaliser est utilisé pour mesurer l'attention soutenue c'est-à-dire la capacité à maintenir son attention sur une certaine période de temps sans se laisser distraire par des éléments extérieurs (ex : télévision, enfants qui jouent...) ou intérieurs (ex : mind-wandering).

Le mind-wandering, qu'est-ce que c'est ?



Dans le test que vous venez d'effectuer, vous avez dû maintenir votre concentration afin d'être en mesure d'empêcher une réponse automatique (appuyer sur la barre espace) lors de l'apparition du chiffre 3. Sur la durée, il peut être difficile de maintenir une totale concentration sur la tâche. Ainsi, il peut arriver que l'esprit s'évade, que l'on commence à penser à autre chose qu'à la tâche que l'on est en train de réaliser : c'est ce qu'on appelle le mind-wandering (ou « vagabondage de l'esprit »).

Mesurer le mind-wandering, ça sert à quoi ?

Dans la vie de tous les jours, nous sommes tous concernés par le mind-wandering mais certaines personnes peuvent y être plus sujettes que d'autres. C'est lors de la réalisation de tâche simple et répétitive que le vagabondage de l'esprit a le plus tendance à se produire.

Ainsi, vous pouvez expérimenter cette distraction dans diverses activités comme la lecture ou encore la marche. Cependant, si dans le premier cas ces pensées n'auront pour seule conséquence que de retarder la lecture, dans le second cas elles pourraient avoir des conséquences moins anodines. En effet, si vous marchez tranquillement en pensant à vos dernières vacances et qu'un événement inattendu survient, comme la présence d'un trou sur le trottoir, le fait d'être perdu dans vos pensées peut retarder la détection de celui-ci et donc votre capacité à réagir et ainsi à éviter la chute !

Votre participation, ainsi que celle des autres volontaires de l'Observatoire MAVIE, va nous permettre d'investiguer si certaines capacités cognitives peuvent être associées au risque de survenue d'un accident de la vie courante.

Accéder au test suivant

B.7 Page présentation du test de la Tour de Londres

Bienvenue sur votre espace volontaire MAVIE !
Déconnexion



« Nous voulons tout savoir sur vos accidents de la vie courante. »

[MON FOYER](#)
[CHANGEMENT DE SITUATION](#)
[MON PROFIL](#)
[MAVIE-LAB](#)

Tour de Londres

[Retour à mon espace](#)

Présentation du test

Cette version du test de la Tour de Londres consiste à déplacer, sur 3 piquets, 5 boules de couleurs différentes.

Le but est de reproduire un modèle proposé en réalisant le minimum de déplacements possibles. Après avoir pris un temps de réflexion, vous aurez 60 secondes pour terminer chacun des niveaux.

Note :

- Le test est accessible aux personnes qui ne distinguent pas les couleurs grâce aux motifs dessinés sur chacune des boules.
- Pas d'entraînement pour ce test, mais vous commencerez par des niveaux simples.
- Le test doit être réalisé **en une seule fois** et dans les **meilleures conditions possibles**. Avant de commencer ce test, assurez-vous d'avoir le temps nécessaire pour le terminer (10-15 minutes).

Attention : ce test n'est pas encore disponible sur écran tactile.

Vidéo de présentation

La tour de Londres,
expliquée en moins d'une minute !



0:00 / 0:48

Je commence le test

B.8 Page bilan du test de la Tour de Londres



« Nous voulons tout savoir
sur vos accidents de la vie courante. »

MON FOYER

CHANGEMENT
DE SITUATION

MON PROFIL

MAVIE-LAB

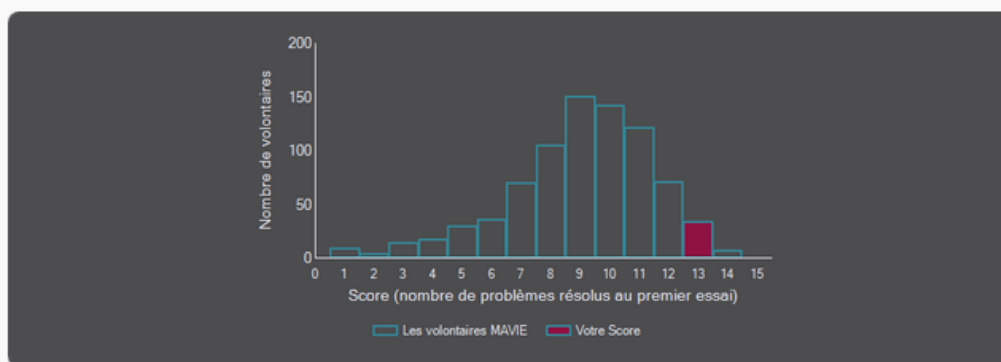
Bilan du test

Le test est terminé, merci de votre participation !

Ma performance

Dans **environ trois quarts des niveaux**, vous avez réussi à trouver la solution optimale du premier coup.

Situez votre performance par rapport à celle des 852 autres volontaires ayant passé ce test :



Comme vous, **33** volontaires MAVIE ont résolu du premier coup 13 des 15 niveaux.

Le test de la Tour de Londres

Le test que vous venez de réaliser est une adaptation du test imaginé en 1982 par Tim Shallice, professeur en neuropsychologie à Londres, afin de mesurer la capacité de planification(1).

La capacité de planification, qu'est-ce que c'est ?



La planification est une capacité cognitive utilisée dans la vie de tous les jours pour la réalisation de tâches complexes, de tâches nécessitant une prise de décision ou encore de tâches non routinières.

Dans le test que vous venez d'effectuer, peut-être avez-vous essayé de planifier à l'avance vos déplacements ? De visualiser dans votre esprit l'ordre des différentes étapes ? De vérifier si votre idée était correcte avant de la mettre à exécution ? Peut-être l'avez-vous remarqué, avec l'augmentation du niveau de difficulté il devient essentiel de planifier à l'avance les déplacements à effectuer pour réussir les niveaux dans le temps imparti et sans erreurs.

Une bonne capacité de planification ça sert à quoi ?

Prenons un exemple : vous devez ajouter un rendez-vous non prévu dans une après-midi déjà bien chargée. Savoir planifier c'est alors :

- identifier toutes les choses à faire (aller chercher les enfants à l'école, faire les courses, aller à ce rendez-vous, récupérer un colis...);
- les placer dans le temps : quand la tâche doit-elle être réalisée ? combien de temps pour la réaliser ? ;
- les ordonner (par priorité, par ordre chronologique...);
- choisir l'alternative la plus adaptée avant de la mettre en application.

Dans le cas de notre exemple, le fait d'avoir planifié votre journée vous permettra de réaliser l'ensemble de vos tâches, de gérer efficacement votre temps et d'aborder cette après-midi chargée avec moins de stress. Votre participation, ainsi que celle des autres volontaires de l'Observatoire MAVIE, va nous permettre d'investiguer si certaines capacités cognitives, et notamment la capacité de planification, influent sur le risque de survenue d'un accident de la vie courante.

(1) Adaptation de Ward et Allport (1997) Ward G, Allport A. Planning and Problem solving Using the Five disc Tower of London Task. Q J Exp Psychol Sect A. 1 févr 1997;50(1):49-78.