

ÉCOLE DOCTORALE : SANTE, SCIENCES, TECHNOLOGIES

EA 2114 : PSYCHOLOGIE DES AGES DE LA VIE

THÈSE présentée par :

Amadou MEITE

soutenue le : **04 mai 2009**

pour obtenir le grade de : **Docteur de l'université François - Rabelais**

Discipline/ Spécialité : **Psychologie**

APPROCHE
CHRONOPSYCHOLOGIQUE DE LA
CONDUITE AUTOMOBILE

**Effet du moment de la journée sur les performances
attentionnelles et de conduite simulée selon
l'âge, le sexe et la typologie des conducteurs**

THÈSE dirigée par :
M. TESTU François

Professeur émérite à l'Université François Rabelais -Tours

RAPPORTEURS :
M. LIEURY Alain
M. TANO Jean

Professeur émérite à l'Université de Rennes 2
Professeur à Université d'Abidjan (Côte D'Ivoire)

JURY :

M. CLARISSE René
M. LIEURY Alain
Mme PENNEQUIN Valerie
M. REINBERG Alain
M. TANO Jean
M. TESTU François

Maître de conférences à l'Université François Rabelais -Tours
Professeur émérite à l'Université de Rennes 2
Maître de conférences HDR à l'Université François Rabelais -Tours
Directeur de Recherches au CNRS
Professeur à l'Université d'Abidjan (Côte D'Ivoire)
Professeur émérite à l'Université François Rabelais -Tours

REMERCIEMENTS

Mes plus sincères remerciements à Professeur François Testu, pour l'aide précieuse et inestimable, la bienveillance et la confiance qu'il a su m'accorder. Présent à chacun des moments cruciaux, il a su m'encourager et me guider avec patience. Qu'il me soit permis de lui exprimer ma fierté et ma reconnaissance d'avoir été mon Directeur de thèse.

Toute ma gratitude à Professeur Jean Tano, Professeur à l'Université d'Abidjan, pour ses sages conseils. Nul doute que sa grande rigueur et son amour du travail bien fait m'a été d'un apport certain dans ma formation.

Toute ma reconnaissance à Monsieur René Clarisse, à Nadine Lefloc'h et à René Mokoukolo pour leurs apports constructifs à l'élaboration de ce travail.

Tous mes remerciements à Madame Valerie Pennequin, à Professeur Alain Lieury et à Professeur Alain Reinberg pour leur présence et l'honneur qu'ils me font de bien vouloir juger mon travail.

Mes remerciements vont également à l'endroit de toutes les personnes qui se sont impliquées dans ce travail et, notamment, les participants qui m'ont consacré du temps.

Mes sincères remerciements à tous les doctorants et aux « jeunes » docteurs, en particulier Katia Beigneux, Delphine Thomas, Olivier Sorel, Alexia, Badia Bouazzaoui, tant pour leur disponibilité que pour le traitement des données.

De très nombreuses autres personnes de l'équipe de recherche EA2114 et du personnel de l'Université m'ont apporté leur aide, à un moment ou à un autre de cette recherche. Les citer dans le cadre de cette liste ne reflèterait certainement pas la reconnaissance que je leur porte.

Un grand merci à Joëlle (Responsable de la Scolarité de l'UFR Arts et Sciences Humaines), Claude et « Son Excellence » Laurent Denis qui, chacun à sa manière, m'ont soutenu durant ces années. Qu'ils veuillent trouver ici l'expression de ma profonde gratitude.

Merci à Madame Annie Blanc, Professeur de lettres, qui a bien souvent voulu lire mes manuscrits pour leur apporter des corrections au niveau de la forme.

Je tiens à remercier Sylvie Codo, Charbelle Adihou et Abdouramane Doro Ramatou pour leur soutien et les moments de détente durant ces années.

Enfin, un grand merci à tous mes parents pour leurs encouragements. Un merci tout particulier à Inza MEITE : ce travail est le fruit du courage qu'il a su m'insuffler très tôt.

RESUME

L'étude proposée s'inscrit dans le cadre des recherches portant sur les fluctuations des performances attentionnelles dans les transports, et plus précisément dans la conduite automobile. Elle a pour objectif de montrer, dans une perspective développementale et différentielle, l'impact du moment de la journée sur les accidents de la route et les performances attentionnelles et de conduite, selon l'âge, le sexe et la typologie comportementale des conducteurs.

Afin de pouvoir procéder à l'identification des performances, 84 onducteurs occasionnels de véhicules légers, dont 42 hommes et 42 femmes, sont répartis en trois groupe d'âge (jeunes (20-29 ans), adultes (30-59ans) et âgés (plus de 60 ans)) et selon leur horaires préférentiels de sommeil (typologie matinalité-vespéralité). Ces conducteurs sont, parallèlement à des tests d'attention (barrage de nombres), soumis à des tests de conduite simulée, à différents moments de la journée : début et fin de matinée, début et fin d'après-midi. Les résultats indiquent que les performances journalières attentionnelles et de conduite (indiquées par le temps de réaction au freinage) fluctuent différemment selon l'âge, le sexe, la typologie, et que les niveaux moyens de l'attention et des temps de réaction au freinage diminuent avec l'âge.

Le moment de la journée, au travers d'une étude statistique (accidents de la route survenus en France métropolitaine au 1^{er} janvier 2007), semble également avoir un effet différentiel sur les accidents de la route: les conducteurs sont plus fréquemment victimes d'accidents pendant la journée que la nuit ; en revanche, l'indice de gravité semble plus accentué la nuit. Par ailleurs, si les conducteurs jeunes âgés de 20 à 29 ans et les conducteurs d'âge moyen (30 à 59 ans) sont plus souvent victimes d'accidents que les personnes âgées, celles-ci, en revanche, sont surreprésentées dans les accidents mortels. Les femmes sont moins victimes d'accidents que les hommes et restent les moins exposées.

Enfin, la description de l'évolution journalière des performances attentionnelles et celle des performances de conduite montre l'existence d'une relation entre le niveau d'attention et le temps de réaction, en fin de matinée et en début d'après-midi.

Ces résultats viennent compléter les réflexions menées sur les moments propices pour une bonne conduite, et permettent de souligner la place prépondérante de l'âge, du sexe et de la typologie des conducteurs dans la genèse des accidents.

Mots clés: accidents de la route, âge, attention, chronopsychologie, conduite automobile, sexe, temps de réaction, typologie.

ABSTRACT

The proposed survey appears in the setting of the research concerned with the fluctuations of the attention performance in transportation and more precisely in driving conduct. It has for objective to show, in a developmental and differential perspective, the impact of the moment of the day on road accidents and the attention performance and of conduct, according to age, sex and typology morning-evening.

In order to be able to conduct the identification of the performances, 84 occasional drivers of light vehicles, of which 42 men and 42 women, are distributed in three groups of age (young (20-29 years), adults (30-59 years) and aged (more than 60 years)) and according to their preferential timetables of sleep (typology morning-evening). These drivers are, in the same way to tests of attention (dam of numbers), submitted to tests of simulated conduct, at different moments of the day: the beginning and end of the morning, the beginning and end of the afternoon. The results indicate that the daily performance attention and of conduct (subscripted by the time of reaction to braking) fluctuate differently according to age, sex and typology, and that the middle levels of the attention and the times of reaction to braking decrease with age.

The moment of the day, through a statistical study (accidents of the road occurred in metropolitan France to January 1st, 2007), seems to have a differential effect also on road accidents: the drivers are more frequently victims of accidents during the day than the night; on the other hand, the indication of gravity seems more accentuated at night. However, if young drivers aged from 20 to 29 years and middle age drivers (30 to 59 years) are more frequently victims of accidents than older people, these, on the other hand, are overrepresented in the fatal accidents. Women are less victims of accidents and remain the less exposed.

Finally, the description of the daily evolution of the attention performance and that of conduct indicates a relation between the level of attention and the time of reaction at the end of the morning and the beginning of the afternoon.

These results complete the reflections led on the auspicious moments for good driving and permit to underline the major place of age and the typology of the drivers in the cause of the accidents.

Keywords: accidents of the road, age, attention, chronopsychologie, driving conduct, sex, time of reaction, typology.

SOMMAIRE

Introduction	9
Première partie : Considérations théoriques.....	12
Chapitre 1 LA CONDUITE AUTOMOBILE : APPROCHE CONCEPTUELLE.....	13
1. L'Automobile	13
1.1. Un peu d'histoire	13
1.2. Fonctions de l'automobile.....	14
1.2.1. Finalité de déplacement à visée utilitaire	14
1.2.2. L'automobile: un moyen de protection et de puissance.....	15
1.2.3. L'automobile: un élément de valorisation et de liberté individuelle	15
1.2.4. L'automobile : une opportunité d'apprentissage et d'éducation.....	16
2. Activité de conduite et compétences techniques, sociologiques et psychologiques	18
2.1. Les compétences techniques de la conduite automobile.....	18
2.2. Les aspects sociologiques de la conduite automobile	21
2.3. Les dimensions psychologiques de la conduite automobile.....	23
2.3.1. Les influences liées à la personnalité et au comportement	24
2.3.2. Les influences cognitives	32
Chapitre 2 CONDUITE AUTOMOBILE ET PROCESSUS PSYCHOLOGIQUES	34
1. Fonctions sensorimotrices et conduite automobile	34
1.1. Fonctions motrices et activité de conduite	34
1.2. Fonctions sensorielles et activité de conduite	35
2. Processus psychologiques et conduite automobile.....	38
2.1. Intelligence et activité de conduite.....	39
2.2. Mémoire et conduite automobile.....	41
2.3. Attention et activité de conduite.....	42
Chapitre 3 VARIATIONS DES PROCESSUS PSYCHOLOGIQUES ET EFFICIENCE HUMAINE.....	46
1. La chronobiologie	46
1.1. Les rythmes biologiques : origine et caractéristiques	46
1.1.1. Définition et caractéristiques des rythmes biologiques.....	46
1.1.2. Origine et synchronisation des rythmes biologiques.....	48
1.2. Efficience psychologique et variations physiologiques	51
1.2.1. Activation cérébrale et performance	51

1.2.2.	Température et performance	52
2.	La chronopsychologie	54
2.1.	Les rythmes environnementaux et sociologiques.....	54
2.1.1.	Chronopsychologie et rythmes scolaires.....	55
2.1.2.	Chronopsychologie et rythmes alimentaires	57
2.1.3.	Les conditions de l'environnement et ses différentes alternances	58
2.2.	Les rythmes psychologiques	60
2.2.1.	Chronopsychologie et mémoire	60
2.2.2.	Chronopsychologie et activités intellectuelles	63
2.2.3.	Chronopsychologie et attention.....	66
2.3.	Facteurs pouvant influencer sur les rythmes.....	69
2.3.1.	Variables liées à la nature de la tâche	69
2.3.2.	Variables liées aux conditions d'exécution de la tâche.....	71
2.3.3.	Variables liées à l'individu.....	72
Chapitre 4 RYTHMICITES ATTENTIONNELLES : APPROCHE D'APPLICATION ..		78
1.	Rythmicités attentionnelles et activités humaines.....	78
1.1.	Le domaine de la justice.....	78
1.2.	Le domaine de la santé	79
1.3.	Les secteurs industriels et des entreprises	81
2.	Rythmicités attentionnelles et transports.....	85
2.1.	Le domaine des transports aériens	85
2.2.	Le domaine des transports terrestres	86
Chapitre 5 PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES		89
Deuxième partie : Etudes expérimentales et accidentologiques		93
Chapitre 6 ETUDE DES PROFILS JOURNALIERS DES PERFORMANCES ATTENTIONNELLES ET DE CONDUITE SELON L'AGE, LE SEXE ET LA TYPOLOGIE		94
1.	Méthodologie commune à l'ensemble des études expérimentales.....	94
1.1.	Définition des variables.....	95
1.1.1.	Les variables indépendantes.....	95
1.1.2.	Les variables dépendantes : les performances attentionnelles et de conduite 101	
1.2.	Critères de sélection de la population d'étude	112

1.2.1.	Les caractéristiques individuelles.....	112
1.2.2.	Les influences médicales.....	116
1.2.3.	Les prises hypnotiques	118
1.3.	Matériel expérimental	121
1.3.1.	Les questionnaires	122
1.3.2.	Le test de conduite.....	125
1.3.3.	Le test d'attention.....	128
1.4.	Protocole expérimental.....	129
2.	Etude de l'effet du moment de la journée sur les profils de performances attentionnelles.....	132
2.1.	Position du problème.....	132
2.2.	Méthode.....	143
2.2.1.	Participants	143
2.2.2.	Epreuves	144
2.2.3.	Procédure.....	144
2.3.	Résultats et analyses statistiques	145
2.3.1.	Niveaux et fluctuations des performances attentionnelles selon l'âge... 146	
2.3.2.	Fluctuations des performances attentionnelles selon la typologie	150
2.3.3.	Niveaux et fluctuations des performances attentionnelles selon le sexe 154	
2.4.	Discussion	158
3.	Etude de l'effet du moment de la journée sur les performances de conduite.....	162
3.1.	Position du problème.....	162
3.2.	Méthode.....	168
3.2.1.	Participants	168
3.2.2.	Dispositif expérimental	169
3.2.3.	Simulation et situations expérimentales.....	172
3.3.	Résultats et analyses statistiques	174
3.3.1.	Fluctuations des performances de conduite selon l'âge	174
3.3.2.	Fluctuations des performances de conduite selon la typologie	177
3.3.3.	Fluctuations des performances de conduite selon le sexe	181
3.4.	Discussion	183
Chapitre 7 ETUDE DES PROFILS JOURNALIERS D'ACCIDENTS DE LA ROUTE SELON L'AGE ET LE SEXE		187

1. Méthodologie commune aux études accidentologiques.....	187
1.1. Les sources statistiques	187
1.2. Les données : nombre de tués et de blessés	189
1.3. Représentation des données	189
2. Analyse statistique des accidents de la route en fonction de l'âge et du sexe des conducteurs.....	190
2.1. Position du problème.....	190
2.2. Analyse statistique des données	199
2.2.1. Analyse des données accidentologiques selon l'âge	200
2.2.2. Analyse des données accidentologiques selon le sexe	203
2.2.3. Répartition des victimes d'accidents selon le sexe et la tranche d'âge..	205
2.3. Discussion	206
3. Analyse statistique des variations temporelles des accidents de la route.....	209
3.1. Position du problème.....	209
3.2. Analyse statistique des variations nycthémerales des accidents de la route ..	215
3.3. Analyse globale des profils journaliers d'accidents de la route et des profils de performances journalières attentionnelles et de conduite	217
3.3.1. Analyse des profils de performances journalières attentionnelles et des profils journaliers d'accidents	217
3.3.2. Analyse des profils de performances journalières attentionnelles et de conduite	219
3.4. Discussion	220
Conclusion.....	225
Bibliographie.....	231
Annexes	263

Introduction

Chez l'homme, les performances cognitives ne sont pas stables, mais fluctuent selon des périodicités diverses (Folkard, 1990; Leconte et Lambert, 1990 ; Testu, 2000). Autrement dit, l'homme présente de fortes capacités à certaines heures et de faibles capacités à d'autres heures. L'étude de ces variations périodiques affectant les processus psychologiques et l'organisation des conduites est la chronopsychologie (Fraisse, 1980). Les études menées dans ce domaine sont nombreuses. Plusieurs d'entre elles ont porté sur les possibles effets des conditions de travail sur la production (Barthe et coll., 2005 ; Gadbois et coll., 2000 ; Monk, 2008). D'autres se sont spécialement attachées à déterminer précisément les fluctuations des performances physiques au cours de la journée (Callard et coll., 2000 ; Koutedakis, 1995). Enfin, des recherches plus récentes ont démontré une évolution circadienne de certains processus cognitifs, notamment la mémoire et l'attention, aussi bien dans le domaine de la justice (Gadbois et Prunier- Poulmaire, 1998) que de la santé (Allene et Scott, 2000 ; Reinberg, 2003) et de l'éducation (Leconte et Lambert, 1994 ; Testu, 2008).

Dans le domaine de la conduite automobile, ces fluctuations sont solidement documentées par de nombreuses études accidentologiques, indiquant qu'il existe des périodes où l'on constate un pic accru d'accidents, et où le niveau d'attention s'abaisse pour des raisons chronobiologiques ou physiologiques de somnolence (Connors, 2002 ; Folkard, 1997). Ces périodes d'occurrence d'accidents correspondent aussi à des moments de baisse de performances psychomotrices, d'autant que les variations des performances attentionnelles et le cycle veille/sommeil s'accompagnent de fluctuations des performances motrices (Monk, 1983). Dans cette perspective, les études expérimentales réalisées sur simulateur de conduite (Haraldsson et coll., 1990) ou en situation de conduite réelle (Khardi et coll., 1995) établissent un lien entre les paramètres indiquant une hypovigilance du conducteur (indices électro-physiologiques), ses capacités d'attention, et le fonctionnement du véhicule renvoyant aux indices cinématiques (fréquence et amplitude des coups de volant, de frein ou d'accélérateur, etc.). D'ailleurs, les travaux réalisés dans les domaines de l'aviation civile (Mollard et coll., 1995), des transports maritimes (Filors, 1996) et des transports ferroviaires (Cabon et coll., 1995) mettent bien en évidence le lien entre ces variations périodiques comportementales et psychologiques.

A la lumière de toutes ces observations, le lien entre les accidents de la route et les performances attentionnelles et de conduite semble établi. De plus, le caractère rythmique de ces accidents et de ces performances paraît confirmé. Cependant, à notre connaissance,

il y a relativement peu de données ayant pris en compte les caractéristiques individuelles dans l'étude de cette rythmicité. Pourtant, de plus en plus d'auteurs s'accordent à reconnaître que l'âge, le sexe et la typologie matinalité/vespéralité entretiennent des liens privilégiés avec les profils journaliers des processus attentionnels mobilisés en situation de conduite (Goel et coll., 2005 ; Horne et coll., 1980 ; Janvier et Testu, 2005). Cette approche est déjà présente dans de nombreuses études accidentologiques, où des différences, en ce qui concerne les comportements au volant, la durée et les rythmes des trajets, sont mises en évidence entre hommes et femmes, entre conducteurs âgés (plus de 60 ans), d'âge moyen (30-59 ans) et conducteurs jeunes (moins de 30 ans) (Fontaine, 2003 ; Mc Kenna et coll., 1991; Ulleberg, 2003). De plus, les études neurophysiologiques, qui distinguent les matinaux et les vespéraux par leurs horaires préférentiels de sommeil (endormissement et réveil), laissent à penser que la conduite nocturne, pour un sujet du matin, ou diurne pour un sujet du soir, imposerait un effort supplémentaire d'adaptation pouvant être à l'origine d'un surcroît de fatigue, source d'une baisse de la fiabilité du conducteur.

C'est donc fort de ces considérations que nous nous proposons d'étudier, dans une perspective développementale et différentielle, le sujet : *Approche chronopsychologique de la conduite automobile : effet du moment de la journée sur les performances attentionnelles en situation de conduite simulée selon l'âge, le sexe et la typologie des conducteurs* ; le but de l'étude étant de déterminer si les profils journaliers des performances attentionnelles et de conduite simulée évoluent de la même façon que les profils journaliers d'accidents de la route.

Pour parvenir à la réalisation de cet objectif, nous avons entrepris d'articuler le présent travail en deux grandes parties : la première présente une approche théorique des différents concepts utiles à notre recherche ; la deuxième partie est consacrée aux deux études (statistiques et expérimentales) qui ont été menées et aux considérations méthodologiques relatives à ces études.

Première partie :
Considérations théoriques

Chapitre 1

LA CONDUITE AUTOMOBILE : APPROCHE CONCEPTUELLE

1. L'Automobile

1.1. Un peu d'histoire

Le transport représente une activité importante de la vie moderne. Nous y sommes contraints par notre travail, par notre façon de nous loger et de nous distraire. A l'origine, il n'existait que des transports individuels tels que chevaux, dromadaires, chariots, et litières ; puis grâce à des efforts soutenus de recherche appliquée, ces moyens de déplacement ont été supplantés par un système de transport plus puissant: les transports par rail, par route, par mer et par air. Les rails ou chemin de fer, apparus en Grande-Bretagne en 1750, furent le premier des moyens de transport modernes (Allen, 1985 ; Chenel, 1986) ; puis survint l'automobile en 1885 (Rousseau et Latéa, 1958), ensuite survint la navigation (parlant des avions et des navires) au début du 20ème siècle (Costelle, 1978 ; Petit, 1991). Les moyens de transport ont donc connu un développement considérable, et il est indéniable que ceux-ci offrent de nombreux avantages. Ceci explique en partie leur succès.

Parmi ces moyens de déplacement, l'automobile, de par sa commodité et son accessibilité à tous, a connu le plus de succès. D'une façon générale, ce terme désigne « un véhicule à moteur destiné au transport privé des personnes sur route » (Parot, 1991). Il est formé sur le mot grec *autos*, « soi-même » et le français « mobile », « mouvoir » (Girodet, 1976). Ainsi tout appareil portant un moteur qui en assure la propulsion est appelé « automobile ». Couramment abrégé en « auto », le nom automobile était à l'origine employé comme adjectif dans l'expression « voiture automobile » ou « véhicule automobile » (Parot, op. cite). L'expression « voiture automobile » désignait, jusqu'à la fin du XIXème siècle, uniquement un véhicule à traction animale. Et depuis l'invention de l'automobile, elle désigne un véhicule formé d'une carrosserie ou d'une plate forme montée sur roues servant au transport des personnes ou des marchandises. L'expression « véhicule

automobile », en revanche, désigne non seulement les automobiles proprement dites, mais aussi les autobus, les camions, les semi-remorques et tous les engins techniques se déplaçant normalement sur route par leurs propres moyens.

En clair, il faudra entendre ici par le terme « automobile », l'ensemble de ces engins qui permettent de se déplacer. Aujourd'hui, force est de constater que les finalités inhérentes à ces engins sont multidimensionnelles.

1.2. Fonctions de l'automobile

1.2.1. Finalité de déplacement à visée utilitaire

Il n'est pas sans rappeler que l'automobile est associée à de nombreuses et diverses activités de la vie quotidienne. Posséder et conduire une voiture est même souvent devenu une nécessité. Les habitations qui sont mal desservies par les transports en commun ou ne le sont pas du tout sont de plus en plus nombreuses. Il existe aussi de plus en plus de professions dont l'exercice est impossible si l'on ne conduit pas. L'automobile est donc présente dans l'existence quotidienne de tous. C'est dans cette optique que Barjonet et Causard (1987) la considèrent comme un phénomène culturel. En effet, elle fait partie de l'environnement culturel proximal en ce sens qu'elle a changé la texture même de la vie sociale. Autrefois, les gens et les lieux proches du domicile étaient importants, grâce à cette proximité et parce que les seuls faciles à atteindre. Chacun vivait dans un cercle restreint mais où les relations étaient denses et habituelles. Avec la possibilité d'aller facilement ailleurs, le « voisinage » se dissout. On pourrait donc dire que l'usage d'une automobile modifie l'espace social. Dans le même sens Quimby et Causard (1996) pensent qu'en transformant la mobilité des personnes et en établissant entre elles de nouvelles relations, l'usage de l'automobile a une incidence sur la culture des sociétés. A travers le vocabulaire courant, on adopte des métaphores venant de cette notion qu'est la conduite : « on a le feu vert », « on prend un virage », par exemple. Mis à part ces vocables populaires argotiques, le mot conducteur, lui-même, a été choisi pour désigner certains dirigeants politiques à l'époque où l'automobile devenait un fait social : il se traduit en effet par « Caudillo », « duce » et « fûhrer » (Roche, 1980).

Ainsi, l'automobile revêt une importance certaine dans une société dont le fonctionnement se fonde, en grande partie, sur les moyens de transport. Toutefois, cette finalité de déplacement spatial à visée utilitaire n'est sans doute pas la seule. L'automobile peut être aussi un instrument de protection et un symbole de puissance.

1.2.2. L'automobile: un moyen de protection et de puissance

En plus de sa finalité à visée utilitaire, l'objet-automobile semble représenter, dans bien des cas, autre chose qu'un outil neutre. Cet objet est souvent personnifié, considéré comme un partenaire qui aide à supporter l'angoisse de la solitude; simplement par sa présence, ou par des activités telles que les promenades d'évasion ou le jeu.

Lefebvre (1996) souligne le caractère ambivalent de l'automobile, qui recèle à la fois une dimension de féminité – avec ses formes arrondies et galbées, – de maternité – par le biais du cocon qui nous protège et nous sécurise, rappelant le ventre de la mère -, mais aussi de puissance, de virilité et d'agressivité, par le truchement des « chevaux » résidant sous le capot. Dans le même ordre d'idées et insistant sur le caractère de féminité, celui-ci (Lefebvre, op. cite) fait remarquer que l'automobile comme la moto, autrefois l'apanage des hommes, sont du genre féminin, en français. En effet, il n'est pas rare que ces engins soient personnifiés et possèdent un prénom, et même qu'ils entrent en concurrence avec l'épouse ou l'amie pour l'occupation du temps de loisirs. Avec le regard porté ici sur l'automobile, la question de la symbolique, des significations, nous apparaît du plus grand intérêt.

1.2.3. L'automobile: un élément de valorisation et de liberté individuelle

Si l'automobile représente pour l'individu « une enveloppe extracorporelle » à l'interface avec l'environnement, un instrument de protection et d'action par la puissance qu'elle recèle, elle constitue, par ailleurs, un moyen d'affirmation et d'autonomie pour son utilisateur (Pouey-Mounou, 1983). Autrement dit, l'automobile permet à l'individu une vie sociale à laquelle il n'aurait pas accès par ailleurs en raison de son rang, de son statut. Pour les femmes magrébines de l'étude de Pervanchon-Simonnet (1990) par exemple, posséder

une automobile revêt une valeur existentielle, leur permettant d'exercer une autonomie de décision et d'actes, loin de leur condition féminine d'origine.

En outre, Catani et Verney (1986), relatent dans l'ouvrage « Se ranger des voitures », que les jeunes réputés « en danger moral » de Jaricourt avaient investi le champ de la conduite comme une aire d'expérience pour s'affirmer, dans une culture automobile locale ayant ses valeurs, faute, peut-être, de n'avoir réussi leur insertion sociale par l'école.

Ainsi l'automobile est-elle devenue un moyen d'identification projective, un instrument permettant à l'individu de jouer des épisodes de sa vie ou des rôles plus fictifs. Dans une telle perspective, elle pourrait avoir un intérêt éducatif.

1.2.4. L'automobile : une opportunité d'apprentissage et d'éducation

Plusieurs auteurs pensent que l'automobile ou la conduite de celle-ci, de par son image psychosociale, son surinvestissement et les valeurs dont elle fait l'objet, pourrait constituer un moyen et un prétexte à la socialisation et à l'insertion. Ainsi, pour Page (1995), la préparation aux examens du permis de conduire est une opportunité d'éducation et d'apprentissage, en ce sens que cette préparation implique un cursus organisé, avec une planification des cours collectifs et individuels. En d'autres termes, c'est un cadre globalement restructurant. Par exemple, la formation, même par intermittence, implique une organisation du temps en fonction du cycle, du rendez-vous, pour assurer l'assiduité et la ponctualité requises. En outre, le fonctionnement des cours implique l'adhésion à des règles et une discipline : le silence, le respect du tour de parole, l'interdiction de fumer dans la salle, la nécessité de la maintenir propre. La formation « théorique », quant à elle, au-delà de l'exposé de la signalisation et des règles du code de la route, traite des problèmes fondamentaux, dont l'hygiène de vie, avec l'état et les ressources du conducteur (la fatigue, la consommation d'alcool et d'autres substances), la sécurité, le respect des autres et de l'environnement. La conduite automobile pourrait donc être considérée comme une stratégie éducative favorisant des comportements, des attitudes et des valeurs d'une portée générale. Le fait de donner une cohérence globale à l'apprentissage et à l'éducation devrait permettre un transfert et une synergie. Un travail sur le risque routier devrait, par exemple, avoir des répercussions favorables sur le risque domestique et la santé. Aussi, l'examen du permis de

conduire, lui-même, est une expérience formatrice impliquant une maîtrise de soi et un savoir-être susceptibles de pouvoir se transposer à d'autres circonstances (l'entretien d'embauche, par exemple).

La formation à la conduite fournit donc l'opportunité de développer des compétences transférables et, à un certain niveau de généralité, de s'approprier des contenus. Partant de cette intérêt éducative, des démarches pragmatiques sont entamées par d'autres auteurs, choisissant la conduite comme « une phase transitoire d'intégration » des jeunes ayant été confrontés à l'échec scolaire (Catani et Verney, 1986) ou vivant en milieu carcéral (Citharel et Haurel, 1989). De façon générale, plusieurs objectifs ont sous-tendu ces expériences. Il s'agissait notamment de régulariser la situation concernant la conduite tout en ouvrant une parenthèse sur la vie sociale, l'utilité et la légitimité des règles, l'importance de s'inscrire dans un cadre et de le respecter.

En réalité, les fonctions inhérentes à l'automobile sont nombreuses. A côté de ces acceptions, que l'on peut regrouper autour de deux axes (le réel et le symbolique), il existe, selon Lefebvre (1993), d'autres dimensions, à savoir :

- 1) la dimension relative aux inconvénients et nuisances que représentent les accidents, le risque routier, la pollution, les autres sources d'ennuis (contraventions) ;
- 2) la dimension relative au rêve et au fantasme ; le rêve est l'occasion pour le sujet de se projeter en relation avec des objets réels; le fantasme, lui, se réfère au désir, la voiture devenant un objectif fictif ou entrant dans un scénario illusoire ;
- 3) la dimension mythique : la voiture elle-même peut être mythique, sinon les exploits qu'elle peut permettre de réaliser : performances techniques en termes de pilotage, accès à la liberté par la maîtrise de l'espace ;
- 4) la dimension hédoniste relative au plaisir : la voiture est un espace de bien-être, de confort. La conduite peut être aussi source de plaisir par les sensations qu'elle procure, par l'impression de dominer la machine, de se dépasser... ;
- 5) la dimension ludique, dans la relation individuelle à l'objet : il est question de « s'amuser » en conduisant ;
- 6) la fonction « signe » : il s'agit du rôle de signifiant qu'assume la voiture, tant en ce qui concerne l'image narcissique que le statut. Le statut social (réel ou prétendu) au conducteur ou du propriétaire du véhicule ;

7) l'objet technique et esthétique, objet de collection, à posséder pour sa valeur en tant que témoin du savoir-faire technique, de l'art ;

8) l'objet sexuel ; il se caractérise par l'investissement affectif et sa symbolique attribuée à certains véhicules, par la complicité et la communion avec la machine dans certains cas de conduite orientée vers le plaisir.

Bref, si l'automobile permet de se déplacer et de s'épanouir, sa conduite serait néanmoins conçue comme une tâche complexe : en ce sens, il s'agit bien d'une activité demandant, pour être plus sûre, qu'on sache manœuvrer l'automobile dans l'espace en évitant des obstacles et qu'on connaisse quelques règlements et signaux. En outre, en plus des compétences techniques, la conduite nécessite aussi des « compétences sociales », puisque le conducteur doit apprendre à, à tenir compte d'autrui, à négocier son chemin non seulement dans un cadre structuré par des règles mais aussi dans un environnement complexe. En somme, la conduite automobile serait une activité individuelle et collective impliquant des compétences, notamment techniques, sociales et psychologiques.

2. Activité de conduite et compétences techniques, sociologiques et psychologiques

La conduite automobile est une activité complexe. De par cette complexité, les niveaux de compétence, ou du moins d'aptitude, qui sous-tendent cette activité sont divers. Ils peuvent être d'ordre technique, social ou psychologique.

2.1. Les compétences techniques de la conduite automobile

Dès 1899, l'obtention du permis de conduire était déjà conditionnée par l'aptitude du candidat automobiliste à connaître le rôle et l'emploi des divers leviers, pédales, manettes et à maîtriser les opérations préparatoires à la mise en marche du véhicule et en cours de route (Roche, 1980). Il n'est donc pas étonnant que les premières études ayant pour objet la conduite automobile soient menées dans une perspective technique résidant dans la

connaissance du code de la route et de l'utilisation adéquate de cet appareil complexe qu'est l'automobile.

Ces études sont relativement nombreuses, et elles portent pour la plupart sur les compétences techniques que requiert la conduite : il s'agit des précautions que le conducteur doit prendre avant le départ ou des conditions à remplir pour devenir conducteur ; elles portent d'autre part, sur les capacités de celui-ci, son état physique et ses comportements contrôlant les trajectoires de son véhicule pour éviter les accidents (Giscard, 1967). En fait, l'accent est mis sur les tâches du conducteur dont l'accomplissement est nécessaire pour assurer la direction, le déplacement et la manœuvre de l'automobile. Dans ces conditions, la conduite automobile est perçue stricto sensu comme étant un ensemble d'opérations ou tout mouvement (ou série de mouvements) qui déterminent l'action de diriger une automobile. De ce point de vue, savoir conduire, c'est savoir manipuler les commandes du véhicule ; c'est aussi connaître les articles du Code de la route et les significations des panneaux de signalisation ; c'est enfin, être capable d'apprécier la sûreté de la direction de la voiture et l'habileté à varier, selon les besoins, la vitesse du véhicule (Lefebvre, 1988).

La conduite consisterait donc en la maîtrise des opérations permettant de faire fonctionner l'automobile. Et les capacités mises en jeu pour réussir cette tâche sont certainement les habiletés motrices, les connaissances et les habitudes perceptives. Ces dernières sont acquises au cours de l'apprentissage et grâce à elles, ce qui est important se détache de mieux en mieux sur le fond des informations non pertinentes. A ces habitudes perceptives sont liées les habitudes motrices et proprioceptives, grâce auxquelles la manipulation des commandes est largement automatisée et les muscles du conducteur agissent sans l'intervention de la conscience. Ce sont les connaissances et les habitudes perceptivo-motrices qui permettent la détection et l'interprétation des informations émises par l'environnement (Roche, op. cite). Elles influencent la perception et l'anticipation du conducteur, mais aussi ses décisions et ses gestes. On pourrait alors conclure, sans risque de se tromper, que ces capacités sont indispensables à la conduite automobile. C'est sans doute pour cette raison que le Permis de conduire était appelé « certificat de capacité pour la conduite (des véhicules à pétrole) » quand les premières automobiles ont commencé à circuler.

Les premières études ont donc porté sur la normalisation de la conduite au sens étroit de « pilotage ». Dans ces conditions, on décrit la conduite automobile, en se plaçant du

point de vue de l'automobiliste à son volant, comme un ensemble formé d'une machine et d'un être humain. Or la chaussée est un élément essentiel de cet ensemble.

Godard (1972), pour sa part, prend un recul suffisant pour considérer l'ensemble que constituent le véhicule qui roule, le conducteur qui le pilote et l'environnement (la chaussée et ses abords, les obstacles fixes et aussi les véhicules et les piétons qui circulent à proximité). Ainsi les automobilistes, les voies et leur environnement, les êtres humains qui utilisent les voies et les véhicules, constituent-ils désormais les composantes de cette situation de circulation.

Dans cette optique, les normes vont s'étendre à des prescriptions qui sont sans rapport avec la conduite automobile. Ces prescriptions sont encore plus nombreuses et concernent les mesures d'ordre public général (immatriculation du véhicule, refus d'obtempérer ou d'entrave à la circulation par exemple) et les conditions de la circulation. Celles-ci se rapportent à la signalisation routière (signalisation horizontale et verticale) informant les conducteurs ou leur indiquant des obligations ou des interdictions. Un certain nombre de ces prescriptions visent également à améliorer la fluidité de la circulation : dépassement à droite des véhicules qui vont tourner à gauche, voies spécialisées pour certaines catégories de véhicules, vitesse minimale obligatoire ; interdiction de s'engager dans une intersection encombrée, circulation en files, etc.

Les aspects normatifs du Code de la route donnent une vue intéressante de la conduite automobile en ce sens que les règles établies permettent de réguler la circulation, d'éviter les accrochages. Toutefois, pour que ces règles soient utiles, il faudrait qu'elles soient adaptées, indexées à la situation car « la circulation repose sur la capacité de chacun de jouer le rôle des autres ou de se mettre à leur place pour voir et comprendre la même chose qu'eux, et anticiper leurs actions » (Renouard, 1996). La conduite étant une activité construite sur procédé d'interprétation de la situation, bien conduire, ce serait donc avant tout savoir interpréter chaque situation particulière et non appliquer systématiquement et sans discernement les règles du code de la route. En plus des capacités d'adaptation et d'anticipation, le conducteur doit apprendre à négocier son chemin, à tenir compte d'autrui (Keegan ; 1996). Cela montre ainsi que si les compétences techniques sont nécessaires à la conduite, elles ne sont pas suffisantes dans cette activité. En plus de ces compétences techniques, la conduite implique également des compétences sociales.

2.2. Les aspects sociologiques de la conduite automobile

La conduite peut être considérée comme une activité collective. La façon dont le conducteur s'inscrit dans le système d'interaction qui s'établit entre usagers permet d'illustrer ce point. En effet, les routes et les rues sont un espace souvent trop restreint où circulent ensemble tous les usagers des automobilistes mais aussi des conducteurs de « deux roues » et des piétons. Ceux-ci sont contraints à partager cet espace, donc à entretenir des relations sociales. Ces usagers, non seulement vivent en compagnie, mais interagissent. L'existence d'imitation dans les comportements au volant dessine plus précisément ces interactions. Explorant le lien entre conduite, perception des risques et facteurs sociaux, Le Quéau et Olm (1999) montrent que de nombreux conducteurs qui circulent ensemble s'habituent les uns aux autres, ils ajustent leurs comportement car chacun imite les autres sans le savoir pour que sa conduite soit suffisamment prévisible. Un conducteur, par exemple, qui entreprend un dépassement incite un autre conducteur qui le suit à agir de même immédiatement, quelquefois dans des conditions devenues relativement dangereuses. C'est le cas, par exemple aussi, d'un conducteur qui démarre après avoir marqué l'arrêt à un signal « STOP ». Celui-ci a tendance à prendre plus de risques s'il est précédé par un conducteur qui a démarré avant lui. Dans cette optique, Renouard (op. cite) conçoit la conduite automobile comme une interaction avec autrui. En effet, cet auteur a réalisé des entretiens avec des conducteurs condamnés pour excès de vitesse, taux d'alcoolémie supérieur au seuil réglementaire au non-respect de la signalisation (stops, feux, rouges...). Selon cette étude, tous les conducteurs, quels que soient leur âge, leur sexe, leur profession, ou la raison de leur condamnation, tiennent des propos similaires : tous considèrent la conduite comme une interaction au cours de laquelle il importe de prévoir les comportements d'autrui et d'être soi-même prévisible.

La participation à la circulation serait donc une occasion d'interaction humaine. C'est sans doute dans cette logique, que Peretti-Watel (2001) écrit : « *Indépendamment des influences extérieures auxquelles elle serait soumise, la conduite automobile est une activité qui met en présence des conducteurs entre lesquels se nouent et se dénouent sans cesse des interactions plus ou moins brèves* ». Cependant ces interactions entre conducteurs sont soumises à des règles restrictives ou permissives, et connues de tous (le code de la route). Le code de la route fournit aux conducteurs des moyens pour communiquer. Et ces communications s'établissent par des signaux d'avertissement

« officiels » et obligatoires. Les plus fréquemment utilisés sont le clignotant, les avertisseurs sonores et lumineux. Ainsi et par exemple, l'avertisseur lumineux permet d'attirer l'attention sur n'importe quel fait, et il est compris par l'autre, plus ou moins facilement, suivant les circonstances : « votre coffre est ouvert » par exemple ou : « un pneu est dégonflé », ou : « vos projecteurs sont allumés », et aussi : « il y a un contrôle de la vitesse un peu plus loin ». Ainsi s'échangent des messages qui aident chacun à prévoir ce qui est fort utile.

D'ailleurs, il est important de souligner que ces communications se font aux moyens d'indices perçus par chaque conducteur et qui renseignent, dans une certaine mesure, sur l'identité et les intentions de l'autre : un ralentissement, une accélération, la position sur la chaussée. Si ces indices et le code de la route fournissent des repères nécessaires à l'orientation mutuelle des conduites et à la communication entre les conducteurs, ils ne reposent pas toutefois sur un accord explicite entre ceux-ci mais sur l'interprétation que chacun fait du comportement d'autrui. En d'autres termes, ces signaux ne permettent pas quelquefois la communication d'informations précises et nuancées, du fait que les messages émis sont souvent ambigus et n'acquièrent une meilleure signification qu'en fonction de l'ensemble de la situation. En tout état de cause, nous pensons qu'ils constituent tout de même un moyen de dialoguer. Or c'est à travers ce dialogue que s'établissent les relations sociales qui donnent à chacun le sentiment d'avoir affaire à son semblable et de le comprendre, autrement dit de coopérer.

La coopération dans la conduite se traduit par une entraide entre les usagers de la route. Pour Barjonet (1990), cette coopération pourrait porter sur la manière de circuler : sur la route libre, occuper le milieu gauche pour permettre le passage d'une voiture allant plus vite dans le même sens, ou encore céder le passage aux véhicules venant de la droite. Au delà de ces attitudes vis à vis des autres usagers, certaines règles morales d'entraide et de courtoisie établies dans le code de la route montrent bien que la conduite automobile implique de la coopération. Par exemple, en cas d'accident, il faut s'arrêter et porter secours dans la mesure du possible aux victimes de l'accident. Par ailleurs, en cas de panne d'essence, le chauffeur qui en sera requis doit à son camarade la quantité d'essence qu'il aura disponible en excédent. Enfin, pour éviter l'accrochage chacun doit anticiper le comportement d'autrui et veiller lui-même à rester prévisible pour les autres : « *Dans la circulation, l'autre existe bien, en tant qu'agent intelligent auquel on prête des intentions,*

dont on estime la probabilité de tel ou tel comportement et avec qui on communique à l'aide de codes informels mais très précis dans leur contexte » (Malaterre, 2000, p. 77).

En résumé, la conduite automobile relève de l'activité collective, parce qu'elle implique communication, coopération ou confrontation pour ce qui concerne les interrelations en circulation. Dès lors, la conduite apparaît bien ici comme une « activité sociale » par excellence en ce sens que ces attitudes sociales, ou du moins cette collaboration intelligente en ce qui concerne la manière de circuler, n'est pas sans rappeler la vie en société.

Au final, après avoir été considérée sous un aspect technique et réglementaire, la conduite automobile se voit désormais reconnaître en tant qu'activité humaine et sociale, avec les représentations (mentales et sociales), les valeurs et les significations que cela sous-entend. Weber (1971), montrant que l'activité sociale est un objet privilégié pour la sociologie, conçoit l'activité comme un comportement humain ayant un sens significatif pour son auteur. Il ajoute que, pour que cette activité soit sociale, il faut qu'elle s'oriente en fonction d'autrui. Cette approche définitionnelle postule donc que l'individu met en œuvre une rationalité cognitive, qu'il oriente ses actes en s'appuyant sur de « bonnes raisons ». Or « il n'est pas toujours possible de découvrir la rationalité d'une activité » (Weber, op. cite, P 38). Ainsi cet auteur pense que pour expliquer et comprendre une activité sociale, il ne suffit pas de se référer au cadre d'analyse sociologique. Mieux vaut envisager des explications irrationnelles, rôle qui revient à la psychologie. Dans ce contexte, le terme de conduite devrait s'entendre avec une acception plus large.

2.3. Les dimensions psychologiques de la conduite automobile

Les études en psychologie ont permis de porter un autre regard, de considérer la conduite automobile de façon plus intrinsèque et de concevoir l'homme comme l'élément central et déterminant du processus de régulation et de commande du véhicule, mais un homme avec ses ressources, ses buts, ses motivations, auteur de son acte et acteur du système.

2.3.1. Les influences liées à la personnalité et au comportement

a. Les traits de personnalité

Des recherches ont été faites pour essayer, d'une part, de mettre en évidence une liaison entre diverses caractéristiques individuelles et la sécurité de la conduite et, d'autre part, pour « mesurer » ces caractéristiques et faire aussi un pronostic de la fréquence des accidents que risquait de provoquer telle ou telle personne. Ainsi les conducteurs ont-ils été répartis en catégories selon de nombreuses caractéristiques : l'âge, la profession, les revenus, l'état de santé; mais aussi selon des traits de caractère (timoré, distrait, discipliné, impatient, insouciant, etc.). D'autres traits comme l'extraversion, le neuroticisme et le psychoticisme ont été mis en relation avec les accidents de la route. A partir de données issues de trente-quatre nations, Lajunen (2001) montre une relation positive entre l'extraversion et le nombre de victimes de la route. Par ailleurs, pour King et Parker (2008), les personnes qui ont une personnalité anti-sociale agissent souvent de manière agressive et irresponsable). Ullberg (2002) trouve, pour sa part, que les traits les plus caractéristiques de la personnalité antisociale, liés à l'implication dans des accidents, sont la déviance sociale, l'hostilité, l'impulsivité, l'émotivité et l'agressivité.

Au total, les études ayant mis en évidence les traits de personnalité dans la conduite automobile ont permis d'identifier les conducteurs les plus enclins à être impliqués dans les accidents. L'intérêt de ces études est d'avoir montré que chacune de ces caractéristiques influence plus ou moins les comportements au volant. Toutefois, il est capital de noter que ces caractéristiques ne fournissent certainement pas l'explication d'une proportion importante des accidents. D'autre part, elles sont difficiles à détecter et ne permettent pas de faire des pronostics qui justifieraient une sélection. Ce sont des cas extrêmes qui confirment la liaison entre la qualité de la conduite et les traits généraux de la personnalité.

b. Les comportements agressifs

En s'appuyant sur les traits généraux de la personnalité, des études ont été menées sur les comportements agressifs : gestes hostiles, conduites illégales et lentes, discourtoisie, circulation entravée, etc. (Parker et al, 1995). Ces comportements agressifs étant définis

comme des comportements intentionnels alimentés par de la colère ou de la frustration et mettant en danger les autres usagers de la route, que ce soit psychologiquement et /ou physiquement. Dans le cadre de ces études, Delhomme et Villieux (2005) ont testé auprès de 284 jeunes automobilistes, les liens entre colère éprouvée au volant en tant que trait de personnalité, et les infractions de conduite, à l'aide d'une échelle de colère au volant : la DAS (Driving Anger Scale). Ces auteurs estiment que les meilleurs prédicteurs des infractions sont des facteurs de colère, en particulier la colère éprouvée lorsque le conducteur est gêné dans sa progression par la lenteur d'un autre usager. Par ailleurs dans un article récent, les mêmes auteurs (Delhomme et Villieux, 2008) trouvent que courtoisie et antécédents d'accident sont positivement liés. En d'autres termes, pour ceux-ci, tout se passe comme si la colère engendrée par une gêne dans la progression de l'automobiliste l'amenait à commettre une infraction pour poursuivre son trajet. Cette manière d'expliquer la relation colère et infraction renvoie à l'hypothèse de frustration-agression (Dollard et al, 1939, cités par Lajunen et Parker, 2001), selon laquelle un blocage, une contrariété dans la continuité d'un comportement dirigé vers un objectif engendre toujours une forme d'agressivité. Cependant, une telle explication n'est recevable que lorsqu'un individu est clairement identifié comme étant à l'origine de la colère éprouvée et non lorsque l'origine de la colère est attribuable à d'autres causes. Ainsi, dans les situations où la gêne dans la progression est occasionnée par des embouteillages, Underwood et coll. (1999, cités par Delhomme et Villieux, 2005) ne trouvent aucune relation entre congestion du trafic et niveau de colère éprouvé.

Le tempérament pourrait donc jouer un rôle fondamental dans la conduite automobile. Selon Cloninger (1987), cette nature émotionnelle de l'individu pourrait être décrite par trois dimensions indépendantes : l'évitement du danger, la dépendance à la récompense et la recherche de nouveauté. La dernière dimension, selon cet auteur, se caractérise par une excitation intense provenant de la recherche continue de stimulations ; de ce fait, elle prédisposerait à la prise de risque. Les travaux de Sümer et coll. (2003) qui étudient, notamment le lien entre la personnalité et les prédicteurs du comportement dans les accidents de la route permettent d'illustrer ce point. En effet, ces travaux montrent que la recherche de sensation a un impact sur les accidents de la route, via leurs effets sur les comportements.

En s'inscrivant dans une perspective biopsychosociale, Iversen et coll. (2002) élargissent le champ de la recherche en associant cette dimension psychobiologique à

d'autres tendances, à savoir la conduite dangereuse, le non respect de la norme, le « locus of control » et l'agressivité dans la conduite. Les résultats de ces travaux indiquent que les conducteurs ayant un score en recherche de sensations, en absence de respect de la norme et en agressivité, font preuve d'une prise de risque plus fréquente, comparés à ceux dont le score à ces variables est bas. Parallèlement à l'influence des comportements agressifs, d'autres travaux ont porté sur les comportements à risque.

c. Les comportements à risque

Dans les travaux qui ont porté sur les comportements à risque, il s'est agi, d'expliquer les accidents par une prise de risque ; la conduite à risque au volant étant définie comme des actes délibérés réalisés en relation avec ce que procure le danger et impliquant pour un sujet la mise en jeu de sa propre vie (Adès et Lejoyeux, 2004 ; Hartzler et Fromme, 2003). Pour ces auteurs, il est nécessaire de prendre en compte le jeu délibéré avec la mort ou avec le danger au volant, dans l'explication des accidents de la circulation ; jeu consistant en effet, à se livrer à des « cascades », à jouer avec la possibilité d'un accident mortel ou à griller le feu rouge ou encore à conduire à contresens sur l'autoroute.

A côté de ces comportements dangereux, certaines pratiques susceptibles d'altérer la capacité de conduire ont été également soulignées. Ce sont entre autres l'usage du téléphone portable au volant (Caird et coll., 2004 ; Horrey et Wickens, 2004 ; McCartt et coll., 2005), la consommation d'alcool (Hingson et Winter, 2003), la consommation de médicaments vendus sur ordonnance (Brown, 1994 ; Maes et coll., 1999 ; Menzin et coll., 2001) et de drogues (Robbe, 1998).

d. L'usage du téléphone au volant

D'après les études sur simulateurs et sur la route, notamment celles de McKnight et McKnight (1993) et de Alm et Nilson (1994), l'usage du cellulaire constitue un comportement incompatible avec la conduite automobile. En fait selon ces études, la conversation téléphonique diminue l'attention des conducteurs ; puisque lorsque « nous utilisons notre cellulaire au volant, nous et notre interlocuteur pénétrons littéralement dans

un univers virtuel ». Et durant la conversation, « nous réagissons à ce qui se passe dans cet univers plutôt que de nous préoccuper de ce qui se passe véritablement autour de nous, pendant que nous conduisons ». En d'autres termes, l'utilisation du cellulaire serait une source de distraction de nature cognitive. Dans le même sens, les études menées par Consiglio et coll., (2003), Atchley et Dressel (2004), ont établi qu'au téléphone, les conducteurs ont une conduite très inégale; en ce sens pour ces auteurs, près de la moitié des conducteurs décrochent dans les deux secondes, c'est-à-dire dans l'urgence, donnant ainsi la priorité à cette tâche. Ils doivent alors, le cas échéant, lâcher le volant d'une main pour appuyer sur la touche « répondre », et saisir le combiné. Lors de cette conversation, l'attention portée à la conduite diminue ; le regard se focalise sur le devant de la route ; les temps de réaction augmentent ; les conducteurs regardent moins souvent dans les rétroviseurs et sur les côtés ; ils font moins attention à la signalisation routière. Le cellulaire est ainsi perçu comme une source de distraction, car le conducteur doit le manipuler au détriment du volant par exemple, et se concentrer sur une conversation au lieu de porter toute son attention à l'environnement routier.

L'effet distrayant de la conversation et du maniement du cellulaire pourrait donc empêcher le conducteur de conduire en toute sécurité. Pour McKnight et McKnight (1993), cet effet distrayant pourrait être amplifié par le type de conversation. Par exemple, les conversations émotives et qui requièrent un fort niveau de concentration produiraient encore plus de distraction, car elles demandent une dissociation encore plus importante de la tâche de conduite. Plus la conversation est intense, plus le conducteur risque de commettre une faute. Cela s'explique, selon ces auteurs, par le fait que, normalement pendant la conduite, le regard balaie sans arrêt la route afin d'en retirer l'information nécessaire à la conduite. Or au cellulaire ce mouvement est beaucoup moins prononcé (effet tunnel). D'abord, on consulte de moins en moins ses instruments, ses miroirs et son rétroviseur. Puis on porte moins attention aux autres voitures. Finalement, le champ de vision se réduit à une zone étroite au centre du pare-brise, avec tous les risques que cela comporte.

De ce qui précède, l'utilisation du cellulaire amènerait le conducteur à porter son attention principalement sur la conversation au détriment de l'environnement routier. Plus le niveau de distraction est élevé, moins le conducteur sera perceptif aux stimuli internes et externes. Cependant, le cellulaire n'est pas la seule source de distraction à la conduite ; les préoccupations liées aux distractions au volant existeraient bien avant l'avènement du cellulaire. D'ailleurs, il existe d'autres sources de distraction, notamment le fait de manger

ou de fumer au volant, de discuter avec les passagers ou de changer de cassette ou un disque compact, qui pourraient augmenter notablement le risque de par la concentration mentale que ces actes nécessitent ; même s'ils sont moins importants que l'utilisation du cellulaire (Strayer et Johnson, 2001).

Vu que le cellulaire est une source de distractions cognitives, biomécaniques, visuelles susceptibles d'affecter négativement la conduite, on pourrait se demander si cette altération négative de la performance se traduit par une augmentation du risque de collisions. Dans cette perspective, des études épidémiologiques ont été menées. En fait, on se fonde sur des rapports d'accidents (Stevens et Minton, 2001), des échantillons d'utilisateurs de cellulaire qui ont été impliqués dans une collision (McEvoy et coll., 2005 ; Redelmeir et Tibshirani, 1997), et des enquêtes de terrain (000) pour déterminer le risque relatif associé à l'utilisation du cellulaire. La plupart de ces études épidémiologiques arrivent à la même conclusion : les conducteurs utilisant un téléphone cellulaire au volant, autant hommes et femmes, ont plus d'accidents (38%) que ceux qui ne téléphonent jamais en conduisant. Les études révèlent également un lien entre le nombre d'appels et le risque de collisions : plus vous passez d'appels, plus votre risque de collision est élevé. Il existerait donc un lien entre le fait de téléphoner en conduisant et l'accroissement du risque d'accidents. Toutefois, il est difficile de mesurer avec précision l'ampleur réelle du phénomène : les estimations varient selon les sources de données (rapport de police, dossiers du conducteur, compagnie d'assurance...).

En somme, bien que le téléphone portable ait un intérêt certain, y compris sur la route où il peut rendre de grands services (pour prévenir les accidents, téléphoner à un dépanneur, etc.), l'utilisation de cet appareil constitue un réel danger au volant. Il influence les tâches requises à la conduite et présente un important facteur de risque pour la santé et la sécurité des usagers. Ces risques associés aux cellulaires sont comparables à ceux générés par l'alcool. En effet, des recherches effectuées sur simulateurs par l'Institut National de Recherches sur les Transports et leurs Sécurité (INRETS, 1992), concernant les réflexes d'une vingtaine de conducteurs dans différentes situations montrent qu'à jeun, il a fallu en moyenne 31 mètres aux conducteurs pour arrêter leur véhicule (à un test de freinage à 70 km/h) ; avec un taux d'alcoolémie de 0.08, soit la limite légale permise : 35 mètres ; avec un téléphone main-libre : 39 mètres ; et avec un téléphone portable : 45 mètres. Ainsi, un conducteur au cellulaire est aussi dangereux qu'un conducteur ivre au volant.

e. La consommation d'alcool

L'alcool, ce produit de la distillation du vin et d'autres liquides fermentés, du fait de sa composition chimique constitue une substance psycho-active. En effet, lorsqu'on a consommé une boisson alcoolisée (vin, bière, apéritif...), l'alcool passe dans le sang et agit sur le cerveau. C'est un déprimeur du système nerveux central (Wells-Parker et Williams, 2002) : il déprime les fonctions psychiques d'un individu en diminuant le niveau d'éveil et l'activité générale du cerveau.

Les effets déprimeurs de la consommation d'alcool ont été mis en évidence par Wilkinson et Colquhoun (1968, cité par Leconte, 1988) sur la performance, dans une tâche sensorimotrice. Ces auteurs montrent que, lorsque les sujets sont privés de sommeil, l'alcool a un effet activateur à faible dose et déprimeur à dose élevée ; ce qui s'accompagne parallèlement d'une amélioration ou d'une perturbation de la performance.

Ces effets perturbateurs ont été abondamment étudiés en conduite automobile. Certaines études ont porté sur le niveau de concentration d'alcool dans le sang (alcoolémie) et les accidents de la route. Selon les études de laboratoire, les effets de l'alcool apparaissent sur le conducteur dès 0.3 gramme (g) par litre de sang (Arcand, Godbout, Lessart, 1997). Ces perturbations se généralisent à partir de 0.5 gramme par litre (0.5 g/l), entraînant des risques d'accident. Selon Hingson et Winter (2003), lorsque ce niveau (0,5g/) dans le sang est atteint, le risque d'accident double. Ainsi, sur le plan comportemental, le conducteur prend des risques qu'il n'aurait pas pris en temps normal ; sa personnalité devient loquace, expansive et pétulante. En outre, son attention, sa mémoire, ses capacités de compréhension et de jugement diminuent progressivement. Sa psychomotricité est également atteinte : perturbation de la coordination des mouvements et allongement des temps de réaction. En ce qui concerne sa perception, il subit de légères perturbations de la vision : l'estimation des distances est faussée et la vision est moins nette sur les côtés ; le conducteur a du mal à distinguer les panneaux ainsi que les usagers qui s'apprêtent à traverser ou qui arrivent des rues perpendiculaires. D'autres études indiquent également que la relation est exponentielle entre le niveau de concentration d'alcool dans le sang et le risque d'accident de la route, et que c'est entre 0.8 g et 1g/l de sang que la courbe s'infléchit (Vingilis, 1995 ; Simpson, 1995 ; Chabrol, 2000).

En résumé, l'alcool étant un psychotrope qui agit sur le système nerveux, il provoque des effets proportionnels au taux d'alcool dans le sang. Cependant, il est important de rappeler que les mesures susmentionnées demeurent approximatives, chaque individu réagissant différemment selon son poids (un poids léger aura plus d'alcoolémie qu'un poids plus lourd), sa masse musculaire, sa grandeur (sa taille), son niveau de fatigue et de stress ainsi que son état physique et psychologique. Par ailleurs, le sexe (une femme aura un taux d'alcoolémie plus important), les caractéristiques individuelles, l'âge, la quantité d'alcool consommée et la vitesse avec laquelle celui-ci est consommé sont également des facteurs qui peuvent influencer sur ces taux d'alcoolémie (McCatt et coll., 1996). Enfin, quand la consommation s'effectue avec, avant ou après d'autres substances (médicaments, drogues...), cette notion de seuil n'a plus cours.

Pour donner plus de validité à ces études en laboratoire, des recherches ont été réalisées en situation de conduite réelle. Celles-ci ont établi un lien entre déviation lors de la conduite et alcoolémie. Menzin et coll. (2001) ont établi que 0.5 gramme d'alcool dans le sang entraîne une augmentation de 2.5 centimètres (cm) de l'écart type de la position moyenne du véhicule sur la route par rapport à une condition de contrôle chez un sujet sobre ; un gramme d'alcool dans le sang entraîne une augmentation de 5.5 cm de cet écart type. Ces auteurs ont ensuite rapporté ces déviations au risque accidentogène : une augmentation de 2.5 cm aboutit à un risque relatif de 3 de survenue d'accident.

L'ensemble de ces données semblent confirmer les études en laboratoire : les effets physiologiques consécutifs à l'absorption d'alcool entraînent des conséquences sur la conduite automobile en modifiant les perceptions, en diminuant la concentration, en ralentissant les mouvements et le temps de réaction, en amenant le conducteur enfin, à sous-évaluer les risques. Ces conséquences ont été également décrites pour les drogues et les médicaments.

f. La consommation de drogues et de médicaments

Selon le Grand Dictionnaire de Psychologie, les drogues se définissent comme « toute substance pharmacologiquement active sur l'organisme » (en ce sens, les médicaments, pris à dose excessive, sont des drogues).

Le rôle de ces substances psychotropes dans la diminution des performances requises pour la conduite automobile a fait et continue de faire l'objet d'études scientifiques. La problématique est abordée selon différents aspects, parmi lesquels figurent les aspects épidémiologiques, analytiques et pharmaco-toxicologiques.

Les études épidémiologiques visent à connaître la prévalence des stupéfiants parmi les conducteurs suspectés de conduire sous l'influence de drogue et /ou de médicaments. Ainsi, le cannabis semble être actuellement le produit stupéfiant le plus fréquemment observé parmi les conducteurs accidentés ou conduisant de manière erratique. Parmi les différents médicaments incriminés dans la survenue d'accidents, les approches épidémiologiques apportent un faisceau d'arguments concordants pour une responsabilité particulière des benzodiazépines. En ce sens, les travaux d'Arditi et coll. (1993) établissent une liaison entre la prise de benzodiazépine et la responsabilité dans un accident. Ces molécules sont des psycholeptiques facilitant le sommeil et diminuant l'anxiété. De ce point de vue, elles sont reconnues comme entraînant une détérioration de diverses fonctions mentales et motrices, notamment lors d'activités de longue durée et monotones. Leur action dépressive sur la vigilance est plus ou moins nette (Kozena et coll., 1995.). Les hypnotiques peuvent en effet continuer à agir le lendemain d'une prise unique vespérale et provoquer des effets observables (dits effets résiduels). Chez les sujets sains, ces effets résiduels se manifestent par une fatigue accrue, une latence d'endormissement plus courte, une réduction des performances psychomotrices et une diminution de l'activité motrice spontanée (Mattmann et coll., 1982). Les médicaments hypnotiques sont donc susceptibles d'entraîner des effets résiduels se traduisant par un comportement inadapté à une conduite sûre.

Les analyses toxicologiques consistent à effectuer dans un échantillon d'urine une recherche de substances psychoactives figurant sur une liste (amphétamine, barbituriques, benzodiazépines, cocaïne, cannabis, méthadone, méthaqualone, opiacés, diphenhydramine, et zolpidem) ainsi que des analyses quantitatives sur des échantillons de sang. Ainsi, l'analyse de l'urine donne des indications concernant les capacités à conduire d'un individu. L'analyse de la salive ou de la sueur est aussi utilisée pour la détection au bord de la route.

Ces études ont permis d'avoir une estimation des accidents sous l'influence de ces psychotropes. Les données disponibles au niveau européen montrent que 10% environ des accidents se produisent sous l'influence d'un médicament psychotrope (De Degier, 1995 ;

Sherwood, 1998). Cette proportion n'est pas négligeable quand on sait que ces substances modifient l'état de la conscience. En effet, ces psychotropes agissent au niveau du système nerveux central et en altèrent les fonctions. Cette altération a pour conséquence des modifications comportementales qui peuvent se traduire par une somnolence, des vertiges, des pertes de connaissance, des étourdissements, des troubles visuels, des hallucinations, des troubles auditifs, des sensations d'ébriété, les modifications du comportement, etc. Ces modifications pourraient augmenter les risques encourus lors de la conduite (Assally et Biecheler, 2002 ; Maes et coll., 1999 ; Riedel et coll., 1998).

S'il est vrai que ces comportements agressifs et à risque prédisposent à des accidents mortels ou des blessures graves, toutefois il n'est pas certain qu'ils soient des facteurs suffisants pour expliquer ces accidents ; vu que ceux-ci ont des causes multiples, dont certains sont directement dus aux capacités cognitives des conducteurs.

2.3.2. Les influences cognitives

Comme nous venons de le voir, les comportements des conducteurs au volant ne seraient pas compréhensibles indépendamment de leur personnalité. Ainsi l'être humain, quand il est au volant, engage dans son activité bien plus que des automatismes et des habitudes. En effet, le conducteur reçoit des informations (ensembles significatifs) qu'il interprète et auxquels il réagit globalement. Toutefois, n'oublions pas que ces informations ne sont pas les seuls facteurs déterminant les gestes du conducteur. Ce que fait celui-ci est largement déterminé par ce qu'il veut, plus ou moins consciemment, et par des conflits entre des intentions contradictoires. En d'autres termes, le conducteur est au volant avec ses propres motivations, ses désirs, et ses craintes. Au volant, il est relativement libre de choisir tel ou tel comportement ; si celui qui est un peu moins sûr présente par ailleurs des avantages que n'a pas celui qui est un peu plus sûr, le choix peut bien aller vers le moins sûr. Arriver en retard est quelquefois une crainte tout à fait normale, mais entraîne le conducteur pressé à prendre des risques ; elle élargit les limites du danger tolérable. Il arrive aussi qu'on veuille se montrer à soi-même qu'on est capable d'obtenir telle moyenne sur tel parcours. Une grande confiance dans une voiture qu'on a payée cher incite à aller jusqu'au bout des possibilités du véhicule. En clair, retenons que les décisions du

conducteur dépendent de motivations, elles-mêmes liées largement à la hâte d'arriver, au goût de la vitesse, à l'attitude à l'égard de l'automobile, etc.

Les décisions du conducteur dépendent aussi d'autres facteurs qui influencent ses capacités perceptives et motrices ainsi que ses motivations. Ce sont ses attitudes concernant la situation présente ou, plus généralement, le véhicule, la circulation et le risque d'accident (Assailly, 1997). En effet, la présence de passagers peut inciter à refuser les risques ou, au contraire, à en prendre de plus grands. On a remarqué aussi que le but du voyage modifie le comportement du conducteur : celui qui va plus loin a tendance à rouler plus vite. Enfin, on se comporte pendant un trajet habituel autrement que sur une route inconnue.

En définitive, la conduite est la mise en œuvre des connaissances, des habitudes perceptives, motrices et proprioceptives. Ces dimensions techniques, acquises au cours de l'apprentissage, sont indispensables à la conduite en ce sens que grâce à elles, ce qui est important se détache de mieux en mieux sur le fond des informations non pertinentes. Grâce à ces dimensions aussi, la manipulation des commandes est largement automatisée et les muscles du conducteur agissent sans l'intervention de la conscience. En outre, d'autres aspects sociologiques et psychologiques « fonctionnent » d'une façon moins évidente pendant la conduite : les capacités à communiquer, à coopérer et à faire preuve de maîtrise de soi. Toutes les études -ou du moins la plupart des études- signalent que la majorité des accidents sont dus à une défaillance humaine et que les dimensions psychologiques jouent un rôle important dans l'activité de conduite automobile. Pour Giscard (1967) même, « *les comportements des conducteurs au volant, à chaque instant de la situation de conduite, doivent de manière évidente être pris en considération en tout premier lieu, puisque eux seuls se manifestent directement dans l'activité de conduite : ce sont les manières d'agir et de conduire sur la route ou par rapport à la route* (Giscard, op. Cite, p 5). D'où la nécessité de faire une analyse des diverses manifestations de l'activité de conduite, telles qu'elles sont distinguées par la psychologie, et qui peuvent constituer comme autant de points de vue différents dans l'étude de cette activité.

Chapitre 2

CONDUITE AUTOMOBILE ET PROCESSUS PSYCHOLOGIQUES

Conduire implique simultanément la réalisation de plusieurs tâches : le conducteur doit manipuler les instruments de bord du véhicule, tels que le volant, les pédales de frein et d'accélération, le levier de vitesse ; il doit également contrôler la position latérale et longitudinale de son véhicule tout en consultant ses instruments de bord, et analyser l'environnement routier. En ce sens, la conduite impliquerait, en plus des processus cognitifs, des fonctions motrices et sensorielles.

1. Fonctions sensorimotrices et conduite automobile

1.1. Fonctions motrices et activité de conduite

La conduite automobile est une tâche complexe qui implique une composante musculaire (au niveau des membres supérieurs, inférieurs et de la tête). La puissance musculaire disponible dans les membres inférieurs permet de gérer l'accélération, le freinage et le changement de vitesse; celle disponible dans les membres supérieurs favorise la gestion du volant, les changements de direction et de vitesse du véhicule. Les mouvements de la tête, essentiellement latéraux, sont effectués, par exemple, lors de la gestion d'une intersection, d'un changement de file, d'une manœuvre de parking, etc.

Les gestes de conduite sont donc rendus possibles grâce au système moteur. Les études en épidémiologie, qui analysent notamment les procès-verbaux de conducteurs victimes d'accidents de circulation, permettent d'illustrer ce point. En effet, on pense que les troubles organiques (moteurs) sont susceptibles d'entretenir une corrélation avec les accidents et / ou les infractions (Metcher et coll., 1995). Par exemple, certains troubles rhumatismaux débilissants pourraient restreindre l'amplitude des mouvements des conducteurs, restreignant par le fait même le champ de vision, et rendant ainsi difficiles la vérification des angles morts et le braquage.

Nous constatons que la présence de déficiences ou de déficits moteurs susceptibles de diminuer l'habileté du conducteur pourrait être associée à un risque accru pour ce qui est de la conduite dangereuse, des infractions au règlement de la circulation et des collisions. Cependant, la simple présence de l'un de ces faits ne permet pas automatiquement de conclure qu'un conducteur présente un risque accru ; puisque certaines études démontrent l'existence de corrélations positives, et d'autres, de corrélations négatives, entre ces troubles et la conduite automobile (Gresset-et Meyer, 1994).

L'examen de quelques travaux épidémiologiques, qui ont été menés sur les troubles affectant la perception, semble indiquer également que ces troubles pourraient nuire à la conduite ; par exemple, quand la vision périphérique se détériore tout comme la perception du relief et l'acuité visuelle. Ce qui laisse à penser que les modalités sensorielles sont impliquées dans l'activité de conduite.

1.2. Fonctions sensorielles et activité de conduite

L'ensemble des modalités sensorielles, qu'elles soient visuelles, auditives, proprioceptives ou vestibulaires, contribue au bon fonctionnement de l'activité de conduite. Parmi toutes ces fonctions sensorielles, la conduite automobile serait principalement alimentée par la vision. Rockwell (1972) soutient que 80 à 90% de l'information utilisée pour la conduite provient de la vision. Autrement dit, nos deux yeux nous apportent 90% des informations nécessaires à la conduite automobile. En effet, la vision permet de consulter les instruments de bord et de repérer les stimuli internes et externes au véhicule. Tout au long de son trajet, le conducteur doit sélectionner l'information utile à l'intérieur d'un environnement routier riche en stimuli. A titre d'exemple, la signalisation routière permet à l'automobiliste d'adapter sa vitesse en fonction des limites en vigueur ou de se préparer à négocier une courbe prononcée.

Conduire un véhicule impose donc une bonne visibilité. D'ailleurs, cela se traduit par les éléments prévus dans le véhicule à cet effet pour mieux voir et être vu. Ces éléments sont les glaces et les feux. Les glaces se composent de l'essuie-glace et du lave-glace qui permettent de maintenir le pare-brise propre ; le pare-soleil évite l'éblouissement face au soleil ; les rétroviseurs (externe et interne) permettent de voir derrière soi sans

avoir à se retourner. Les feux, plus nombreux, sont : les feux de route émettant vers l'avant une lumière jaune éclairant efficacement la route à 100 m; les feux de croisement qui émettent vers l'avant une lumière jaune éclairant efficacement la route à 30 m, et les feux facultatifs, notamment les phares longue-portée, les feux avant de brouillard, et les feux de marche arrière. Ces éléments permettent de mieux voir de tous les côtés. D'autres permettent d'être vu par les usagers venant d'en face (les feux de position dont la lumière blanche ou jaune est visible à 150 m.) et de l'arrière (les feux rouges, le dispositif d'éclairage de la plaque d'immatriculation, les dispositifs réfléchissants, les feux arrière de brouillard et les feux de stationnement).

Ainsi dans une situation de conduite, la vision est extrêmement sollicitée non seulement pour voir, au sens de vue, mais aussi pour interpréter le contenu de l'information. L'acuité et le champ visuel sont les deux composants indissociables de la vision du conducteur (Burg, 1967). L'acuité visuelle correspond au degré d'aptitude de l'œil à discriminer les détails spatiaux. Elle est aussi définie comme étant l'expression du pouvoir de résolution de l'œil. L'acuité visuelle est primordiale dans la conduite (Langlois, 1989). En effet, il faut voir loin et nettement, surtout au crépuscule et la nuit. Avec la nuit, on évalue moins bien les distances (Johnson et Casson, 1995). Au lieu des cônes, ce sont les bâtonnets de la vision sans couleurs qui deviennent actifs sur la rétine de l'œil (Livingstone, 1990). Ainsi, la nuit, les couleurs, qui sont des aides importantes pour la perception, disparaissent progressivement. Au crépuscule, les deux types de cellules participent à la perception. Notre système visuel se règle ainsi avec précision sur la vision nocturne au moment où la nuit commence à tomber. L'acuité visuelle permet également d'évaluer la distance inter-véhiculaire et d'adapter la conduite en conséquence (Johnston, et coll., 1976).

Si l'acuité visuelle permet de détecter des stimuli visuels et de reconnaître des objets en mouvement, le champ visuel, lui, renvoie à la perception latérale pendant la conduite. C'est l'espace vu par les deux yeux immobiles. Il est reconnu satisfaisant lorsqu'il est supérieur ou égal à 120° en horizontal et 60° en vertical (Loriot, 1990 ; Monot, 1996). Au volant, c'est grâce à cette perception latérale qu'il est possible de regarder devant soi tout en surveillant ce qui se passe sur les côtés, d'où le danger vient le plus souvent. La notion de vitesse est fournie par les images qui défilent de chaque côté. L'importance du rôle joué par le champ visuel pour la tâche de conduite vient du fait que la plupart des informations visuelles nécessaires au conducteur pour avoir une bonne perception de son

environnement apparaissent tout d'abord à la périphérie (Lovsund et coll., 1991; Szlyk, et coll., 1991). Toute dégradation du champ visuel mènerait à des risques accrus d'accidents. Gabaude et Pauzie (1997) ont établi que les conducteurs adaptent leur vitesse principalement en fonction de l'information détectée dans leur champ périphérique de vision. Lorsque la vision périphérique est obstruée, le conducteur se fie uniquement à son champ de vision central et l'évaluation de sa propre vitesse devient imprécise. Par ailleurs, lorsque le champ visuel se rétrécit, la perception latérale des objets est altérée. Alors, il y a danger lors d'une intersection en agglomération. En effet, le conducteur voit moins bien sur les côtés ; son champ visuel étant latéralement rétréci, il évalue mal les distances et les vitesses.

De par la nature des informations utiles en situation de conduite, il semble évident que la conduite d'une automobile requiert la nécessité d'une bonne efficacité visuelle. D'ailleurs, les analyses statistiques des accidents portant sur le lien qui peut exister entre une déficience visuelle et un défaut de performance de conduite évaluent à 20% le nombre d'accidents de la circulation dont les causes relèvent de la vision (Burg, 1971; Evans, 2004).

Après la vue, l'ouïe est le sens le plus sollicité par la conduite automobile. Cette modalité sensorielle permet au conducteur d'adapter sa conduite en fonction de sa perception (Henderson et Burg (1974). Le son d'une sirène d'ambulance alerte l'automobiliste; il devra changer de voie afin de céder le passage. De même, le signal de passage à niveau, l'avertisseur des autres conducteurs, permettent de nous situer dans le monde environnant et permettent la communication avec les autres.

Avec l'âge, la qualité de l'audition faiblit. La distinction de certains sons diminue (bruits du moteur, clignotant, informations sonores venant de l'extérieur: moteurs de voiture, de deux roues, klaxons, enfants et piétons, sifflets des agents de circulation...) et la localisation de leur origine est plus difficile. Des études, notamment celles de Henderson et Burg (1973) révèlent que les premiers signes de malentendance apparaissent chez 6% des 15-19 ans et 9% des 20-24 ans, contre 30% chez les personnes âgées de 65 ans, et 60% après quatre-vingt-cinq ans. Cette baisse de l'acuité auditive au cours du vieillissement pourrait présenter un handicap pour la conduite chez les personnes âgées. L'audition est donc très importante pour la conduite automobile.

Au rôle de l'audition et de la vision, il faut ajouter le rôle du système vestibulaire et de la proprioception. Les fonctions vestibulaires otolithiques permettent l'estimation du mouvement. Pendant la conduite, le dysfonctionnement de cet appareil ne permet plus d'apprécier correctement la trajectoire au moment de doubler un autre véhicule, de se rabattre ou de prendre une bretelle d'autoroute et des virages. Ces phénomènes sont accrus lorsque l'on roule vite sur autoroute ou dans un environnement dégagé. Dans ces conditions, les éléments visuels qui permettent d'estimer la géométrie du lieu deviennent moins pertinents. Le système otolithique devient la source essentielle pour estimer la trajectoire et tous les déplacements du véhicule.

Bien que la relation des fonctions motrices et sensorielles avec les risques d'accidents ne soit pas bien établie, le rôle de ces fonctions paraît essentiel et indispensable à une bonne conduite. Les informations qui permettent au conducteur d'avoir une conduite rapide et sûre sont apportées par la vue, l'ouïe et le système sensitifs. Une fois ces informations enregistrées, les fonctions motrices, regroupant les articulations et le système musculaire, permettent au conducteur d'agir, dans un délai souvent assez limité, par des gestes coordonnés entre eux, dans le cadre de comportements très automatisés ou à la suite de stratégies élaborées consciemment. La coordination est assurée par les fonctions cognitives.

2. Processus psychologiques et conduite automobile

Les processus cognitifs jouent, avec les modalités sensorielles et motrices, un rôle majeur dans la conduite automobile (Groeger, 2002). Selon cet auteur, chaque système sensoriel traite dans un premier temps l'information de manière unitaire, soit par des cortex primaires, soit par des noyaux plus profonds. Une comparaison et une pondération entre les différents systèmes sensoriels doit ensuite être réalisée pour parvenir à la perception du monde extérieur, notamment dans le cas de la conduite automobile. La comparaison et la pondération entre informations sensorielles aboutissent à la production d'un état d'orientation spatiale en fonction du temps. A partir de l'intégration des informations d'orientation spatiale, il y a création d'un état de situation géographique. Cela permet une anticipation de situation. Ainsi, les fonctions cognitives sont fondamentales dans la

conduite automobile, surtout au niveau de la mémoire, du traitement de l'information et de l'attention.

2.1. Intelligence et activité de conduite

Pendant la conduite, le conducteur est constamment engagé dans des activités de recherche d'informations, d'identification des informations recueillies, d'anticipation de perturbations éventuelles, de prise de décision et d'exécution d'actions. Pour Neboit (1983, cité par Marin-Lamellet, 1993), la gestion de la tâche de conduite mobilise une certaine quantité des ressources perceptivo-cognitives du conducteur. Les informations recueillies par les yeux sont transmises au cerveau. Le cerveau analyse ces informations et prend une décision en fonction des connaissances qui y sont enregistrées : signification des signaux, règles de conduite, comportements appris, etc. Les informations perçues par les yeux, analysées et traitées par le cerveau, sont traduites en gestes de conduite : accélérer, freiner, changer de direction ou de vitesse etc. Le modèle des différentes activités psychologiques mises en œuvre par le conducteur, présenté par Neboit (op. cite), se résume donc à trois niveaux de contrôle : prélèvement de l'information, traitement de l'information, action. Michon (1992, cité par Moll et coll. 2000), qui parle de modèles hiérarchiques de la conduite, trouve également trois niveaux de contrôle : un niveau stratégique, qui permet de planifier la conduite selon les conditions météorologiques, la densité du trafic, l'état du conducteur, etc.; un niveau tactique, qui consiste à prendre les décisions adéquates et à ajuster aux demandes de l'environnement (adaptation de la vitesse, dépassement, etc.), et un niveau opérationnel, qui renvoie à l'exécution des actions de base de la conduite, comme par exemple le maniement du volant ou des freins.

En référence à ces modèles qui tentent d'expliquer le processus mis en jeu dans la conduite, nous convenons que la conduite d'un véhicule est une tâche complexe qui requiert des facultés de choix et de raisonnement, des capacités de jugement, des opérations mentales et des ajustements contenus.

Les capacités de jugement sont très importantes dans la mesure où elles permettent des prises de décision adéquates et l'appréciation des situations. Le dépassement nécessite une prise de décision. Par exemple avant de prendre la décision de dépasser, le conducteur

doit s'assurer vers l'avant qu'aucun des usagers qui le précède n'a l'intention d'entreprendre un dépassement ; il doit surveiller, très loin vers l'arrière, à travers ses rétroviseurs, si un usager venant derrière lui n'a pas manifesté son intention d'utiliser ou n'a pas déjà commencé à utiliser la voie qu'il veut emprunter pour effectuer son dépassement. Par ailleurs, l'exécution de cette tâche implique réflexion. En effet, pour envisager un dépassement, le conducteur se doit de réfléchir car il possède plusieurs certitudes: il doit être certain qu'il n'existe aucune interdiction (signal, ligne continue, mauvaise visibilité, etc.) ; il doit être certain de pouvoir reprendre sa place dans sa voie de circulation sans gêner personne et, enfin, il doit être certain de disposer de l'espace libre et nécessaire compte tenu de la vitesse des véhicules et de ses possibilités d'accélération (Roche, 1980). De plus, L'entrée sur l'autoroute requiert, elle aussi, une promptitude dans les prises de décision. Sur la bretelle d'accès qui conduit le conducteur jusqu'à la chaussée de l'autoroute en effet, la circulation se fait à sens unique. Le conducteur doit ralentir au début de la voie et accélérer pour se loger entre les véhicules lorsqu'il juge, en regardant dans son rétroviseur extérieur, qu'il a le temps de s'intercaler entre eux, compte tenu de leur vitesse et de l'espace qui les sépare. Cette manœuvre est délicate, elle demande à la fois prudence, rapidité de décision, mais aussi un programme : clignotant gauche, avertisseur sonore ou lumineux, nouveau coup d'œil aux rétroviseurs, accélération (au besoin, rétrograder pour avoir une meilleure reprise), manœuvre du volant pour déboîter et laisser un intervalle suffisant entre le véhicule et celui qui dépasse...

La conduite nécessite une opération mentale. En effet, pendant la conduite il faut toujours laisser entre soi et le véhicule qui roule devant soi une certaine distance, appelée « distance de sécurité ». le véhicule qui précède pouvant freiner brusquement par exemple. Cette distance de sécurité correspond au moins à la distance parcourue pendant le temps de réaction (évalué en une seconde environ). On l'obtient d'une façon approximative mais rapide en multipliant par trois le nombre de la dizaine de la vitesse (Van der Hulst, Rothengatter et Meijman, 1999). Par exemple, à 60 km/h, on parcourt 3 fois 6 égal 18 m à la seconde. C'est à ce type de calcul que le conducteur est permanemment confronté pendant la conduite. Ce même type de calcul est nécessaire en ce qui concerne la distance de freinage (distance parcourue pendant le frottement à l'intérieur des freins jusqu'à ce que le véhicule soit immobilisé). Le conducteur doit pouvoir comprendre que la distance de freinage dépend du chargement, de la vitesse et de l'adhérence du véhicule : il lui faudra plus de distance de freinage pour s'arrêter si son véhicule est chargé que s'il est vide, car

ses freins devront éliminer davantage d'énergie cinétique ; s'il roule à 90 km/h, il va 3 fois plus vite qu'à 30 km/h (Berthelon, 2001). Ses freins devront éliminer 9 fois plus d'énergie cinétique pour arrêter son véhicule (30 km/h pour 5 m ; 90 km/h pour 45m).

La conduite implique une mise en relation. Par exemple, la relation entre la vitesse et la violence du choc. En effet plus une voiture roule vite, plus elle possède d'énergie cinétique, celle-ci étant l'élan que le moteur donne à la voiture (Cavallo et coll., 1997). Ainsi, plus l'on appuie sur l'accélérateur, plus le véhicule va vite, et plus celui-ci accumule d'énergie. Ainsi est-il important, pour le conducteur, de comprendre, d'une part, que l'énergie cinétique est proportionnelle au poids du véhicule (à vitesse égale, une voiture de 1000 kg possède une énergie cinétique deux fois plus grande qu'une voiture de 500kg) et, d'autre part, que l'énergie cinétique augmente avec la vitesse, mais beaucoup plus vite qu'elle ; elle est en effet proportionnelle au carré de la vitesse. Quand la vitesse est multipliée par 3, l'énergie cinétique est multipliée par 9.

Sous le sceau de ce qui précède, nous remarquons que la conduite est une tâche à forte composante mentale, du fait de l'ajustement et du traitement continus des informations en provenance tant de l'intérieur que de l'extérieur de l'organisme. La mémoire permet une intégration, une organisation chronologique et spatiale cohérente de ces informations.

2.2. Mémoire et conduite automobile

La conduite d'un véhicule sollicite divers processus mnémoniques. Selon Moll et coll. (2000), la mémoire épisodique intervient lorsqu'il est nécessaire de retenir la destination du trajet. La mémoire procédurale est très importante dans la mesure où elle permet de manier le véhicule. La mémoire sémantique, quant à elle, permet d'identifier les panneaux de signalisation. Il faudra par exemple retenir et décoder rapidement les trois catégories de signalisation, notamment les signalisations lumineuse, horizontale (lignes et flèches) et verticale (les triangles, pour annoncer un danger ; les ronds, soit pour interdire de faire quelque chose (rouge), soit pour obliger à faire quelque chose (bleu), soit pour mettre fin aux interdictions ou obligations (blanc) ; les rectangles et les carrés, pour donner des indications ou des renseignements). Par ailleurs, l'épreuve théorique (pour l'obtention

du permis de conduire), qui consiste à rappeler les signaux de signalisation, les règles de conduite et les comportements appris, implique la mémoire sémantique.

La mémoire semble également indispensable pendant la conduite, surtout quand il s'agit de décoder les indications données par les gendarmes et les policiers lorsque ceux-ci interviennent pour faciliter l'écoulement de la circulation dans les endroits où elle est particulièrement difficile ou dangereuse. Ainsi et par exemple, lorsque l'agent lève le bras en regardant dans la direction du conducteur, cela signifie que celui-ci doit s'arrêter. En revanche, avec son bras tendu, l'agent ferme la voie où le conducteur circule. Il en est de même pour les feux tricolores, feux assurant la sécurité et améliorant la fluidité de la circulation aux intersections de rues où le trafic est important. Le feu vert donne l'autorisation de passer; le feu jaune ou orange avertit que le feu va s'allumer ; le feu rouge interdit de passer.

Des considérations précédentes, il résulte que l'activité de conduite est un exercice qui nécessite un effort volontaire et méthodique d'acquisition et de fixation des informations : le maintien en mémoire des règles de circulation (stockage), l'identification (le décodage) et la mise en pratique (rappel) de celles-ci pendant la conduite. Toute chose qui caractérise la manifestation de la mémoire.

2.3. Attention et activité de conduite

La tâche de conduite demande un niveau optimum de vigilance pour garantir la sécurité routière. Selon Roche (op. cite), conduire un véhicule c'est faire à chaque instant et avec précision les gestes adaptés aux circonstances et à l'environnement. Autrement dit, les gestes exécutés ne doivent pas manquer de précision ni de nuances. En ce sens, les capacités attentionnelles sont de première importance. Toutes les formes d'attention (soutenue, sélective, divisée, etc.) semblent impliquées dans toutes les tâches qui sous-tendent la conduite automobile (Duchek et coll., 1997).

En effet, pendant la conduite, le regard du conducteur balaie sans arrêt la route afin d'en retirer l'information nécessaire à la conduite. Il faut consulter ses instruments, son rétroviseur ; puis porter attention aux autres voitures. Il est donc important, lorsqu'on est

au volant d'une voiture, de pouvoir détecter en même temps la présence, la vitesse et la direction d'un autre objet dans l'environnement. Cela nécessite une division de l'attention ou une attention partagée (Marottoti et Drikamer, 1993). De plus, les conducteurs doivent continuellement surveiller la scène visuelle et doivent être prêts à déplacer leur attention d'un événement pertinent vers un autre (Moll et coll., 2000). Finalement, la conduite implique la réalisation simultanée d'une tâche de poursuite visuelle (maintenir le véhicule sur un côté de la chaussée), d'une tâche de vigilance (observer les autres véhicules, les piétons, les panneaux de signalisation) et d'une tâche d'orientation spatiale (se diriger vers un endroit précis). La situation de conduite exige donc une division de l'attention entre ces diverses tâches.

Par ailleurs, le suivi d'un véhicule exige une concentration prolongée car le conducteur doit pouvoir arrêter à temps son véhicule, même devant un obstacle imprévu. Ainsi, un véhicule qui roule devant le sien peut constituer à tout moment cet obstacle imprévu, si ce véhicule freine brusquement par exemple. Pour ce faire le conducteur doit toujours surveiller attentivement les feux STOP du véhicule qui le précède et laisser libre une distance de sécurité suffisante.

Le démarrage et l'intersection dans la circulation demandent également des précautions particulières. Cela se traduit par le fait que, lorsque le conducteur, en quittant un lieu d'arrêt ou de stationnement, veut s'insérer dans la circulation, il doit attendre que la chaussée soit suffisamment libre pour le faire sans gêne ni danger pour les autres. Dans ces conditions, il doit surveiller toutes les directions d'où peuvent venir d'autres usagers (vers l'avant, à droite, à gauche, vers l'arrière); signaler son intention en allumant son clignotant du côté où il veut se diriger et attendre de pouvoir s'insérer dans le trafic sans obliger personne à changer d'allure ou de direction pour l'éviter.

L'exécution du dépassement nécessite, elle aussi, des précautions de la part du conducteur puisqu'elle implique plusieurs actions à la fois : coup d'œil devant lui le plus loin possible sur la route ; coup d'œil vers l'arrière, dans le rétroviseur intérieur, dans le rétroviseur latéral, éventuellement par-dessus son épaule gauche.

Pendant les intempéries (neige, brouillard, la pluie, etc.), la visibilité est réduite. En conséquence, le conducteur doit redoubler d'attention car il risque d'être surpris par un véhicule qui, devant lui, change de voie, progresse lentement ou est immobilisé par une panne ou un accident. Il risque aussi d'apercevoir trop tard un véhicule qui surgit derrière lui dans la voie où il veut s'engager pour effectuer un dépassement.

Il convient de noter que la situation de conduite avec un « système d'information embarqué » peut être considérée comme une situation d'attention partagée dans la mesure où le conducteur devra partager son attention entre deux tâches qui ne mettent pas en œuvre des sources d'information de même nature. Ce système de navigation a été testé par Marin-Lamellet (1993) pour les différentes sous-tâches suivantes : rechercher la direction à suivre, vérifier si la direction suivie est correcte, déterminer le nom de la prochaine route à suivre sur l'itinéraire, déterminer la distance jusqu'à cette prochaine route, déterminer le nom de la prochaine route croisée. Les résultats montrent que les quantités de prises d'information sont globalement plus importantes pour les sous-tâches concernant les instruments traditionnels du tableau de bord. On peut donc se demander si les systèmes de navigation et de guidage ne risquent pas de détourner l'attention du conducteur de sa tâche principale.

Il faut faire particulièrement attention à la mécanique : le conducteur doit surveiller attentivement les cadrans et les voyants de contrôle du tableau de bord ; la jauge de carburant demande notamment une attention particulière. L'entretien et le bon réglage du véhicule nécessitent de l'attention, car il faut effectuer un réglage de l'allumage environ tous les 10 000 km, vérifier périodiquement le carburateur et le filtre à air, s'assurer en permanence du bon refroidissement du moteur ; contrôler fréquemment que les pneumatiques sont correctement gonflés...

L'attention et la vigilance sont permanentes pendant l'activité de conduite: un regard et/ou une pensée attirés par un événement, un site, un objet, une personne pourrait avoir avec une répercussion sur la conduite et par conséquent être cause d'accidents. Pour ce faire, il faut regarder avec vigilance : se concentrer sur la sélection des informations les plus pertinentes à la conduite, conserver les yeux en mouvement, alternativement, sur la chaussée les bas côtés, les trottoirs, les intersections, et aussi devant et derrière.

Il convient de retenir que les fonctions cognitives permettent la coordination des gestes tout en intégrant rapidement les renseignements de notre environnement et synthétisent l'ensemble afin de prendre la décision adéquate. Parmi ces fonctions, la vigilance et le pouvoir de concentration semblent de première importance en ce sens que ceux-ci sont incontournables dans la conduite. D'ailleurs, plusieurs recherches montrent que leur altération est une cause d'accidents aussi importante que l'excès de vitesse ou l'imprégnation alcoolique. En effet, l'hypovigilance ou la somnolence altère des éléments de

la performance qui sont critiques pour la sécurité de la conduite et peut aboutir à des accidents (Hadj-Mabrouk, 1999). Pour Aldrich (1989), une diminution du niveau d'attention pourrait être associée à une augmentation du risque d'accident.

En définitive, la conduite automobile exige de bonnes habiletés motrices (force, coordination, réflexes), sensorielles (vision, audition) et cognitives (attention, jugement, analyse rapide et précise des situations). Ces fonctions ne sont pas exclusives. Toute information passe par le processus cognitif. Les stimuli visuels, biomécaniques et auditifs sont analysés par le conducteur et ce dernier réagira en conséquence. La tâche de conduite pourrait donc être considérée comme une tâche complexe à caractère dynamique. Cette complexité devient plus grande avec le vieillissement mais aussi sous l'influence des facteurs temporels, du fait de la forte contrainte temporelle à laquelle la conduite est soumise.

Chapitre 3

VARIATIONS DES PROCESSUS PSYCHOLOGIQUES ET EFFICIENCE HUMAINE

1. La chronobiologie

La chronobiologie « étudie et quantifie les mécanismes de la structure temporelle biologique ». Cette définition est reprise par Halberg (1979) pour qui l'objectif de cette discipline récente est « l'étude quantitative des biorythmes, c'est-à-dire des variations biologiques prévisibles en tant que composantes d'une structure temporelle universelle ». L'idée de base est que l'environnement interne est constamment changeant ; changement se présentant sous la forme d'une oscillation régulière appelée rythme. La chronobiologie se propose de faire une description quantitative de ces rythmes biologiques.

1.1. Les rythmes biologiques : origine et caractéristiques

1.1.1. Définition et caractéristiques des rythmes biologiques

Un rythme biologique se définit comme « une suite de variations physiologiques statistiquement significatives, déterminant en fonction du temps des oscillations de forme reproductible » (INSERM, 2001, p.1). Ce phénomène périodique peut être assimilé à une sinusoïdale caractérisée par sa *période* (intervalle de temps séparant l'apparition de deux événements identiques, inversement proportionnel à la fréquence) et son *amplitude* (écart entre le niveau moyen du rythme et les valeurs extrêmes). Le rythme biologique est aussi caractérisé par son « *mésor* » et son « *acrophase* ». Le mésor est le niveau moyen ajusté du rythme, alors que l'acrophase est le moment où la variation obtient sa valeur maximale par rapport à la phase de référence (Figure 1).

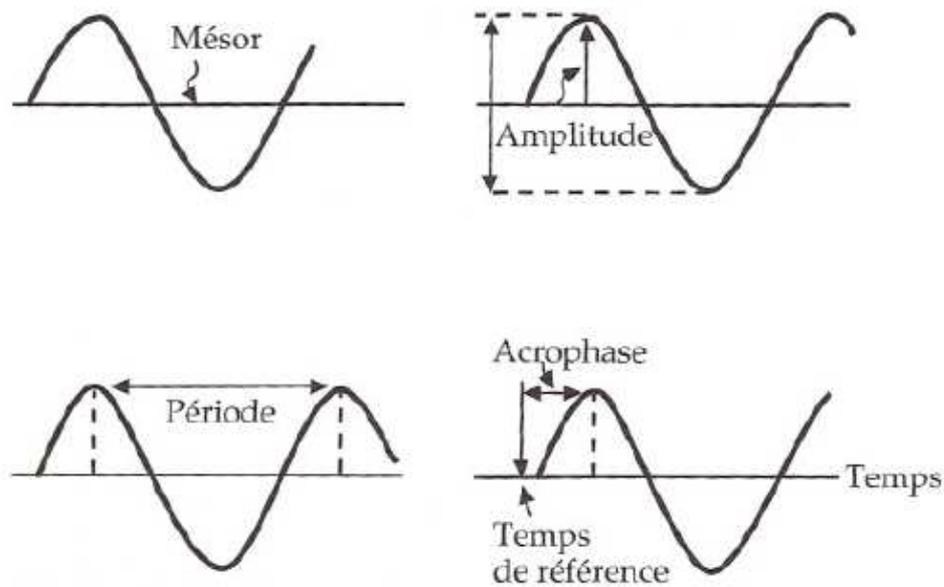


Figure 1. Paramètres caractéristiques d'une fonction rythmique (d'après Touitou et Haus, 1994)

Les premiers travaux effectués dans le domaine de la chronobiologie, notamment ceux de Halberg (1967) et ceux réalisés par Ashkenazy et al. (1993 ; 1997), Motohashi et al. (1995), ont permis de distinguer, suivant la durée de la période, des rythmes circadiens (du latin circa : environ, diem : un jour), dont la période est d'environ vingt-quatre heures tels le rythme veille-sommeil, la tension artérielle, la température corporelle, et dans de nombreuses composantes de la performance humaine (Ashkenazy et coll., 1995 ; Ashkénazy, Reinberg et Motohashi, 1997). Des rythmes de fréquence autre que circadienne ont pu être mis en évidence chez l'homme : il s'agit des rythmes ultradiens (ultra=au-delà), dont la période est comprise entre une demi-heure et vingt heures (stade du sommeil, battements cardiaques, ondes électro-encéphalographiques, rythmes respiratoires, par exemple) ; et enfin, des rythmes infradiens, dont la période est comprise entre 24 heures et un an ou plus (cycle menstruel chez la femme, hibernation, migration de certaines espèces animales...).

Par ailleurs, diverses études ont montré que l'activité rythmique biologique de l'homme a une origine à la fois endogène et exogène (Duffy et coll., 1996; Honma et coll., 1995)

1.1.2. Origine et synchronisation des rythmes biologiques

Brown (1982) a mis en évidence que certaines variations sont générées par la rythmicité de l'environnement (température, lumière, marée, ...) et par des facteurs géographiques tels que la pression atmosphérique, les radiations cosmiques, les champs magnétiques. Selon lui, seuls les organismes avec des mécanismes hautement complexes peuvent répondre aux influences cycliques exogènes et réagir avec une rythmicité endogène lorsque les informations exogènes sont absentes.

L'alternance du jour et de la nuit est un synchroniseur très puissant qui régule de nombreuses activités des organismes vivants. Il en est de même pour l'alternance de l'état de veille et de l'état de sommeil, qui constituent les rythmes biologiques de base de l'espèce humaine et de la plupart des espèces animales. Plusieurs travaux ont mis en évidence que les comportements reflétant un faible niveau de vigilance ou un état de somnolence sont plus ou moins accentués selon que le rythme veille-sommeil est perturbé plus ou moins souvent et régulièrement, et selon qu'il y a accumulation plus ou moins fréquente et durable des déficits de sommeil (Benoit et Forêt, 1995 ; Billiard, 1998). De plus, les expériences de privation de sommeil chez l'adulte et chez l'enfant montrent que cette privation affecterait les performances des tâches inhabituelles (Randazzo, 1998). Le rôle du sommeil est fondamental et la privation de sommeil est capable de modifier les rythmes biologiques.

La persistance de la rythmicité en l'absence de tout repère temporel et de tout synchroniseur externe permet d'affirmer que les facteurs exogènes ne sont pas à l'origine des rythmes, mais ils auraient néanmoins le pouvoir de les moduler; d'où le nom de synchroniseurs (Halberg et coll., 1965) ou « d'agents entraînants » (entraining agent) (Pittendrig (1960) ou encore d'agents donneurs de temps (Zeitgeber) (Aschoff, 1954). En effet, les expériences d'isolement temporel (réalisées dans des conditions naturelles de silence, d'obscurité et de température constante) ont apporté des données cruciales sur le rôle des facteurs endogènes dans la régulation de certains rythmes, notamment le cycle veille/sommeil. Ainsi, il a été établi que ce cycle est d'origine endogène puisqu'il persiste en dehors de toutes les informations temporelles extérieures (Reinberg, 1996). Cette persistance a été prouvée sur des périodes courtes (Aschoff, 1960) ou longues (Reinberg, 1982). Les résultats de ces recherches conviennent qu'à l'absence de synchroniseurs

externes, notre horloge biologique interne fonctionne en libre cours, avec un petit retard sur un rythme circadien proche de 25 heures ou de 24.8 heures (Siffre, 1963). En outre, les études sur les jumeaux suggèrent que ces rythmes biologiques sont transmis génétiquement (Reinberg, 1982). Pour cet auteur, en effet, les jumeaux monozygotes (vrais jumeaux) présentent des rythmes circadiens similaires tandis que les seconds sont sensiblement différents.

Les rythmes biologiques ont donc une nature endogène prépondérante et probablement génétiquement déterminés, puisqu'ils persistent avec une modification de leur période en l'absence de signaux ou d'informations temporelles. Ces rythmes biologiques seraient liés à l'activité de mécanismes internes (Reinberg et Ghata (1978). En effet, tout se passe comme si les rythmes biologiques répondraient à une structure interne à l'organisme capable de mesurer le temps. Selon les études menées par Moore (1983) et Moore et coll. (1982), cette structure interne serait le noyau supra-chiasmatique, formation hypothalamique bilatérale située près du chiasma optique. Pour Wever (1979), ce système «d'horloges biologiques» (appelé aussi système circadien ou oscillateurs centraux ou encore pacemakers) gouverne l'ensemble des rythmes biologiques ; assurant ainsi une synchronisation temporelle interne. Les profils de production du cortisol et de la mélatonine semblent bien être des éléments illustratifs de cette synchronisation. Par exemple, chez un adulte sain synchronisé par une activité diurne et un travail nocturne, l'emplacement du pic ou l'acrophase du cortisol plasmatique se situe vers 7 heures du matin, la batyphase ou l'emplacement du creux se situe dans la première moitié du repos (minuit) nocturne (Touitou et coll., 1990). L'acrophase de la mélatonine se situe vers 2 heures du matin (Touitou, 1987).

Ces horloges biologiques internes permettent également à l'organisme de s'adapter aux modifications de l'environnement liées aux alternances entre le jour et la nuit. De ces résultats émerge l'hypothèse d'un contrôle unique que ces noyaux exerceraient sur l'ensemble de la structure circadienne (Lehman et coll., 1991). Aujourd'hui, les hypothèses de travail sont moins extrémistes mais la controverse persiste. Si, d'un côté, l'origine centrale de certains rythmes biologiques paraît incontestable ; en revanche, de l'autre, il est évident qu'elle n'est pas le fait exclusif d'une seule structure. Buijs et collaborateurs (2001) montrent l'existence de différentes horloges périphériques et décrivent les systèmes d'interaction entre ces horloges périphériques et l'horloge centrale. Par exemple, selon

Stephane et Zucker (1972), les animaux sans noyaux suprachiasmatiques ont toujours transitoirement la capacité d'entretenir un rythme alimentaire sur 24 heures. Cependant, cette rythmicité disparaît au bout de quelques jours et peut être ré-entraînée grâce à des messages hormonaux périodiques.

Les rythmes biologiques sont donc d'origine endogène, leur transmission est héréditaire et ils sont synchronisés par les facteurs externes. En revanche, leur modification irrégulière crée des déphasages permanents (Reinberg et Touitou, 1996). On parle alors de désynchronisation.

Selon Challamel et ses collaborateurs (2001), une désynchronisation est un «état où deux variables rythmiques (ou plus), antérieurement synchronisées, ont cessé de présenter les mêmes relations de fréquence et/ou d'acrophase et montrent des relations temporelles différentes des relations habituelles ». La désynchronisation traduit un défaut de l'organisation temporelle de l'individu. Elle est observée en cas de raccourcissement du cycle activité/repos (travail posté) ou en cas d'avance de phase du cycle veille/sommeil (syndrome de Jet Lag ou de décalage horaire). Elle est à l'origine des troubles du sommeil de type incapacité de s'endormir et/ou de se tenir éveillé au moment souhaité, de l'humeur et de la fatigue avec une baisse de la vigilance et un risque accru d'accidents (Folkard, 1990 ; Lagarde et al, 2000). Cette désynchronisation peut être externe et dépend alors des modifications de l'environnement. Elle se retrouve, par exemple, lors des vols transméridiens (Buck et coll., 1989 ; Fevre-Montange, 1981). En effet, un vol vers l'Ouest s'accompagne d'un retard de phase des rythmes biologiques, et notamment du rythme veille-sommeil. Un vol vers l'Est entraîne, à l'inverse, une avance de phase. La désynchronisation peut être aussi interne ; elle est alors liée aux maladies dues aux altérations de la structure spatiale anatomique de l'organisme (cancer de sein, de l'ovaire ou de la prostate). Ainsi, en raison du décalage de positionnement dans la journée, on constate une « désynchronisation » des rythmes biologiques. Il faut par exemple, selon les sujets, un à trois jours pour resynchroniser le rythme veille-sommeil, environ une semaine pour le rythme de la température centrale, et environ trois semaines pour les rythmes endocriniens).

Or, les « désynchronisations » des rythmes biologiques ont des répercussions sur l'efficacité comportementale qui ne présente plus les mêmes variations circadiennes : les sujets ne sont plus performants au même moment de la journée, et certains processus

psychologiques sont affectés. Ainsi par exemple, l'ajustement des performances en attention est assez rapide pour des postes fixes ; en revanche, les horaires alternant de manière rapide entraînent des difficultés d'ajustement des performances (Minors et Waterhouse, 1981 ; Webb, 1982). Sous le sceau de ce qui précède, on pourrait dire qu'il existe un lien entre l'efficacité psychologique et les variations physiologiques.

1.2. Efficacité psychologique et variations physiologiques

Après les premières études sur les rythmes et leur nature, un nombre important de travaux ont été effectués. Ceux-ci ont tenté d'établir une relation entre le niveau d'activité du système nerveux central et l'efficacité comportementale à l'aide d'indices physiologiques (l'E.E.G., les réflexes ou le tonus musculaire, la fréquence cardiaque, le débit sanguin, la Réponse Electrodermale et le diamètre pupillaire) ainsi qu'à l'aide d'indices comportementaux, comme les niveaux de gesticulations et l'amplitude de la température. Ces études ont nécessité la mise en relation, d'une part, des performances et les niveaux de la vigilance qui en sont « la conséquence apparente sur le plan comportemental (Leconte, 1988).

1.2.1. Activation cérébrale et performance

Les études, ou plus précisément la théorie de l'activation, qui ont porté sur les relations système nerveux et performance mettent en évidence l'existence d'une structure située au niveau du tronc cérébral : la formation réticulée (Morruzzi et Magoun, 1949, cité par Camus, 1996). De cette structure partent des connexions qui se projettent sur l'ensemble du cortex cérébral (Bloch, 1973). Étant donné cette connexion, on a donc pensé que toute stimulation de la formation réticulée (activation) pourrait modifier l'activité corticale. C'est ce qui, semble-il, a permis à Lindsey (1951, cité par Camus, op. cite) de mettre en relation le niveau d'activation (désignant un changement de niveau de l'activité nerveuse) avec le comportement. Selon cet auteur en effet, l'activation s'accompagne de modifications comportementales. Il aurait donc une relation proportionnelle entre le niveau d'activité du système nerveux central et le niveau d'activation. Ainsi, à un niveau allant

croissant correspondront successivement un réveil, puis un état de veille attentive, ensuite un état d'émotion et enfin, un état d'hyper excitation.

En somme, selon la théorie d'activation, le comportement dépend du degré d'activation réticulaire. En se référant à cette hypothèse, d'autres auteurs ont supposé qu'il serait envisageable de considérer un niveau de performance à une tâche donnée comme étant déterminé par le niveau sous-jacent d'activité du système nerveux central. Freeman (1940, cité par Testu, 2000), en mesurant simultanément le temps de réaction et le niveau de résistance de la peau, sur un sujet, à différents moments de la journée et pendant plusieurs jours, montre qu'il existe une relation entre le niveau d'activité nerveuse et la performance. Ces résultats sont confirmés par les travaux de Bathieu (1971, cité par Leconte, 1988) qui ont porté sur le niveau d'attention et la complexité de la tâche.

Ainsi pourrait-on penser à un parallélisme entre les variations de l'efficacité et celles de l'activité nerveuse. Toutefois, cette relation est complexe (Leconte, op. cite). En effet, il a été démontré que lorsque l'activation était trop élevée, la plupart des comportements étaient perturbés et qu'au-delà d'un certain seuil d'activation général, il y a une dégradation de la performance. D'ailleurs, c'est ce que semble faire comprendre Bloch (1973) quand celui-ci soutient que la performance elle-même peut exiger un certain optimum de vigilance au-delà duquel elle est perturbée. D'autre part, il a été prouvé que selon les tâches proposées, une activation élevée a un effet différent sur les performances (Blake, 1967 ; Folkard, 1975). Pour ces auteurs, les scores à des tâches psychotechniques progresseraient, tout au long de la journée, comme l'activation, tandis que les scores à des tâches impliquant une charge mnémorique élevée et une récupération à court terme seraient altérés par une activation élevée, et chuteraient au milieu de la matinée jusqu'à la fin de la journée.

1.2.2. Température et performance

Dans le même ordre de préoccupation qui cherche à mettre en évidence les liens entre l'efficacité psychologique et les variations physiologiques, Kleitman (1937) a montré l'existence d'un parallélisme entre la température et la performance chez l'adulte, dans des tâches simples telles que triage de cartes, calculs, dessin en miroir, copie de syllabes non significatives, transcription d'un code simple, multiplication. Chacune de ces épreuves est répétée cinq fois dans la journée : immédiatement après le lever, une heure après le lever,

juste avant le repas de midi, juste avant le repas du soir et, enfin, juste avant le coucher. Les courbes obtenues montraient un minimum tôt le matin et tard le soir ainsi qu'un maximum au milieu de la journée. Ces performances ont été traduites en termes de vitesse et d'exactitude de réponses et ont permis de comprendre qu'il existe un parallélisme entre la température centrale et la performance.

D'autres études, s'inscrivant dans le même registre, ont porté sur des tâches sensorimotrices (tâches de rapidité motrice) ou encore d'efficacité mentale, c'est-à-dire « où il n'y a pas d'acquisition d'un nouveau savoir », comme la détection de signaux, le temps de réaction de choix, les opérations arithmétiques, le tri de cartes, les épreuves de barrage... (Kleitman, 1963 ; Blake, 1967 ; 1971).

Pour s'assurer de la validité de ces résultats, plusieurs travaux ont été conduits. Cette fois-ci, la température corporelle est artificiellement modifiée afin d'en étudier les effets sur la performance. Fort et coll. (1973, cités par Leconte, 1988) réalisent ces modifications en plongeant leurs sujets dans de l'eau froide ou chaude, ou en leur faisant réaliser des exercices physiques ou des siestes. Les résultats montrent que la performance est positivement corrélée à la température dans quelques épreuves simples ; en revanche, dans des épreuves plus complexes, cette corrélation n'est pas retrouvée (Gibson et Allan, 1979).

Toutes ces relations entre température et l'efficacité ont été interprétées par Kleitman (1963) comme un effet des variations de la température sur le métabolisme du cerveau. Le rythme circadien de la température dépend d'une « horloge » circadienne qui est mise en phase par un synchroniseur qui n'est autre que le rythme de l'activité de l'homme, qu'il suive ou non les alternances du jour et de la nuit.

Il est donc établi que les performances, qu'on les considère comme une manifestation de la vigilance ou de l'efficacité, ont une évolution très proche de celle de la température. Toutefois, ces co-relations ne doivent pas être surestimées, les deux mesures étant dépendant par exemple d'un troisième facteur. En effet, Colquhoun (1971) observe que l'effet postprandial (baisse transitoire de performance du début d'après-midi) ne s'accompagne pas d'une diminution de température. Par ailleurs, prenant en compte les différences individuelles telles que la personnalité, les caractères matinal et vespéral (le fait de se sentir en « forme » le matin ou le soir), Kleitman (1963) a trouvé que, chez les introvertis et les matinaux, l'acrophase est située respectivement à 19 h 50 et 19 h 30, alors qu'elle est située à 20 h 25 chez les extravertis et 20 h 40 chez les vespéraux. Les pics se déplacent donc selon les individus.

Au total les fonctions biologiques sont soumises à des variations périodiques, variations qui sont en relation avec l'efficacité psychologique. Ainsi, on peut penser que les rythmes biologiques déterminent les rythmes des comportements humains. Toutefois, « ces derniers ne peuvent pas être seulement expliqués par ces rythmes biologiques là » (Fraisse, 1980). En effet, les activités psychologiques sont soumises à des rythmes qui peuvent avoir leur existence propre, indépendamment des rythmes biologiques, et ceci en relation avec les conditions socioculturelles de la vie. Pour certains auteurs, notamment Testu (1994) et Leconte-Lambert (1990), il n'y a pas seulement une chronobiologie, mais aussi une chronopsychologie (différences dues à la personnalité, aux effets de la motivation, etc.). Le domaine (spécifique) d'étude des variations de comportements selon certains cycles est la chronopsychologie. Elle a pu mettre plusieurs phénomènes en évidence.

2. La chronopsychologie

La chronopsychologie se propose d'étudier « les changements périodiques des comportements pour eux-mêmes » (Fraisse, 1980, p.354). En effet, pour cet auteur, le temps n'existe pas en tant que donnée sensorielle ; ce qui existe, ce sont les durées et les changements du temps qui accompagnent ces durées. Ces changements sont mesurables, observables, parfois quantifiables. Ils peuvent être liés et se développer de manière périodique : on parle alors de périodicité ou de rythme. La chronopsychologie s'intéresse donc aux variations périodiques des processus psychologiques. Plusieurs recherches se sont développées dans ce domaine, et ont été effectuées pour la plupart du temps dans un but pratique à savoir, soit pour mesurer la fatigue, soit pour déterminer les moments et les conditions environnementales favorisant une grande efficacité dans les apprentissages.

2.1. Les rythmes environnementaux et sociologiques

Les rythmes environnementaux et sociologiques sont de natures socioculturelles et socio-écologiques (alternance lumière-obscurité, repos-activité, bruit-silence, alternance des saisons). Ces rythmes constituent des synchroniseurs très puissants qui régulent de

nombreuses activités des organismes vivants (Reinberg 1982). Ces synchroniseurs se présentent diversement selon les différents secteurs d'activités.

2.1.1. Chronopsychologie et rythmes scolaires

Dans le domaine scolaire, les synchroniseurs concernent l'organisation du temps scolaire, du temps pédagogique, mais aussi du temps familial et social de l'enfant. Ainsi, l'on distingue les temps scolaire, périscolaire et extrascolaire.

Le temps périscolaire est le temps qui encadre le temps de classe (Penin, 1998). Il se déroule le plus souvent dans les locaux scolaires. Il s'agit de l'accueil du matin, de l'interclasse au moment du déjeuner, de l'accueil du soir après la classe. Ces temps sollicitent souvent des intervenants extérieurs et génèrent des activités soit en lien avec le travail scolaire soit des activités spécifiques. Le temps extrascolaire correspond aux demi-journées et aux journées sans école (mercredi, samedi et dimanche) dans une semaine de classe ordinaire ainsi que les vacances scolaires et les congés. C'est aussi les moments de loisirs, les temps collectifs autour des moments de restauration, ainsi que le temps de la famille. Ces donneurs de temps de vie influencent anormalement l'organisation de la vie de l'enfant. Les travaux d'évaluation des aménagements du temps global ont permis de mettre en évidence l'effet modérateur des aménagements péri et extra scolaires sur les relations entre la Zone d'Education Prioritaire (ZEP) versus non prioritaire/attention et sommeil.

Temps périscolaires et temps extrascolaires sont de la responsabilité de la famille, qui est elle-même un des donneurs de temps majeurs de rythmes de vie pour les enfants que Ghata (1991) nommait les donneurs de temps familiaux. Ceux-ci concernent les plages de temps libre commun pour la famille, l'accomplissement des activités de loisirs, à l'échelle de la journée et de la semaine... Cependant, les situations sont contrastées selon la culture, la profession des parents, les moyens dont ceux-ci disposent, la proximité et la disponibilité de la famille proche ou du noyau d'amis qui peuvent planifier un encadrement plus ou moins serré.

Les aménagements du temps scolaires, de façon générale, se présentent sous trois organisations distinctes: les aménagements journaliers, hebdomadaires et annuels. L'ensemble des travaux concernant ces temps scolaires a permis de comprendre que le cadre temporel déterminé par l'institution scolaire peut, lorsqu'il est peu compatible avec

les variations cognitives de l'enfant, agir sur les processus d'apprentissage (Beugnet-Lambert et coll., 1988; Testu, 1988).

La durée de la journée scolaire est à considérer en intégrant les temps directement induits par la vie scolaire (temps de classe, d'accueils périscolaires, les temps de transport, de devoirs et de leçons à la maison). Selon Feunteun (2000), l'amplitude de cette journée (consacrée à l'école par l'enfant) agit sur sa disponibilité attentionnelle pendant la classe. Une valeur critique voisine de 10 heures (9 heures 43) apparaît pour les enfants de 7 à 10 ans comme un seuil au delà et en deçà duquel, les performances attentionnelles des enfants se différencient. Pour les journées les plus longues, les enfants présentent un profil caractéristique avec absence de reprise l'après-midi contrairement aux enfants ayant des plus courtes journées. En d'autres termes, les profils psychologiques des enfants se différencient selon la "longueur de la journée" sous la forme d'une absence de reprise d'activité l'après-midi pour les enfants qui consacrent le plus de temps à l'école. Ces résultats avaient été déjà mis en évidence par Vermeil (1976). Ainsi, la longueur de la journée scolaire semble-t-elle susceptible d'affecter la disponibilité des élèves aux apprentissages et de perturber leur rythme de base journalier. Les variations journalières des performances sont considérées comme issues du compromis entre les rythmicités endogènes de l'enfant et les rythmes produits par son environnement tandis que les variations hebdomadaires sont considérées comme un strict ajustement social sans origine chez l'enfant.

L'étude des rythmes hebdomadaires de l'enfant en situation scolaire met en évidence que le milieu de la semaine est une période où les performances sont les meilleures (Beugnet-Lambert, 1988 ; Leconte-Lambert, 1991). En effet, il a été montré la supériorité du jeudi ainsi que celle du vendredi sur le lundi et le mardi. Le lundi, phase de désynchronisation par rapport à l'emploi du temps du week-end et phase de resynchronisation par rapport à l'emploi du temps scolaire, serait plus ou moins vécu. Cette rupture dans la rythmicité n'existe pas le jeudi, jour suivant le congé de mercredi. Il semble que, le mercredi, à la différence du samedi après-midi et du dimanche, les enfants ne seraient pas soumis aux rythmes de vie des parents. Ils seraient accueillis dans des centres de loisirs, des associations ou des clubs. En clair, le lundi qui est le jour des plus faibles performances scolaires s'accompagne d'un phénomène de désynchronisation qui n'est pas observé le jeudi. Par ailleurs, les études portant sur l'aménagement et la répartition horaire de l'établissement (organisations en quatre jours par semaine ou en

quatre jours et demi avec le mercredi matin travaillé ou le samedi matin travaillé) ont montré que l'aménagement en 4 jours et demi avec samedi matin travaillé présente une légère supériorité sur l'aménagement en 4 jours et demi avec mercredi matin travaillé qui est lui-même plus adapté que le quatre jours. Toutefois, ces résultats sont tempérés par ceux de Bianco et Bressoux (1999), qui ont relevé, chez des enfants scolarisés du CP au CM2, une absence d'effet de l'aménagement du temps scolaire sur des épreuves scolaires de mathématiques et de français (Aménagement en quatre jours et demi avec mercredi matin travaillé versus samedi matin travaillé).

Nous pouvons donc retenir que les performances scolaires dépendent en partie du rythme hebdomadaire. De façon générale, les enfants ont des meilleures performances au milieu de la semaine, la coupure du week-end entraînant une baisse très sensible. Un tel cycle a été retrouvé chez les adultes à qui on demandait à brûle-pourpoint quel jour de la semaine est-on aujourd'hui ? Ou bien, quel jour sera-t-on demain ? Ou bien quel jour étai-t-on hier ? La latence de la réponse dans les trois cas est maximum le mercredi, avec deux minimums le lundi et le samedi (Shanon, 1979). Comme on le voit, l'organisation et l'aménagement du temps scolaire de l'enfant a fait objet de nombreux travaux quant à ces effets sur les variations psychologiques et les performances scolaires.

2.1.2. Chronopsychologie et rythmes alimentaires

La prise alimentaire est soumise à des rythmes circadiens spontanés. Chez les jeunes enfants, les travaux de chronopsychologie, notamment ceux de Reinberg et Ghata (cité par Leconte-Lambert, 1990) ont permis de montrer qu'il existe un rythme de deux prises de repas dans la journée : une correspondant au petit déjeuner et l'autre au dîner, avec un creux en milieu de journée.

Des études ont été menées pour connaître l'influence de la non prise de petit déjeuner aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte (Lohr et Siegmund, 1999, Tara, 1961). En effet, il avait été observé que des enfants ayant reçu un petit déjeuner riche en protéine sont « plus alertes et actifs » en fin de matinée que ceux qui ont été moins alimentés. De même Tara (op. cite) montre que chez des travailleurs adultes, on trouve une augmentation du taux de production et une diminution du nombre d'accidents après la prise d'un petit déjeuner suffisant. Par ailleurs, un travail effectué par **Romon-Rousseau (1984)**, chez des

élèves de Cours Moyen, montre que la quantité calorique du petit déjeuner est importante pour le maintien d'un bon niveau attentionnel en fin de matinée.

La prise de petit déjeuner, son contenu, semblent donc importants dans l'évolution de l'efficacité. Ces résultats paraissent intéressants même si d'autres travaux mettent en évidence qu'il n'existe pas de différence significative dans l'évolution au cours de la journée de performances à diverses épreuves effectuées par des jeunes adultes dont certains n'avaient mangé que le matin et d'autres le soir. D'autres résultats contradictoires avaient également montré que les performances à des tests de vitesse de calcul effectués chez des adultes ayant subi une diète protéique totale pendant trois semaines ne sont pas affectées par cette diète (Crépon, 1983, cité par Leconte-Lambert, 1990).

2.1.3. Les conditions de l'environnement et ses différentes alternances

Les différents contextes de vie sont nécessaires dans l'étude des rythmicités cognitives. Chez l'enfant, on pense que l'environnement, complexe et multiple, est constitué de « niches écologiques » plus ou moins distantes de l'enfant qui agissent sur lui, sur lesquelles il agit et qui interagissent entre elles (Reinberg, cité par Le Floch', 2005). Pour Richard (1997), les conditions matérielles et environnementales sont d'importantes sources de fatigue, et en voie de conséquence provoquent des variations de l'efficacité incontrôlables. C'est le cas, par exemple, des déplacements trop fréquents au sein de l'école d'autant qu'ils se font avec un cartable dont le contenu, mal organisé, crée une charge la plupart du temps trop importante au regard du poids des jeunes enfants. L'effet de la fatigue peut donc être générateur de fluctuations anarchiques, et les situations fatigantes sont préjudiciables aux performances scolaires des enfants, surtout à leurs rythmes de vie. Ainsi devrait-on aménager le temps scolaire dans le respect de ces rythmes. De même, l'aménagement d'un environnement à « risque » se révèle être source de régulation des comportements. Des études, notamment celles de Fortin (1980), portant sur l'aménagement des cours de récréation, ont montré que le fait d'introduire des espaces et du matériel de jeux (exempts de danger en eux-mêmes) dans les cours et les lieux collectifs en école maternelle permettrait de diminuer le niveau d'agressivité des enfants. Cela permettrait également, selon ces études, une meilleure détente tant chez les enfants que

chez les enseignants pour lesquels on observe une diminution du niveau d'anxiété au cours de leur surveillance. L'auteur pense, enfin, que tout cet ensemble de modification de conduites ne peut que se manifester dans une stabilisation plus importante des comportements en classe.

En ce qui concerne les adultes, les conditions matérielles paraissent, par ailleurs, très déterminantes dans la performance en situation de travail. Les travaux de Dogniaux (1978) ont porté sur la fréquence d'apparition d'accidents du travail et les résultats sont forts intéressants. En effet, il a été constaté que les accidents du travail sont parfois moins fréquents dans les lieux (usines plus vétustes, par exemple) ou l'on dénote les mauvaises conditions de sécurité. Ce phénomène est expliqué, selon l'auteur, par le fait qu'il existerait une augmentation du niveau de vigilance avec l'augmentation des risques. Autrement dit, ces lieux de travail étaient aménagés de telle sorte que les situations dans lesquelles étaient placés les travailleurs soient propres à maintenir un niveau de vigilance ; ce qui permettrait chez ces travailleurs une stabilisation de l'efficacité sans créer d'états de fatigue ou de stress.

Outre le contexte social, l'environnement interne, c'est-à-dire psychophysique, a été également retenu par d'autres travaux comme une variable incidente sur les variations des rythmicités. Il s'agit notamment des travaux menés sur les rythmes veille-sommeil. Ainsi, du point de vue des besoins physiologiques de l'enfant, Benoit (1982) et Szekely et coll. (1993), ont étudié le rythme veille-sommeil aussi bien chez les adultes que chez le sujet jeune. Selon les auteurs, le sommeil comprend quatre à cinq cycles (quatre-vingt dix minutes environs, non identiques) de sommeil par nuit : la phase d'endormissement (début de nuit), la phase du sommeil profond (première partie de la nuit), la phase du sommeil paradoxal (constituant la seconde partie de la nuit). La phase du sommeil lent correspond au sommeil réparateur (récupération physique et musculaire). C'est aussi le moment où la sécrétion de l'hormone de croissance a lieu. Lors du sommeil paradoxal, le cerveau s'éveille et le système musculaire est totalement inhibé. En se référant à ces travaux, Magnin (1990), fait remarquer, d'une part, que chaque fois qu'on retarde le coucher de l'enfant on risque de supprimer une partie de son sommeil profond, nécessaire pour récupérer physiquement et pour grandir, et que, d'autre part, si on le réveille trop tôt, on risque de supprimer une partie du sommeil paradoxal qui est nécessaire pour des apprentissages. La modification de la structure interne du sommeil de l'enfant lui est donc préjudiciable. En conséquence, un rythme veille-sommeil stable et équilibré semble être favorable aux acquisitions scolaires

(Beugnet-Lambert, 1988). Pour cet auteur en effet, les enfants qui révèlent une plus grande variabilité dans leur durée de sommeil et une durée de sommeil sont aussi ceux qui, en classe, sont les plus fluctuants du point de vue de leurs capacités attentionnelles. Ce résultat est à rapprocher de celui mis en évidence par Challamel (2001), à savoir que les enfants présentant la durée la plus faible de sommeil nocturne sont ceux qui présentent les comportements scolaires passifs (regarder l'enseignant) et les stéréotypes rythmiques (balancement de jambes de durées les plus élevées). La quantité et la régularité du sommeil nocturne a été également mis en lien avec les performances scolaires et le niveau de vigilance selon l'âge (Randazzo, 1998) l'origine géographique des élèves (Clarisse et coll., 2004) et l'environnement familial (Billon-Descarpentries, 1997). Toutes ces études insistent sur la nécessité d'une quantité suffisante de sommeil chez les élèves, en particulier chez les enfants de la maternelle.

Ainsi, des rythmicités environnementales naturelles ou artificielles, de leur respect, dépend l'adaptation des comportements à la situation scolaire. Cette adaptation dépend également des rythmes psychologiques, notamment les variations des processus cognitifs.

2.2. Les rythmes psychologiques

Aujourd'hui, plusieurs recherches sont réalisées pour étudier les variations des processus cognitifs. Ces recherches, notamment chronobiologiques et chronopsychologiques, ont pour objectif de déterminer ce que sont les rythmes attentionnels, mnésiques et des activités dites intellectuelles. Ainsi, Leconte (1988) propose de regrouper ces travaux selon la dimension psychologique explorée. Il serait alors plus aisé, selon lui, d'étudier ces dimensions psychologiques en fonction de leurs rythmicités.

2.2.1. Chronopsychologie et mémoire

Le concept de mémoire recouvre en psychologie des processus variés et complexes. Ces processus étant inobservables doivent être induites à partir de processus internes « cognitifs », non directement observables mais dont on peut affirmer l'existence à la

lumière des relations existant entre le matériel présenté et ce qui est restitué à des délais variables. En chronopsychologie, l'étude des rythmicités de la mémoire se fait « sur la base d'une distinction méthodologique des délais de rétention imposés au sujet » (Leconte et Lambert, 1990). Ont ainsi été étudiées les fluctuations des performances dans le cas de délais courts de rétention (mémoire à court terme) et de délais plus longs (mémoire à long terme). La mémoire à court terme (MCT) est mesurée par la capacité d'appréhension ou empan d'éléments simples et distincts (liste de lettres ou de chiffres par exemple). La mémoire à long terme (MLT), quant à elle, est mesurée par la capacité de rétention au-delà d'un intervalle de trente secondes.

Les premiers travaux remontent au début du siècle où Gates (1916) montrait que la mémoire immédiate était meilleure dans la matinée que dans l'après-midi. Blake (1967) trouve les mêmes les résultats, quelques années plus tard.

Après ces premiers travaux, de nombreuses recherches ont montré l'évolution la capacité mnésique au cours de la journée. Or, il s'avère que cette évolution est différente selon que l'on demande au sujet de rappeler immédiatement ou avec un délai ce qu'il a appris. Dans une recherche, Folkard et coll. (1977) ont mis en évidence que les performances en mémoire à court terme et en mémoire à long terme n'évoluent pas de la même façon, au cours de la journée.

En effet, ces auteurs précités ont étudié la mémorisation d'un texte chez des écoliers. Le texte est lu aux enfants durant douze (12) minutes, soit le matin à 9 heures, soit l'après-midi à 15 heures. Le test de rétention réalisé immédiatement après la lecture sous forme d'un questionnement, montre que la performance est meilleure lorsque l'apprentissage est réalisé le matin. Les auteurs suggèrent que la baisse d'efficacité en MCT l'après-midi est liée à une augmentation du niveau de vigilance qui affecte le processus de répétition mentale nécessaire à cette mémorisation. Cette hypothèse est confirmée par Folkard et Monk (1980) qui montre qu'une tâche de décomptage intercalée entre l'apprentissage et le test de rétention (tâche qui empêche la répétition mentale) supprime la supériorité du matin sur l'après-midi. En revanche, lorsqu'on demande aux sujets de restituer les informations contenues dans le texte une semaine après l'apprentissage, on constate que la performance est meilleure pour un apprentissage réalisé à 15 heures que pour le même apprentissage réalisé à 9 heures du matin. Il apparaît donc que la mémorisation à long terme s'effectue mieux l'après-midi que le matin. Pour expliquer ces données, Folkard et coll. (op. cit.) font l'hypothèse que les activités

déployées par les sujets pour mémoriser évoluent au cours de la journée. Le matin, le processus le plus opérationnel serait le maintien des informations en MCT, ce processus serait, au cours de l'après-midi, perturbé par l'accroissement du niveau de vigilance, ce dernier facilitant un processus de traitement de l'information plus élaboré, nécessaire à la mémorisation à long terme.

Des résultats semblables ont été obtenus dans une autre recherche réalisée par les mêmes auteurs. En effet, ceux-ci font écouter à 9 heures, une histoire à trois groupes d'enfants. Pour un des groupes, un questionnaire à choix multiple est proposé juste après la présentation de l'histoire à 9h15 (rappel immédiat). Le deuxième groupe d'enfants répondent au questionnaire une semaine plus tard mais à la même heure (9h. 15) et le troisième groupe à 15h15. La même procédure est utilisée avec trois autres groupes mais l'histoire est présentée à 15 heures, un groupe répond au questionnaire à 15h15, les deux autres groupes la semaine suivante, respectivement à 9h15 et à 15h15. Concernant la MCT, les résultats habituels sont confirmés. Les performances sont effectivement meilleures le matin que l'après-midi. En revanche, la récupération en MLT est plus efficace pour les sujets qui ont écouté l'histoire à 15 heures que pour ceux qui ont écouté à 9 heures. Ce résultat semble encore indiquer que ce qui est appris l'après-midi est mieux mémorisé à long terme que ce qui est appris le matin.

D'autres travaux (Folkard, 1979 ; Folkard et Monk, 1979) ont porté sur la manière dont les activités déployées par le sujet pour mémoriser évoluent tout au long de la journée. Ces travaux ont montré que, le matin, l'activité principale serait une activité de maintien en mémoire à court terme, qui entrerait en conflit au cours de la journée (parallèlement à l'élévation du niveau de vigilance) avec un processus de traitement de l'information plus élaboré) en vue d'une mémorisation à long terme.

La mémoire a donc fait objet d'études chronopsychologiques. Ce processus, décrit en termes de dynamique de fonctionnement, apparaît dans ces études comme étant la mémoire à long terme (MLT) et la mémoire à court terme (MCT). Ces deux types extrêmes de mémoire, au cours de leur fonctionnement dans le temps, n'ont fluctuent de façon différente. D'une manière générale, les courbes journalières obtenues aux épreuves faisant appel à la MLT sont différentes de celles impliquant la MCT. Pour les dernières, les courbes présentent une supériorité du matin (9 heures) sur la soirée (17 heures) alors que concernant les épreuves impliquant la MLT, les pics se situent à 15 heures et les creux, à 9

heures. Par ailleurs, si le rappel de ce qui a été appris est différé de plusieurs heures ou de plusieurs jours, ce qui a été appris dans l'après-midi ou dans la soirée est mieux retenu que ce qui est appris le matin. En outre, l'heure de rappel n'a pas d'importance sur le résultat. Toutefois, l'ensemble de ces résultats a été tempéré par la mise en évidence de grandes variabilités interindividuelles, notamment les caractéristiques quantitatives du sommeil (sa durée et sa régularité d'un jour à l'autre) et les facteurs typologiques tels que la matinalité/vespéralité, la dépendance/indépendance à l'égard du champ, etc. Ainsi, vu l'importance de ces variations périodiques de la mémoire, nous efforcerons à utiliser, dans le cadre de notre étude, un matériel ne comportant aucun traitement cognitif faisant appel ni à la mémoire à long terme ni à la mémoire à court terme.

2.2.2. Chronopsychologie et activités intellectuelles

Les premières études menées pour déterminer les fluctuations de l'activité intellectuelle remontent au XIX^{ème} siècle et ont porté plus particulièrement sur des tâches psychotechniques (Sikorsky, 1879; Winch, 1911). C'est à partir de la deuxième moitié du XX^{ème} siècle que des recherches ont été conduites auprès d'élèves : en maternelle (Laude, 1974), de 15-16 ans (Jean-Guillaume, 1974). Ces études concernent les épreuves relatives à une activité cognitive plus ou moins complexe, comme les activités de lecture, le raisonnement logique, les problèmes arithmétiques, les syllogismes, que certains appellent « activités intellectuelles ».

Une étude de Folkard (1975), portant sur la résolution de syllogismes, indique que le nombre de réponses justes données aux syllogismes est meilleur le matin que le soir. Ce résultat se rapprochant de ceux trouvés dans les études sur la mémoire à court terme, l'auteur émet l'hypothèse que ce type d'épreuve mettrait probablement en jeu une composante mnésique à court terme. Ces courbes rappellent également celles retrouvées obtenues lors d'activités de lecture.

En effet, les travaux d'Englund (1979, cité par Leconte et Lambert, 1990), sur l'efficacité journalière en lecture, montrent que la vitesse de lecture (en nombre de mots lus par min) décroît régulièrement tout au long de la journée, avec toutefois une légère reprise à 20h30. En revanche, la compréhension augmente vers 14 heures, décroît légèrement au cours de l'après-midi, reprend vers 20h30 pour diminuer rapidement

ensuite. Ces résultats ont été confirmés dans d'autres recherches réalisées par Lecocq (1989) et Querrioux-Coulombier (1989). En effet, Lecocq a montré que les meilleurs lecteurs ont un accès plus rapide en mémoire aux représentations symboliques correspondant aux patterns visuels que sont les lettres ou les mots. Querrioux-Coulombier (op. cite), qui a étudié les variations journalières de la sélection thématique au cours de la lecture de textes scientifiques, montre qu'il n'y a pas de variations circadiennes de la vitesse de sélection mais que, pour une même vitesse, les sujets font un traitement plus profond à 11h 30 et moins profond à 17 heures.

Il apparaît ainsi que les profils des activités intellectuelles se rapprochent de ceux des performances mnésiques. Par ailleurs, les fluctuations de ces activités intellectuelles ont été mises en évidence au cours de la journée et au cours de la semaine. Beugnet-Lambert (1985) et Testu (1993) ont tenté de mieux cerner la connaissance de ses variations en situation scolaire, à différentes tâches (épreuves de calculs simples, de barrages, de reproduction de figures géométriques, etc.). La lecture attentive de ces travaux nous montre que le lundi et le samedi sont les jours de moindres performances, tandis que le jeudi et le vendredi sont les jours de meilleurs résultats. En ce qui concerne la journée, après un « creux » de la première heure de classe, les performances progressent jusqu'en fin de matinée où se situent un « pic », et connaissent un « creux » d'après déjeuner, pour enfin croître, plus ou moins selon l'âge, au cours de l'après-midi. Toutefois, l'auteur souligne dans une étude réalisée en 1994 (Testu, 1994), que ces profils sont modifiés quand il y a classe le mercredi. Encore faudra-t-il tenir compte de l'âge, du contenu de l'enseignement, de la nature de la tâche, le niveau de maîtrise de la tâche et le degré d'habitué à la tâche à effectuer.

Dès lors, d'autres recherches portant sur ces facteurs ont été effectuées. Ainsi, étudiant la résolution de problèmes multiplicatifs chez des élèves de CM2, Testu et Baille (1983) constatent que les performances à ces exercices mathématiques fluctuent d'autant plus que les procédures de résolution sont complexes. Les auteurs tentent alors de rapprocher leurs résultats à la théorie de Bloch (1966) en faisant l'hypothèse que l'indépendance ou la dépendance des performances et des choix de procédure par rapport aux variations périodiques de l'activation générale est liée à l'utilisation soit d'un mécanisme de traitement de l'information à capacité non limitée automatique (opération par exemple), soit à celle d'un mécanisme à capacité limitée non automatique (études de fonction par exemple). Dans cette perspective, les variations journalières des performances

aux tâches impliquant des processus automatique et contrôlé ont fait l'objet d'une étude par Testu (1987). En effet, Celui-ci a repris et a testé, à 8h30, 11h45, 13h45, et 17h, le protocole expérimental de Shiffrin et Schneider (1977) dont le principe se fondait sur une recherche de cibles parmi des distracteurs (cibles et distracteurs sont chaque fois soit respectivement tirés de deux ensembles distincts soit tirés d'un seul et même ensemble). Les résultats de cette étude indiquent que les performances observées dans la condition correspondant à un traitement automatique ne fluctuent pas au cours de la journée, tandis qu'elles varient dans la condition où la tâche est dite sous-tendue par un processus contrôlé, avec notamment deux pics de performances : l'un à 11h45 et l'autre à 17h. Des résultats semblables avaient déjà été obtenus dans une autre étude menée par le même auteur (Testu, 1982) auprès d'élèves de 5^{ème} de Section d'Education Spécialisée (S.E.S) et d'élèves de 5^{ème} de collège). L'objectif de cette étude était de savoir si les variations journalières et hebdomadaires de performances d'élèves habitués à un exercice scolaire sont différentes de celles d'élèves non habitués à cet exercice. L'expérience a porté sur quatre épreuves : d'une part, les briques, les séries verbales (considérées comme des tâches nouvelles, pour les deux classes) et, d'autre part, les accords de verbes et les opérations à compléter auxquels les élèves de 5^{ème} de collège sont entraînés depuis l'école primaire, tandis que ce type d'exercice est rarement proposé à leurs homologues, en raison de leur handicap scolaire. Au cours de cette recherche, Testu (Op. cite) observe des fluctuations journalières et hebdomadaires de performances pour les tâches considérées comme inhabituelles ; alors que pour les tâches habituelles aucune variation n'est notée. Il semble donc qu'une relative maîtrise de la tâche permet de minimiser les fluctuations des performances qui s'y rattachent.

En résumé, plusieurs travaux ont été menés dans le domaine de l'étude des variations temporelles du fonctionnement des processus intellectuels. Ces travaux semblent admettre que les capacités intellectuelles s'élèvent progressivement au cours de la matinée pour se stabiliser en fin de matinée avec toutefois ensuite le creux « post-prandial ». Ces résultats semblent intéressants dans la mesure où ils ont permis de comprendre que, dès que l'élève est placé dans un cadre temporel conflictuel, c'est-à-dire présentant une incompatibilité entre ces temps "moments" et les temps fixés par l'institution, alors, les variations attendues de ces capacités cognitives sur la journée ne se retrouvent pas pendant son travail d'apprentissage. En d'autres termes, certaines tranches horaires peuvent se révéler particulièrement défavorable à l'apparition d'un rendement efficace des activités intellectuelles. Ces travaux ont également permis de mettre en évidence des rythmes

hebdomadaires de l'efficiencia en situation scolaire. Il s'avère que le milieu de la semaine est une période où les performances sont les meilleures.

D'autres études ont également porté sur les rythmicités de l'efficiencia attentionnelle et le poids de leur implication dans le niveau de performance à une activité donnée au moment où celle-ci est étudiée.

2.2.3. Chronopsychologie et attention

Dans les recherches en psychologie, le concept d'attention recouvre différents sens du fait qu'il existe sous différentes formes : attention conjointe, attention maintenue, attention divisée et attention sélective (Lieury et coll., 1996). Dans les études portant sur la variation de l'attention dans le temps, cette notion est envisagée comme l'expression psychologique de processus physiologiques correspondant à la vigilance ou encore au niveau d'activation du système nerveux central (Leconte et Lambert, 1990). La plupart des travaux qui sont effectués dans ce sens ont mis en évidence le fait qu'il existe une relation entre les rythmes physiologiques et les rythmes de performances attentionnelles (Lavie, 1980 ; Monk, 1979 ; Monk et Conrard, 1979). De façon générale, les résultats de ces travaux montrent une supériorité des performances l'après-midi à celles du matin. Cette supériorité est expliquée par la théorie du niveau d'éveil (parallélisme entre les courbes des variations du niveau d'activité central et celles de la vigilance).

S'il est vrai que divers processus physiologiques varient au cours de la journée en même temps que les performances obtenues avec les épreuves dites de « vigilance », il est cependant important d'accepter que l'on ne retrouve pas une relation systématique entre les performances attentionnelles et le niveau d'activité de ces processus physiologiques (notamment la température, généralement considérée, comme un bon indicateur du niveau d'éveil) et (Cf. chapitre 6). Par exemple, Loveland et Williams (1963), en testant l'effet du manque de sommeil sur les activités diurnes, avaient montré que, quand on prive de sommeil des sujets, le niveau moyen de température et de performance au cours de la journée, diminue progressivement, bien que leur évolution journalière reste sensiblement la même. Ces résultats sont corroborés, en 1972, par ceux de Rutenfranz et ses collaborateurs qui, dans une étude sur l'influence de veille de nuit, montrent que, ni la corrélation entre

température et performance évaluée indépendamment des moments de la journée, ni la corrélation entre les profils journaliers de ces deux mesures ne sont significatives.

A la suite des travaux qui ont rejeté l'idée d'une relation température-performance, d'autres études en discordance avec la théorie du niveau d'éveil ont vu le jour. Les premières études, menées, ont essentiellement mis en évidence l'impact de la composante motrice à l'aide d'épreuves qui étaient notamment des tâches de distribution de cartes, de poursuite visuelle d'une cible lumineuse, d'encastres de pions (Kleitman, 1963 ; Monk et Leng, 1986). Selon ces travaux, quand la composante motrice est de peu d'importance, pour la réalisation de la tâche, la meilleure performance se situe l'après-midi, alors que quand elle est importante, la meilleure performance se situe aux environs de midi. Ces « pics » de performances, selon Monk et Leng, (op ; cite) sont expliqués par deux paramètres, à savoir la vitesse d'exécution et la précision. Pour ces auteurs, en effet, dans une tâche à faible composante motrice, la variable dépendante importante est la vitesse, et l'évolution des performances à ce type de tâche va donc suivre celle de la vitesse d'exécution. En revanche, pour les tâches à composante motrice importante, ce sont les deux paramètres qu'il faut prendre en considération, et le maximum de la performance devrait se retrouver au moment où la gestion vitesse-exécution.

Comme on le voit, les performances attentionnelles fluctuent au cours de la journée et surtout, cette fluctuation est sous la dépendance du type de tâche concerné (en particulier celles concernant la motricité). En prenant en compte les fonctions mentales, Gate (1916), pour sa part, constate que les performances ne varient pas toutes de la même façon et que des facteurs comme l'ennui, la fatigue, l'énerverment influencent davantage les fonctions spécifiquement mentales que les fonctions motrices. Ces variations ont été étudiées aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte.

Les recherches entreprises chez l'enfant sont nombreuses. Les principaux résultats concernent les moments de passation tels que la séquence horaire, les différents moments de la journée, les jours de la semaine. Ainsi pour ce qui concerne la séquence horaire, les moins bons résultats sont retrouvés à la première heure de passation et à 14 heures et les meilleurs apparaissent entre 10 heures et 12 heures (Jean-Guillaume, 1974). Selon Testu et Janvier (2005), ces résultats dépendent de l'âge des élèves. Ainsi, étudiant le développement des fluctuations de l'attention chez des élèves de 4 à 11 ans, ces auteurs montrent que le niveau d'attention est plus important en début de séquence d'enseignement chez les enfants de 4-5, contrairement aux élèves plus âgés (10-11 ans) qui plus attentifs

en fin de séquence d'enseignement qu'en début. Ces différentes observations amènent Montagner (1980). à conclure que les performances scolaires et psychotechniques d'enfants de 10-11 ans pouvaient être optimisées sous l'effet d'un aménagement différencié en début d'après-midi (reprise de la classe plus tardive). On retient donc de l'ensemble de ces travaux conduits dans le domaine scolaire que, entre l'entrée en classe le matin et la sortie l'après-midi, l'attention évolue très souvent selon le profil suivant : les performances s'élèvent du début jusqu'en fin de matinée, chutent après le déjeuner (creux postprandial), puis progressent de nouveau plus ou moins dans l'après-midi. En effet, les débuts de matinée et d'après-midi correspondent à la fois aux moments de fatigue et aux moments de faibles performances attentionnelles. Enfin, concernant la semaine, on note que toute coupure entraîne une rupture, et le que le lundi semble être le moment de moindre résistance (Laude, 1974). En effet, Il y a un phénomène de saturation en fin de semaine comme, à un moindre degré, en fin de journée.

Chez l'adulte, diverses études ont été également menées pour mettre en évidence les variations circadiennes des performances attentionnelles. Les épreuves utilisées dans ces études, portant en majorité sur des tâches de détection, sont également nombreuses : barrer les « e » dans un texte, trouver des zéros en caractère gras dans une page remplie de zéros minuscules (Blake (1967), chercher des matrices de quatre éléments parmi des matrices de points (Klein et coll., 1979), trouver des paires de lettres identiques dans des lignes de lettres (Fort et Mills, 1976). Pour toutes ces tâches la performance s'améliore au cours de la journée, présente parfois un « creux méridien », se stabilise en fin de journée pour commencer à croître dans la soirée. Toutefois, ce profil se modifie lorsque l'on tient du degré de complexité de la tâche (Folkard et coll. (1976). Ainsi et par exemple, lorsque la tâche se complique, c'est-à-dire quand est consiste à détecter quatre lettres différentes dans un ensemble de lettres, la courbe de performance présente deux « pics » : à 9 heures et à 17 heures ; et cette courbe est totalement inversée quand la tâche quand la détection porte sur six lettres. Parmi les recherches qui ont principalement concerné l'adulte, nous pouvons également noter l'expérience de Bourdon (1926), qui a mis en évidence une courbe des variations annuelles diurnes du travail intellectuel. Celle-ci croîtrait à partir de la veille et dans la matinée jusqu'à un maximum (10-11 heures). Une diminution suivrait vers 12 heures, soit avant ou après le déjeuner effet postprandial). On note ensuite une reprise qui atteint un maximum dans l'après-midi, pour décroître en soirée.

Nous retenons de ces travaux que les processus attention, tout comme l'efficacité intellectuelle, sont soumis à des variations périodiques : les périodes d'éveil psychologiques correspondent à la matinée et celles de rupture sont retrouvées dans l'après-midi.

Ainsi, il semble indiqué que l'efficacité cognitive, selon la dimension psychologique impliquée, subit des fluctuations journalières et hebdomadaires : d'abord, augmentation de l'efficacité jusqu'en fin de matinée où se situe un « pic », puis « creux » d'après-déjeuner et, enfin, progression au cours de l'après-midi. Bien entendu, il convient de prendre avec précaution tous ces résultats obtenus (sur ces fluctuations cognitives), car ils sont tributaires de plusieurs facteurs dont l'âge, le sexe, la matinalité ou la vespéralité ainsi que la nature même de la tâche.

2.3. Facteurs pouvant influencer sur les rythmes

2.3.1. Variables liées à la nature de la tâche

Plusieurs recherches ont montré que la nature de la tâche a des effets différenciés sur les profils de performances. Ces recherches sont abordés selon plusieurs dimensions : celles qui opposent tâches perceptivo-motrices et tâches mentales ; celles qui portent sur l'étude des processus cognitifs mis en œuvre, en particulier pour les épreuves sollicitant la mémoire ; et enfin, celles qui étudient les fluctuations de performances selon le système de traitement de l'information utilisé dans la réalisation de la tâche.

Gates (1916) fut le premier à distinguer les profils de performances à des tâches « mentales » et à des épreuves « perceptivo-motrices ». En effet, un suivi d'élèves de 10-11 ans effectués sur un ensemble de tâches a permis à cet auteur de montrer que la matinée est le meilleur moment pour un travail mental, tandis que pour ce qui concerne les performances perceptivo-motrices, on observe une progression tout au long de la journée. Kleitman (1963), Blake (1967), Monk et Leng (1986) retrouvent sensiblement les mêmes résultats à des épreuves de tri de cartes, barrage de lettres, addition et à des tâches de raisonnement logique. Ainsi, il existe une différence de profil journalier de performance

entre les tâches qui n'exigent pas de traitement cognitives élaborées et celles qui font appel à une activité cognitive complexe. Toutefois, quelques nuances sont apportées à ces résultats par Monk et Conrard (1979), dans une étude menée auprès de secrétaires. Les résultats de cette étude indiquent, en effet, que s'il existe bien une supériorité des performances l'après-midi pour les épreuves classement de date, de transcriptions de numéros de téléphone, erreurs de frappe, en revanche, il n'y a pas de fluctuation significative des performances (barrage alphabétique, détection de flèches, erreur d'inscription, mémorisation de numéro de téléphone, tri de données).

Les recherches relatives aux épreuves impliquant la mémorisation ont montré que le contenu des épreuves à mémoriser (en particulier la charge mnémonique qu'il implique) a un effet différentiel, de même que le type de mémorisation mis en jeu. La mémoire à court terme disposerait d'une capacité limitée de stockage d'informations et de délai de restitution alors que la mémoire à long terme disposerait d'une capacité de stockage illimitée et les informations y seraient encodées de façon permanente. Ainsi, les performances mnémoriques vont fluctuer différemment selon le type de mémoire sollicitée. Pour une tâche de rappel immédiat d'une liste de chiffres par exemple, on observe une meilleure performance le matin que l'après-midi (Folkard et coll., 1977 ; Folkard et Monk, 1980). En revanche, dans le cas d'une restitution différée, la performance est meilleure lorsque l'apprentissage a été effectué l'après-midi. Il ressort donc de ces travaux que l'importance du délai entre l'acquisition et la restitution de l'information modulerait le profil journalier de performance. Par ailleurs, le moment de l'apprentissage et le moment de rappel auraient également une incidence sur les fluctuations de performances : en restitution différée, c'est le moment de l'apprentissage qui va avoir une incidence sur les variations de performance, pas le moment de restitution. La modalité de présentation des informations à traiter est également à prendre en considération (Parasuraman, 1974). Il s'agit en effet, de la présentation soit en « sériel » soit en parallèle. Dans le cas de la présentation en « sériel », les informations parviennent les unes après les autres alors que celle en parallèle implique une présentation de toutes les informations en même temps. Or, il s'avère que ces deux types d'épreuve n'induisent pas les mêmes variations de performances.

Les caractéristiques de la tâche, selon les conclusions des travaux précédemment cités, semblent avoir une incidence sur les fluctuations de performance. Ainsi est-il

nécessaire de connaître la nature d'une tâche pour pouvoir en évaluer les effets. Dans le cadre de notre étude, nos épreuves portant sur des tâches sensorimotrices (barrage de nombre et temps de réaction), on pourrait s'attendre à une progression des performances de nos participants tout au long de la journée.

2.3.2. Variables liées aux conditions d'exécution de la tâche

Les conditions d'exécution d'une tâche, notamment l'environnement dans lequel est réalisé cette tâche, la fatigue et la motivation, semblent influencer sur la rythmicité.

Les sources de motivation peuvent être liées aux conditions psychologiques de passation, aux renforcements positifs, ainsi qu'à la connaissance des résultats. Selon Leplat (1985), ces situations motivantes (la présence d'autrui, en particulier) engendrent une élévation du niveau d'activation générale et du niveau de vigilance dont dépendent en partie les fluctuations journalières de performance. Cependant, Bond et Titus (1983), dans une étude sur l'influence d'autrui sur la performance intellectuelle et sur l'activation physiologique, constatent que cette élévation de l'activation est provoquée uniquement lorsque les sujets exécutent une tâche complexe. Colquhoun (1971), pour sa part, avait déjà indiqué que ces résultats n'étaient obtenus qu'au-delà d'un certain seuil d'activation et en fonction de la complexité de la tâche. Autrement dit, la réaction comportementale n'est proportionnelle à l'activation générale que jusqu'à un certain seuil ; pour chaque épreuve, il y a une activation maximale et par voie de conséquence un niveau optimal de vigilance au-delà duquel on observe une dégradation de la performance.

Par ailleurs, Blake (1971, cité par Fraisse, 1981) montre que les variations journalières de performance généralement observées à des épreuves de barrage de lettres sont atténuées lorsque les sujets sont informés de leurs performances. Toutefois, on observe une moindre fluctuation des performances lorsque les scores sont restitués aux sujets devant le groupe. Ce qui indique l'influence de la présence d'autrui sur la rythmicité. Pourtant, lorsque l'on distingue sujets extravertis et sujets introvertis, seuls les extravertis, plus sensibles à l'opinion des autres sur eux-mêmes, sont influencés par l'annonce des scores au groupe.

Ces séries d'observation conduisent Testu, Allaphilippe, Chasseigne et Chèze (1995) à comparer les effets des conditions psychosociologiques de passation sur la

rythmicité intellectuelle chez des élèves, tout en s'interrogeant si les résultats obtenus en situation collective se retrouvent en situation individuelle. Les principaux résultats de cette recherche indiquent que le mode de passation (collectif versus individuel) influe, d'une part, sur le niveau de performance et, d'autre part, sur les variations journalières. De plus, cette double influence diffère selon le degré de difficulté de la tâche. Ces résultats sont interprétés en termes psychophysiologiques (la dimension psychosociologique du mode de passation est susceptible d'entraîner des modifications des seuils d'activation générale et de vigilance). Un autre facteur psychosociologique est invoqué : l'attente de jugement. En effet, la présence d'autrui (l'expérimentateur) entraînerait un engagement plus important dans la tâche, à travers la rivalité ou la crainte du jugement qu'elle implique.

Outre la présence d'autrui, d'autres conditions psychosociologiques telles que les encouragements individuels ou collectifs, l'intéressement financier et l'aspiration à terminer la tâche peuvent avoir, soit un effet démobilisateur, soit un effet organisateur ; effets pouvant modifier le profil de performance attendu (Chiles et coll., 1968 ; Delvolver et Preteur, 1986).

La motivation et l'intérêt pour la tâche, d'après les différents travaux réalisés sur ces termes, sont des facteurs capitaux dans l'évaluation des effets des conditions psychosociologiques sur la rythmicité. Ces facteurs sont souvent difficilement quantifiables car pouvant recouvrir des formes diverses. En ce qui concerne notre étude, nous n'avons pas eu recours ni à un intéressement financier ni à aucune autre forme de motivation : nos participants ont pris part volontairement à toutes nos expériences.

2.3.3. Variables liées à l'individu

a. Introversion/extraversion

L'introversion est la propension au repliement sur soi-même, contrairement à l'extraversion qui consiste à se tourner vers l'extérieur, vers les autres et à exprimer ses sentiments. Diverses études chronopsychologiques ont porté sur ces deux dimensions de la personnalité. Malheureusement, les résultats de ces études apparaissent parfois contradictoires. En effet, si certains travaux, notamment ceux de Colquhoun (1971) et de

Fraisse (1983), mentionnent une différence de profil journalier de performance entre les introvertis et les extravertis, d'autres en revanche signalant qu'il n'existe pas de différence entre ces deux types de sujets (Blake, 1971 ; Revelle et coll. (1980, cités par Kerkhof, 1985). Les études qui ont pu mettre en évidence des profils différents pour ces deux dimensions semblent toutefois intéressantes.

Pour Fraisse (op.cite), les sujets introvertis auraient une performance (à une épreuve de barrage de lettres) supérieure à celle des extravertis le matin ; tendance qui s'inverserait l'après-midi. Ces résultats sont confirmés par ceux de Colquhoun et Folkard (1978), montrant que les sujets extravertis présentent une meilleure aptitude au travail de nuit.

Toutefois, les études portant sur le temps de réaction vont dans le sens inverse que celles précédemment citées : les temps de réaction seraient plus long pour les introvertis le matin que l'après-midi alors qu'ils seraient plus courts pour les extravertis le matin que l'après-midi. Selon les mêmes études, lorsqu'on considère le genre, les temps de réaction ont tendance à s'allonger chez les hommes introvertis que chez les extravertis, alors qu'ils diminueraient davantage chez les femmes extraverties au cours de la journée. Selon Eysenk (1967), ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les introvertis possèdent un niveau basal d'activité corticale plus élevé que celui des extravertis ; quand on sait que les variations du niveau de vigilance sont d'autant plus grande que le niveau de base est bas.

b. Dépendance/indépendance à l'égard du champ

La variable de personnalité dépendance/indépendance à l'égard du champ se définit comme « *la capacité ou non à distinguer au cours d'activités perceptives et cognitives les traits pertinents d'une situation* » (Huteau, 1987, cité par Leconte-Lambert, 1990). Les individus « dépendants du champ » (DC) ont une perception globale du champ ; de ce fait, ils ont tendance à réagir globalement à une situation sans analyser les divers éléments. Contrairement à ces individus, les sujets « indépendants du champ » (IC) ont une perception analytique du champ environnant et sont capables d'extraire les traits essentiels et dominants du contexte général. On a donc deux types d'individus (DC et IC), opposés

sur un continuum de performances, qui diffèrent selon la nature de leur champ (cognitive, perceptive ou même psychosociale).

Une étude réalisée par en 1985 par Beugnet-Lambert (1985) a pu montré que les IC se différencient des DC par une moins grande variabilité rythmée de leurs performances pour des tâches attentionnelles et pour des tâches impliquant la mémoire à court terme. Par exemple, il a été constaté que la performance à une épreuve de barrage de signes, les performances sont relativement stables au cours de la journée pour les IC, alors qu'elles diminuent sensiblement chez les DC.

Les travaux de Testu (1987) effectués auprès d'élèves de CM2 confirment ces résultats. En effet, ces travaux montrent que les performances des élèves DC à des épreuves de conjugaison, de structuration spatiale et de résolution de problèmes mathématiques fluctuent au cours de la journée (pic à 11h15 et 16h15), tandis qu'elles restent stables pour ces mêmes épreuves chez les IC. Par ailleurs, en considérant les profils journaliers et hebdomadaires, l'auteur fait remarquer que les profils des élèves DC ne se différencient de ceux des IC qu'au plan journalier, avec une très forte progression le matin, un creux d'après-déjeuner et une nouvelle progression l'après-midi.

Ainsi, la dépendance/indépendance à l'égard du champ sur la rythmicité : les individus dépendants du champ, contrairement aux indépendants du champ, ayant des variations plus importantes. Pour Beugnet-Lambert (1988), ce phénomène serait dû, d'une part, à un niveau de vigilance de base plus élevé chez les DC, et, d'autre part, à une plus grande dépendance de ces derniers par rapport aux variations internes (rythmicités biologiques).

c. Matinalité/vespéralité

Si les individus « dépendants » et indépendants » se distinguent selon la nature de leur champ, les vespéraux et les matinaux, eux, se différencient selon leurs moments préférentiels de sommeil et d'éveil (Cf. chapitre 6). Les matinaux, se sentant plus vite fatigués le soir, se coucheraient tôt, tandis que les vespéraux se coucheraient tard et se sentiraient de ce fait fatigués le lendemain matin.

La relation entre cette typologie et les fluctuations de la rythmicité a fait objet de plusieurs études. En chronobiologie, tous les travaux conviennent, selon Kerkhof (1985),

que l'acrophase de la température se situe plus tôt pour les sujets du matin que pour ceux du soir, mais que l'amplitude de la courbe circadienne de la température serait plus grande chez les sujets du soir que chez ceux du matin. La dimension vespéralité/matinalité et le niveau d'activité du système nerveux central (indiqué par la température corporelle) semblent donc liés. D'autres relations ont été établies avec l'efficacité comportementale, dans des études chronopsychologiques. Dans cette perspective, les résultats varient en fonction de la tâche considérée.

Dans une épreuve de temps de réaction, Patkaï (1971) montraient que les matinaux sont plus rapides le matin que le soir à l'inverse des vespéraux qui réagissent plus vite le soir. Ces résultats sont sensiblement les mêmes que ceux de Horne et coll. (1980) obtenus à des tâches de détection visuelle. En effet, cette étude a permis de montrer que les performances des sujets du matin sont meilleures le matin et déclinent tout au long de la journée, celles des sujets du soir progressent toute la journée et sont meilleures le soir que celles des sujets du matin. D'autres résultats trouvés à des épreuves mettant en jeu la mémoire à court terme vont également dans le même sens que ceux précédemment cités.

Lancry (1986) fait apprendre une liste de mots à quatre groupes de sujets matinaux et vespéraux en début (9h et 15h) et fin de journée (12h et 18h). La liste est restituée, une semaine plus tard, à l'heure où l'apprentissage a été initialement effectué. L'auteur constate que la performance des sujets matinaux décroît au cours de la journée, tandis que celle des sujets vespéraux tend à s'améliorer.

Monk et Leng (1982) retrouvent les mêmes types de profils à une épreuve de barrage, mais observent que la dimension vespéralité/matinalité ne module pas significativement la fluctuation. Toutefois, elle (la dimension) présente une influence remarquable sur le profil de performance à l'épreuve de raisonnement logique. Les auteurs constatent, d'une part, en ce qui concerne cette tâche, que les matinaux ont leur maximum de performance dès la première passation du matin (8 heures), alors que ce maximum n'est atteint qu'en fin de matinée (11 heures) pour les vespéraux ; d'autre part, on observe une diminution continue après l'atteinte du maximum pour les deux groupes.

d. L'âge

L'âge semble influencer sur la rythmicité. Cette influence a été mise en évidence aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant. Testu (1988) a étudié, chez des élèves de CP, CE2 et CM2, les variations journalières et hebdomadaires des performances à des tâches mentales. Les résultats indiquent que l'efficacité varie significativement selon les moments de la journée, selon les jours, quels que soient les niveaux envisagés. Ils permettent de constater que les profils journaliers et hebdomadaires, tout en présentant des similitudes évoluent avec l'âge des élèves.

Une autre étude menée par le même auteur (Testu et Janvier, 2005) auprès d'enfants de la maternelle (Moyenne et grande sections de la maternelle) et du primaire (CP, CM2) vient conforter l'idée d'une influence de l'âge sur la rythmicité journalière. Toutefois, si cette étude montre que les performances des trois niveaux d'âge fluctuent au cours de la journée, en revanche ces profils divergent selon l'âge de l'enfant. Par ailleurs, grâce à des indices de variations des performances calculées, on a pu montrer que les variations journalières de l'attention sont moins accentuées chez les enfants plus âgés que chez les plus jeunes.

Leconte-Lambert (1995) avaient également trouvé qu'il y avait bien des modifications de la rythmicité journalière avec l'âge et que cette modification était sous l'influence des stratégies développées.. A la différence des études précédemment cités, ces auteurs ont pris en compte l'exactitude des réponses pour étudier l'évolution des performances à différentes catégories d'épreuves d'attention et de mémoire à court terme (MCT), chez des élèves de CM1 et de CM2. Les résultats montrent que les performances de ces deux niveaux scolaires ne fluctuent pas de la même façon, pour chacune des épreuves concernées. Par exemple, pour les épreuves de MCT, on observe une inversion des profils de variation des moyennes de bonnes réponses entre le matin et l'après-midi. Ce qui ne semble pas être le cas chez les élèves de CM2 chez qui cette inversion est retrouvée pour scores concernant l'apparition d'intrus.

En définitive, au plan scientifique, l'on a tenté, d'une part, de déterminer ce que sont les rythmes biologiques, physiques et comportementaux et, d'autre part, de cerner comment les rythmicités environnementales naturelles ou artificielles synchronisent les

variations des processus physiologiques et/ou psychologiques. Il ressort que le fonctionnement de l'Homme est soumis à une rythmicité circadienne ; ses capacités fonctionnelles sont affectées par deux ordres de fluctuations : les variations structurelles liées à la rythmicité biologique de l'organisme humain et les variations résultant de son activité même. Ces variations dont la manifestation la plus évidente est l'alternance veille-sommeil, touchent tout à la fois le fonctionnement physiologique et les fonctions cognitives (mémoire, raisonnement, attention...). Par ailleurs, le rythme d'efficiences varie d'un individu à l'autre, et les variables liées à la nature de la tâche, aux conditions d'exécution de la tâche sont des variables importantes à prendre en compte dans les études sur la rythmicité de l'efficiences et des comportements. Cependant, nous regrettons la rareté d'études menées auprès d'adultes et de personnes âgées. Aussi voulons-nous élargir notre champ d'études à ces personnes à cet effet.

Chapitre 4

RYTHMICITES ATTENTIONNELLES : APPROCHE D'APPLICATION

1. Rythmicités attentionnelles et activités humaines

De nombreux travaux de chronopsychologie témoignent de l'existence de variations circadiennes des capacités fonctionnelles de l'être humain. Cet acquis des recherches aussi bien en laboratoire que sur le terrain est par ailleurs clairement vérifié dans tous les secteurs de la vie individuelle et collective : l'éducation, la santé, la justice, ainsi que les secteurs industriels et des entreprises : l'objectif de ces travaux est d'étudier les variations des performances attentionnelles de sujets confrontés à diverses.

1.1. Le domaine de la justice

L'étude de Gadbois et Prunier-Poulmaire (1998), portant sur le moment de la production de justice, lors de la tenue d'un procès, fait partie des rares recherches en chronopsychologie qui ont montré que la question de la vigilance et des temps se pose de fait dans le domaine juridique. Il s'agissait dans cette étude, en effet, d'amorcer une réflexion sur le poids de l'heure et des jours dans l'élaboration de l'intime conviction des juges et des jurés.

Les auteurs sont partis, en effet, d'un procès (le procès des marins du MC Ruby, tenu du 13 novembre au 9 décembre 1995), ont pris en compte le déroulement, l'organisation temporelle effective et le poids du « temps de travail » de ses acteurs. Deux points ont retenu leur attention : le premier était la longueur des journées pendant lesquels magistrats et jurés avaient été mobilisés (17 journées ont atteint 10 h d'audience, 7 d'entre elles ont atteint ou dépassé 12 heures, et la dernière a duré 15 heures). Le deuxième point à noter est que les journées du procès se sont terminées tard dans la soirée (après 20 heures, pour la moitié après 21 heures, et pour 4 sur 10 après 22 heures). Les journées furent dans l'ensemble particulièrement longues et il semble qu'en de nombreux moments, les acteurs

du procès eurent à œuvrer dans un cadre horaire tel que leurs capacités d'attention, de mémoire, d'idéation, puissent avoir été amoindries. Ainsi, la question qui est soulevée ici est bien évidemment celle du maintien de l'attention au fil des heures et de la fatigue.

C'est donc dans une visée prospective que la lecture du procès du MC Ruby, à la lumière des enseignements de la chronopsychologie, appelle considération. Décider de la culpabilité d'un accusé, apprécier son degré de responsabilité, peser les éventuelles circonstances atténuantes, se prononcer sur la peine qu'il mérite, sont des tâches très complexes qui requièrent une mobilisation de l'ensemble des ressources intellectuelles des hommes et des femmes qui en ont la charge. De plus, la complexité des situations soumises à jugement fait que cette mobilisation doit souvent être maintenue des heures et des jours durant.

En conclusion, la production des décisions de justice n'est pas plus que toute activité humaine à l'abri de l'épreuve du temps. Le déroulement temporel de ce procès, qui sort sans doute de l'ordinaire, met puissamment en relief la pertinence de la prise en compte des fléchissements des capacités de jugement auxquels l'être humain est sujet au fil de chaque journée. Il importe donc d'intégrer ce paramètre dans la gestion du travail des professions de justice et, pourquoi pas, dans le domaine de la conduite automobile et les autres secteurs d'activité.

1.2. Le domaine de la santé

Les implications pratiques des travaux de chronopsychologie dans le domaine de la santé sont diverses et importantes. Ces travaux portent, pour la plupart, sur les troubles du comportement et leur lien avec les altérations des rythmes biologiques. Par exemple, on a constaté, dans les vols aériens dont la distance est supérieure à cinq fuseaux horaires, en raison du décalage de positionnement dans la journée, une « désynchronisation » des rythmes biologiques : il se révèle que ces désynchronisations ont des répercussions sur la santé ainsi que sur l'efficacité comportementale qui ne présente plus les mêmes variations circadiennes. Ainsi, on est tenté de penser que les perturbations des rythmicités biologiques sont associées aux modifications de l'organisation temporelle de l'efficacité comportementale. Dans cette optique, des travaux de chronobiologie, notamment ceux de

Reinberg et coll. (1980), Reinberg, Andlauer et Vieux (1981), ont montré que les contraintes temporelles dues, soit aux dispositifs techniques (travail à la chaîne, cadence d'une machine), soit à l'organisation du travail (normes à respecter, horaires, salaire dépendant du rendement), soit encore à la pratique professionnelle (existence de pauses, répartition de ces dernières, possibilités d'interrompre le travail à n'importe quel moment), perturbent de façon répétée les rythmes biologiques naturels. Les contraintes de temps imposent donc au travailleur de vivre et de s'adapter à des horaires inversant le nyctémère habituel.

Les travaux relatifs à la chronopathologie ont traité d'altérations essentiellement temporelles des rythmes biologiques, en lien avec certains déficits comportementaux et notamment cognitifs. Etudiant l'organisation du sommeil et les fonctions cognitives chez des patients traumatisés crâniens, Ron et coll. (1980) ont montré une corrélation élevée entre les améliorations de l'efficacité cognitive et celles du sommeil paradoxal. Par ailleurs, certains auteurs ont fait l'hypothèse d'une anomalie de l'entraînement ou de la désynchronisation des rythmes circadiens dans les dépressions endogènes unipolaires et bipolaires et tout particulièrement dans la maladie maniaco-dépressive. Wehr et coll. (1983) ont suggéré que la dépression était associée à une avance de phase de l'oscillateur circadien contrôlant la température et le sommeil paradoxal par rapport à l'oscillateur veille-sommeil. Cette hypothèse est renforcée par la rémission de la dépression lorsqu'on oblige les patients à se coucher plus tôt afin de « recaler » le cycle de sommeil avec celui de la température, ou lorsqu'on prive ceux-ci de sommeil et notamment de sommeil paradoxal (Vogel, 1981). D'autres auteurs suggèrent qu'un des facteurs importants est la relation qui existe entre l'altération des rythmes circadiens et l'alternance lumière-obscurité : à cet égard, il a pu être montré que l'allongement de la période d'éclairage et l'augmentation de l'intensité lumineuse en début et en fin de journée entraînent des améliorations sensibles de l'état des sujets dépressifs (Rosenthal et coll., 1984). Toutes ces données, tous ces nombreux faits d'observation autorisent à penser qu'une relation privilégiée existe entre les rythmes biologiques et l'efficacité cognitive.

La périodicité de certains phénomènes pathologiques a retenu l'attention des médecins et de certains chercheurs. Ainsi l'attaque de goutte commence au milieu de la nuit et disparaît « au chant du coq », ce qui correspond au petit matin. Beau (1836, cité par Reinberg, 2003), pour sa part, fait allusion à un rythme de 24 heures dans l'apparition des crises d'épilepsie. Benoit (1984) fait référence à des travaux qui, suite à la constatation des

variations saisonnières des accès dépressifs (dans les pays nordiques, il y a une recrudescence des dépressions au printemps et en automne), ont montré que l'allongement de la période d'éclairage chez les déprimés et l'augmentation de l'intensité lumineuse en début et en fin de journée, entraînent des améliorations relativement longues de l'état dépressif. Ces données suggèrent alors une réponse anormale à la lumière du système circadien chez le déprimé. Loewenstein et coll. (1982) montrent aussi que les troubles cognitifs sont très variables, chez un même sujet, au cours de la journée. On observe une alternance de périodes confuses et de périodes d'amélioration apparente.

On le voit, l'approche chronopsychologique des troubles du comportement a permis de comprendre que les perturbations des rythmicités biologiques contribuent à l'altération de la santé et de l'efficacité comportementale. Il apparaît également que certains troubles, notamment les traumatismes crâniens, la dépression, la démence, etc., sont liés à des altérations des rythmes biologiques. La conception de techniques thérapeutiques propres à « normaliser » ces variations comportementales a donné d'excellents résultats et d'autres recherches sont en cours. Du fait des nombreux accidents, ces recherches prennent aussi en compte les cinétiques respectives des fonctions cognitives et du sommeil dans la conduite automobile. Lyzniki, et coll. (1998). ont trouvé que les conducteurs présentant une pathologie du sommeil sont plus exposés aux accidents par hypovigilance. Le risque couru par les narcoleptiques est plus important que par rapport à ceux qui souffrent de syndromes d'apnée du sommeil. Interrogeant 90 travailleurs apnéiques sur leur sommeil et sur les antécédents accidentels, Léger et coll. (1997) estiment que 58% de ces apnéiques s'endorment dans les moyens de transport le matin et 62%, le soir. Selon Findley et coll. (1989) ; les apnéiques ont cinq fois plus d'accidents que la population générale, montrant ainsi que ces syndromes du sommeil sont à l'origine d'un risque non négligeable d'accidents au volant.

1.3. Les secteurs industriels et des entreprises

Les recherches sur le terrain effectuées sur les fluctuations des activités administratives ou industrielles sont nombreuses. Ces recherches, se faisant souvent dans des conditions particulièrement différentes de celles réalisées en laboratoire, se fondent

pour la plupart sur des critères plus objectifs, notamment le rendement, la rapidité et/ou l'exactitude du travail demandé.

Vernon (1921) a trouvé trois types d'évolution au cours de la journée. La première concerne la fatigue : là où le travail est musculairement fatigant, il y a une baisse de rendement à la fin de la matinée et de l'après-midi. Ce résultat se rapproche de celui trouvé par Lehmann (1962), qui avait remarqué que la force de travail musculaire mesurée par l'ergographe à pédale passait par deux maximums, l'un dans la matinée, l'autre dans l'après-midi. Le deuxième type d'évolution observé par Vernon (op. cite) est celle où la pratique est importante. Cette courbe présente, en effet, deux maximums : vers les fins de matinée et d'après-midi. Enfin, le troisième type d'évolution, c'est-à-dire les courbes à maximum vers la fin de l'après-midi, seraient caractéristiques de ceux qui travaillent aux pièces.

On pourrait donc penser que le moment de la journée influence l'efficacité humaine. Favergé (1967) semble épouser ce point de vue mais trouve cependant que cette manière de voir les choses est insuffisante. Pour lui, le rythme du poste pourrait caractériser un type de travail sans correspondre nécessairement à un rythme réglé par l'heure du jour. Notons que cet auteur avait constaté chez des ouvriers que pour un poste donné, la production au début du poste est inférieure en général à la moyenne. Il y a une mise en train, puis la production devient supérieure à la moyenne, pour rejoindre, vers la fin du poste la moyenne. La latitude laissée par exemple à l'opérateur d'organiser son travail permet la mise en œuvre de véritables régulations intra et interindividuelles. L'étude de D'Artensac et Delfino, 1983, cité par Lancry, 1988) atteste cette possibilité. En effet, analysant le travail de contrôle de production chimique, ces auteurs ont montré que certaines tâches pouvaient être anticipées ou étalées dans le temps selon le poste de travail.

En plus de la nature de la tâche et du système de poste, il convient également de prendre en compte l'influence des facteurs psychosociaux dans l'étude des variations circadiennes des performances. Indépendamment de l'aspect circadien, la recherche de Dogniaux (1978), souligne l'importance de ces variables. L'entreprise étudiée avait trois usines, avec au même lieu les mêmes tâches et le même type de personnel. Il a été constaté que la fréquence des accidents variait d'une usine à l'autre. Celle qui avait le moins d'accidents était pourtant la plus vétuste, et c'était apparemment celle où les dangers étaient les plus grands ; mais elle était aussi celle où une enquête psychosociologique a montré que les ouvriers prenaient le plus en charge, d'une manière collective, le problème

de la sécurité. La motivation et l'intérêt pour le travail sont donc des facteurs capitaux susceptibles de moduler les rythmes circadiens de l'activité. A ces variables, on pourrait ajouter les facteurs individuels, notamment l'âge du travailleur (Minors, 1981), le type d'organisation de l'activité hors travail (Torsvall et Akerstedt, 1979) ainsi que la durée du travail déjà effectué qui, selon Fraisse (1980), pourrait influencer aussi bien sur la nécessaire mise en route que sur la fatigue ou sur la motivation.

Il apparaît que l'efficacité, caractérisée par le rendement, fluctue selon les moments de la journée mais aussi en fonction des facteurs situationnels et psychosociologiques. Outre le rendement, d'autres critères ont pu être utilisés pour mesurer directement la performance : la quantité, la rapidité et/ou l'exactitude du travail demandé. Dans cette perspective, Browne (1949) a mené une étude auprès de trente-huit opératrices qui travaillaient en travail posté. Ces opératrices devaient, en effet, répondre à un appel en établissant une connexion entre télétypes. On a mesuré la latence de cette réponse tout au long de la journée pendant trois mois. Les résultats indiquent une variation circadienne importante. De 8 h à 16 h la latence diminue, pour passer par un minimum entre 16 h et 24 h. Puis elle commence à augmenter et devient maximum vers 3-4 h du matin. Ainsi, selon Browne (op. cite), la durée de la latence à répondre à des appels par des standardistes évolue tout au long du nyctémère. L'auteur fait cependant remarquer que cette évolution ne dépend pas de la charge de travail exprimée par le nombre d'appels à l'heure. Au surplus, il semblerait que dans la nuit, moins il y a d'appels, plus la latence est longue.

Ces observations conduisent à faire penser que cette évolution pourrait se comprendre en termes du maintien nécessaire d'un certain niveau de vigilance. Dans ce sens, De Terssac et ses collaborateurs (1983) ont mené une étude sur l'activité de techniciens assurant le contrôle du bon fonctionnement de l'ensemble des installations d'une usine chimique. Cette activité nécessitait la surveillance de très nombreux paramètres dont les variations sont affichées sur des batteries de cadrans, de voyants et d'alarmes réunis sur de vastes panneaux muraux. L'activité de surveillance de ces techniciens (travaillant selon un système d'horaires en trois équipes : 4h-12h-20h) est évaluée par la fréquence des regards d'inspection portés sur ces différentes zones de panneaux muraux. Les résultats indiquent un très net ralentissement de l'activité en période nocturne, suivie d'une intensification en matinée puis, après un plateau dans l'après-midi, une chute très rapide et très marquée à partir de 17 h. Cette fluctuation de l'efficacité

illustre donc de façon tout à fait éloquente l'existence de la variabilité circadienne des capacités fonctionnelles. D'après les auteurs, cette variabilité est due à la rythmicité biologique fondamentale qui sous-tend l'ensemble du fonctionnement de l'organisme ; mais elle procède aussi, pour une autre part, de la dégradation de l'efficacité qui résulte de la prolongation de l'activité durant un certain nombre d'heures, et ce quel que soit le moment de la journée.

De ce qui précède, on pourrait retenir que l'efficacité est liée au niveau de vigilance et qu'elle fluctue en même temps que lui. De ce fait, la nuit semble être considérée comme une période de moindre performance. Ainsi par exemple, Dogniaux (1978) trouve (sur 263 accidents), dans une fonderie belge, que les accidents sont sept fois plus fréquents pendant le poste de nuit, surtout pendant la deuxième partie (entre 2 et 6 h du matin). Cette baisse notable nocturne est également mise en évidence dans les travaux de Browne (1949) sur la durée de latence à répondre à des appels par des standardistes, ainsi que dans les travaux de Bjerner et Swensson (1953) sur la fréquence des erreurs dans la lecture de compteurs.

Cette idée selon laquelle la nuit serait une période moins propice au travail est infirmée par Andlauer et Metz (1955), qui trouvent des résultats différents de ceux précédemment obtenus sur les accidents pendant les postes de nuit. En effet, ces auteurs ont étudié les accidents du travail dans cinq entreprises à travail continu et astreignant. Les résultats de ces travaux montrent que dans tous ces cinq établissements, la fréquence des accidents est moindre pendant le poste de nuit (environ 22 h – 6 h). Pour les auteurs, ces résultats inattendus pourraient s'expliquer par le fait que la nuit les ouvriers travailleraient plus automatiquement, à l'abri de distractions endogènes et exogènes. Wojtczak-Jaroszoma et Pawloska-Skyba (1967), dont les travaux ont porté sur la vitesse d'exécution des nœuds par des fileurs, ont trouvé que la vitesse d'exécution de ces nœuds reste relativement stable de 20 h à 4 h du matin.

L'ensemble des résultats précédemment cités montrent une variation de l'efficacité (évoluant avec le niveau de vigilance) de l'opérateur au travail, variation pouvant être modulée par l'organisation du travail (horaires fixes ou changeant) ou encore par des facteurs individuels ou psychosociologiques. Se pose alors le problème de l'adaptation, de la meilleure adéquation possible entre l'Homme et le travail. La chronopsychologie appliquée à la psychologie du travail doit se soucier de cette adaptation ; adaptation qui

doit être envisagée à la fois dans son sens strict (à la limite celui de l'ajustement de l'organisme à des horaires fixes ou changeants), mais aussi dans une perspective plus large, à savoir celle qui consiste à appréhender toutes les conséquences du travail tant sur la santé physique et mentale que sur la vie hors travail. Le domaine des transports ne devrait pas échapper aux retombées de cette adaptation, d'autant que selon certaines études accidentologiques (Mc Cartt et coll., 1996 ; Novak et Auvil-Novak, 1996), le travail posté, le travail de nuit ou trop long, sont à l'origine de près de la moitié des accidents attribués à la somnolence.

2. Rythmicités attentionnelles et transports

Diverses recherches ont montré que les catastrophes ou les accidents sont presque toujours causés par une défaillance ou une erreur humaine. Afin de prévenir ces catastrophes, les études effectuées dans le domaine des transports ont essentiellement porté sur les états d'hypovigilance, leurs causes et leurs circonstances.

2.1. Le domaine des transports aériens

Dans l'aviation civile, on s'est surtout intéressé aux situations favorisant les états d'hypovigilance ; situations qui sont entre autres, selon Mollard et coll. (1995), la fatigue, le manque de sommeil accumulé avant une envolée, le retard apporté à une envolée, l'horaire et la longueur du vol. On s'est aussi intéressé aux décalages horaires et à leurs effets non seulement au plan des rythmicités biologiques mais aussi au plan psychologique quant aux désynchronisations entre les vols et au rythme biologique veille-sommeil. Les études concernant ces changements montrent que le décalage horaire altère la qualité du sommeil qui est moins « efficace » (efficacité de 50 à 90%), avec réveils plus fréquents, surtout chez les pilotes âgés de plus de 50 ans. Un vol vers l'Ouest s'accompagne d'un retard de phase des rythmes biologiques et notamment du rythme veille-sommeil. A l'inverse, un vol vers l'Est entraîne une avance de phase. L'intérêt de ces travaux est d'avoir permis de montrer que différents processus psychologiques sont affectés dans ces

vols transméridiens. Ainsi et par exemple, il faut, pour ce qui concerne les temps de réaction, 2 à 8 jours pour que le retour à une évolution circadienne normale des performances se manifeste (Buck et coll., 1989). Le cycle/veille sommeil se modifie et s'adapte globalement au nouvel horaire assez rapidement en 1 ou 2 jours, par contre la température et le cortisol ne le font qu'en 1 à 3 semaines. Il a été aussi trouvé que l'adaptation aux vols est/ouest est plus rapide que lors des vols ouest/est (Fevre-Montange (1981).

Par ailleurs, les recherches sur le niveau d'éveil des pilotes au cours des vols (commerciaux longs et très long-courriers, vols d'endurance ou en équipage minimal...) ont permis de mettre en évidence des survenues d'hypovigilance. Les résultats indiquent que ces hypovigilances surviennent aussi bien lors d'activités non reliées au vol (lectures de journaux, discussions intermittentes avec l'équipage...) que lors de l'exécution de tâches en relation avec la gestion du vol. Elles surviennent également très souvent lors de tâches administratives et lors de périodes au cours desquelles l'équipage ne présente pas d'activité particulière (Coblentz et coll., 1991). Desir (1983) et Moore-Ede (1982) font référence à de véritables désorientations temporelles du personnel, ayant pu être à l'origine de catastrophes. Ces détections de baisse de vigilance ont débouché sur des recommandations visant à améliorer le maintien de la vigilance et la gestion du sommeil et des siestes à l'escale et en vol.

2.2. Le domaine des transports terrestres

Dans le domaine des transports ferroviaires, il a été trouvé que les capacités d'attention des conducteurs de trains représentent un élément clé de la fiabilité humaine, les dégradations de leur performance et surtout leur manque de vigilance étant la cause désignée de plusieurs accidents. L'observation des activités du conducteur, réalisée au cours des trajets, indique que les épisodes d'hypovigilance surviennent fréquemment au cours du trajet, non seulement lors de phases très monotones de la conduite (croisières et traversée de tunnel) ou de phases d'arrêt (attente à un feu rouge) mais aussi lors de phases nécessitant a priori une attention soutenue et une efficacité optimale (portion de trajet à vitesse limitée ou présence de travaux...) (Mollard et coll., 1991). Selon Cabon et coll. (1995), ces hypovigilances peuvent être attribuées à deux facteurs essentiels : d'une part,

l'organisation du travail avec des horaires irréguliers et, d'autre part, un travail de nuit fréquent et à la monotonie de la tâche liée à une fréquence faible de stimuli ou à un caractère répétitif de ces derniers. On pourrait donc penser qu'un meilleur maintien de la vigilance pourrait être obtenu dans le transport ferroviaire en améliorant l'organisation des horaires de travail, ou en aidant les opérateurs à s'adapter à ces horaires décalés.

Dans le domaine de la conduite automobile, parmi les études engagées pour démontrer le lien qui peut exister entre conduite et sûreté de conduite, on retrouve principalement deux types de travaux : les études in situ ou expérimentales, et les études accidentologiques ou statistiques.

Les études accidentologiques permettent d'apprécier le risque réel en prenant en compte des sujets impliqués dans les accidents, voire considérés comme responsables de ceux-ci. Ces études d'observation sont menées à partir de procès-verbaux, ou mieux à partir de données issues d'études détaillées d'accidents (études du cas chassé-croisé, études longitudinales cohortes, enquêtes de terrain, etc.). On peut alors sélectionner un échantillon d'accidents, examiner les procès-verbaux... Plusieurs facteurs pouvant influencer la conduite automobile et entraîner des accidents ont été mis en évidence. L'analyse des circonstances des accidents survenant sur autoroute fait apparaître que l'assoupissement et la fatigue au volant sont deux des principales causes d'accidents. Planque et coll. (1995) ont mené une étude en conduite réelle pendant 4 heures sur une distance de 120 km. Les résultats obtenus en termes de baisse de vigilance indiquent que près de 50 % des sujets ont eu des baisses de vigilance très graves, 33,4% des sujets ont eu des baisses de vigilance légères, non associées à une conduite dangereuse. Seulement, 19% d'entre eux n'ont montré aucune baisse de vigilance. Il apparaît donc clairement, au travers de cette étude que la baisse de vigilance au volant est un facteur à prendre en compte dans la conduite. Une enquête de l'Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes (ASFA, 1992) portant sur 323 conducteurs, a permis d'établir la liste des symptômes les plus souvent liés à cette baisse. Elles sont, par ordre croissant : le clignement des yeux, le bâillement, la somnolence, les maux d'yeux et le besoin de bouger. Par ailleurs, la plupart des études portant sur le nombre d'accidents suivant l'heure du jour tendent à montrer que l'après-midi (13h à 16h) et la nuit (1h à 6h) sont les périodes particulièrement favorables à la survenue d'hypovigilances (Besson et Pecker, 1962 ; Lee-Gosselin (1995). Ces horaires d'occurrence ont plus souvent été retenus dans le cadre d'études expérimentales.

Les recherches expérimentales sont effectuées en laboratoire (sur simulateurs de conduite ou sur d'autres logiciels de simulation) ou en situation réelle de conduite. Le niveau de vigilance du conducteur relevant de sa physiologie, la vigilance est mesurée par des indices physiologiques (EEG, EOG, ECG, etc.), auxquels sont associés des réponses psychomotrices sur les différentes commandes du véhicule (frein, accélérateur, mouvement du volant, etc.). L'analyse de ces indices physiologiques et comportementaux ont permis de montrer que la stratégie de conduite se modifie lorsque la vigilance décroît : ouverture de la fenêtre du véhicule, recherche de dialogue, gestes autocentrés, variations posturales, etc. (Rogé et coll., 2001). Diverses mesures de prévention ont été proposées pour pallier l'hypovigilance au volant. Ces mesures ont été orientées vers l'équipement du véhicule en systèmes d'aide au maintien de la vigilance (moniteur de fermeture des yeux, dispositif de mesure du temps de réaction à un signal visuel d'alarme de fatigue, etc.) (Khardi et Hernandez-Gress, 2000 ; Malaterre et Fontaine, 1990). En outre, des efforts ont été réalisés pour essayer de modifier les comportements des conducteurs, par exemple, réduire la longueur des trajets sans halte, tenir compte des rythmes circadiens de la vigilance et souligner l'intérêt d'une gestion adaptée du sommeil, avant un long trajet (Dinges, 1995 ; Horne et Reyner, 1995).

En définitive, les variations de l'efficacité humaine ont été largement documentées. Ce qu'il importe de retenir, et les quelques travaux présentés susmentionnés le montrent de façon suffisamment éloquente, c'est que l'être humain est fondamentalement sujet à des fléchissements de ses capacités cognitives au fil des heures, du fait de la rythmicité circadienne et des phénomènes de dégradation dus à la durée de la tâche accomplie. L'ensemble des travaux réalisés, bien qu'importants quantitativement, ne permet pas encore de tirer de conclusions quant aux effets précis du moment de la journée sur l'évolution et la qualité des performances attentionnelles et de conduite, d'une part, et les profils journaliers d'accidents, d'autre part. Il est urgent d'analyser de manière fine ces variations journalières tout en prenant en compte les facteurs, notamment l'âge, le sexe et la typologie, susceptibles d'influer sur ces profils.

Chapitre 5

PROBLEMATIQUE ET HYPOTHESES

Plusieurs études ont eu pour objet la conduite automobile. D'une façon générale, ces études considèrent cette activité sous plusieurs angles : d'abord sous l'angle technique et réglementaire (Lefebvre, 1996 ; Roche, 1980) ; ensuite sous l'angle phénoménologique et subjectif portant sur les attitudes, les représentations et les motivations des conducteurs (Catani et Verney, 1986 ; Pervanchon-Simmonet, 1991) ; enfin, sous l'angle des problèmes qu'elle pose, notamment en matière d'accidentologie (Arcand et al, 1997; Menzin et al, 2001). L'intérêt de ces travaux est d'avoir montré que la conduite automobile relève à la fois de l'activité individuelle, pour ce qui est des actions de commande et de contrôle du véhicule ; et de l'activité collective, parce que la conduite met en scène des interactions entre des individus tenus de coordonner étroitement leurs manœuvres par le jeu d'anticipations réciproques.

Par ailleurs, ces travaux ont également montré que la conduite est un comportement organisé et coordonné qui, en plus des fonctions sensorielles et motrices, implique une cohorte de fonctions cognitives (perception, intelligence, attention, mémoire...) se traduisant par un comportement qui se doit d'être adapté aux diverses situations rencontrées dans le système routier. Certes, la plupart de ces études n'ont pas mis en relation, simultanément, toutes ces composantes psychologiques avec la conduite. Néanmoins, lorsqu'on considère plusieurs recherches réalisées dans une telle perspective, il est possible de saisir, dans le détail, leur importance. Ainsi, la mémoire intervient lorsqu'il est nécessaire de retenir la destination du trajet (mémoire épisodique), d'identifier les panneaux de signalisation (mémoire sémantique) et de manier le véhicule (mémoire procédurale). Les capacités visuo-spatiales, quant à elles, permettent un positionnement approprié du véhicule, une estimation des distances, une interprétation de la situation routière et une prédiction de son évolution. En outre, l'attention et le pouvoir de concentration sont également d'une importance certaine. En effet, pendant la conduite, il faut à chaque instant et avec précision faire des gestes adaptés aux circonstances et à l'environnement (attention maintenue), se concentrer sur la sélection des informations les

plus pertinentes à la conduite (attention sélective) et enfin, détecter en même temps la présence, la vitesse et la direction d'un objet dans l'environnement (attention divisée).

Précisons, sans toutefois réduire l'ensemble de l'activité cognitive à une prédominance quelconque du processus attentionnel, que l'attention semble être de première importance. Et pour cause, ce processus serait la clé des autres fonctions psychologiques : son action précède et assiste, sans s'interrompre jusqu'à la fin de la tâche, celle des autres fonctions dans la réalisation des tâches cognitives (Camus, 1996 ; Richard, 2003) ; l'attention permet de contrôler, régler ou moduler la quasi-totalité de nos activités psychologiques (Camus, 2003 ; Richard, 1974). En quelque sorte, «elle traduit l'idée de la prédominance d'une activité sur toutes les autres formes possibles au même moment » (Grau et Amalberti, 1995).

Aussi est-il également nécessaire de préciser que l'attention diffère de la vigilance quand bien même que ces deux notions aient une certaine affinité réciproque. D'une part, le terme de vigilance signifie, étymologiquement, éveil, surveillance attentive (Clot, 1992). Selon les disciplines scientifiques (neurophysiologie, psychologie, ergonomie...), cet état de veille correspond à un état d'activation du système nerveux central qui s'échelonne sur un continuum allant du sommeil jusqu'aux états émotifs en passant par les états de veille diffuse et de veille active. Le concept de la vigilance comprend donc deux versants, l'un physiologique, qui correspond au niveau d'éveil du système nerveux central, l'autre psychologique, défini par l'attention soutenue. D'autre part, l'attention se définit comme une instance de contrôle et d'orientation de l'activité (Richard, 1980). C'est une aptitude psychologique majeure qui nécessite des niveaux de vigilance (Heinz et coll., 1992). De ce point de vue, nous pensons que les relations entre attention et vigilance sont intimes, puisque l'état de veille active est nécessaire pour faire attention, même s'il n'est pas une condition suffisante au mécanisme de l'attention. En tout état de cause, nous optons, pour notre part, pour le terme d'attention; non seulement pour mieux circonscrire notre étude mais aussi dans le but d'interpréter cette notion, tout comme Bruni (Bruni et coll., 1995), en termes d'efficacité (réussite de tâche) ou de performance (vitesse et exactitude dans l'accomplissement de la tâche).

Ainsi, les fonctions cognitives et plus singulièrement les capacités attentionnelles conditionnent les performances de conduite, et leur altération pourrait être une source importante d'accidents et d'incidents. Ce rôle montre bien l'intérêt qu'il y a à étudier cette activité en psychologie, surtout quand on sait que, selon les différentes études et travaux

réalisés en chronopsychologie, l'efficacité cognitive n'est pas stable mais fluctue selon des périodicités diverses. (Fraisse, 1980 ; Testu, 2008). Ainsi et par exemple, le niveau de l'attention fluctue dans la journée à des heures déterminées du nycthémère : les périodes d'éveil psychologique correspondent au milieu de la matinée (10 h et 12 h) et celles de la deuxième moitié de l'après-midi (16 h et 18 h), tandis que celles de rupture se retrouvent en début de matinée et d'après-midi.

Cette instabilité périodique de l'efficacité cognitive, transposée à la conduite automobile, pourrait influencer sur les performances en conduite, vu que celle-ci est une tâche soumise à des contraintes temporelles exigeant du conducteur le maintien d'un haut niveau de vigilance et une attention soutenue. Au demeurant, les études accidentologiques portant sur les profils des accidents de la circulation, notamment celles de Folkard (1997) et Levin et coll. (1995), ont conclu à une variation de type circadien, dans laquelle le taux horaire d'accidents présente une valeur maximale à deux moments de la journée. Les horaires d'occurrence sont variables selon les auteurs, mais se situent en moyenne dans les intervalles de 1h à 6h du matin et de 13h à 16h dans l'après-midi, conformément aux profils circadiens de l'attention mis en évidence en laboratoire. On pourrait donc penser qu'il existe un lien entre le rythme des accidents et les horaires prévisibles de baisse d'attention.

Une étude de concordances éventuelles entre les pics d'accidents liés au conducteur et ces horaires d'occurrence paraît donc nécessaire, tout en tenant compte, bien entendu, des facteurs susceptibles d'influencer ces profils. Ces facteurs sont nombreux et sont souvent liés aux conditions d'exécution ou à la nature de la tâche, aux différences individuelles, niveau de motivation... Parmi ceux-ci, il conviendrait de distinguer l'âge et la typologie du sujet, ces facteurs occupant une place importante dans la genèse des accidents (Fröberg, 1977 ; Ryan, 1998). Du fait, par exemple, des altérations physiologiques, le processus de vieillissement entraîne un ralentissement des fonctions mentales, motrices et sensorielles rendant plus difficile l'apprentissage de tâches nouvelles, la manipulation d'informations inhabituelles en mémoire de travail et surtout le partage de l'attention (entre plusieurs informations simultanées) et sa focalisation (filtrage des informations inutiles). Ceci pourrait avoir une incidence sur l'habileté à la conduite chez les personnes âgées et par conséquent entraîner un taux d'accidents élevé. De plus, les jeunes, de par leur inexpérience et les caractéristiques propres à la jeunesse (tendance à accepter les risques, désir de se découvrir, etc.) seraient exposés au risque d'accidents.

La conduite automobile pourrait donc être sous l'influence de l'âge. Il en est de même pour les typologies des conducteurs, c'est-à-dire selon qu'ils sont extravertis ou introvertis (Blake, 1971), vespéraux ou matinaux (Horne et coll., 1980), dépendants ou indépendants à l'égard du champ (Huteau, 1987). La vespéralité et la matinalité constituent un paramètre essentiel du rythme veille/sommeil (conforme au profil circadien de l'attention) et par conséquent, pourrait être mis en lien avec la conduite automobile. Plusieurs chronotypes ont été définis: les matinaux, les sujets intermédiaires et les vespéraux (sujets du soir) (Charaa, 1998). Ces sujets se distinguent par leurs horaires spontanés habituels du sommeil, et leurs temps de meilleure forme sont nettement décalés dans la journée : les sujets du matin ont un pic plus précoce alors que les gens du soir sentent qu'ils sont en meilleure forme l'après-midi ; les matinaux sont plus attentifs le matin et les vespéraux, le soir (Bruni, 1995). L'intérêt de ces caractéristiques individuelles est donc indéniable pour le domaine de la conduite automobile.

Nous partons donc du point de vue selon lequel le niveau d'attention varie au cours des vingt-quatre heures et que cette variabilité d'un même individu ou d'un individu à un autre a des implications sur la conduite.

Hypothèses générales

✚ Les moments de la journée influencent différemment les performances attentionnelles et de conduite selon l'âge, le sexe et la typologie comportementale.

✚ La fréquence des accidents fluctue au cours de la journée selon l'âge et le sexe des conducteurs.

✚ Les profils attentionnelles et de conduite simulée évoluent de la même façon que les profils journaliers d'accidents.

Deuxième partie :
Etudes expérimentales et
accidentologiques

Chapitre 6

ETUDE DES PROFILS JOURNALIERS DES PERFORMANCES ATTENTIONNELLES ET DE CONDUITE SELON L'AGE, LE SEXE ET LA TYPOLOGIE

L'objectif de notre étude vise à montrer l'effet du moment de la journée sur les performances attentionnelles et de conduite. Il s'agira donc dans ce chapitre de mettre en évidence, d'une part, les profils journaliers attentionnels de nos participants et, d'autre part, de dégager les profils de performances de conduite (indicées par le temps de réaction) de ces derniers. Notons qu'il ne s'agit pas pour nous de montrer l'existence éventuelle d'une rythmicité circadienne sous-tendant les performances ou l'existence de rythmes psychologiques spécifiques à l'attention, nos tests n'étant réalisés qu'à quatre horaires de la journée (début et fin de matinée, début et fin d'après-midi). Tout ceci pour insister, tout comme Maury (1993), sur le fait que la mise en évidence des rythmes psychologiques implique nécessairement qu'il faille démontrer d'une périodicité du phénomène observé proche de vingt-quatre heures. Encore faudrait-il, sur le plan méthodologique, collecter de très nombreuses mesures durant plusieurs fois la période supposée du nyctémère.

Cette précision étant apportée, un intérêt particulier sera porté, parallèlement à l'étude de l'évolution journalière des performances attentionnelles et de conduite, sur les dispersions liées à l'âge, au sexe et aux chronotypes (matinalité / vespéralité) de nos participants. On pourra alors comparer les niveaux d'attention et dégager les profils de performances concernant ces participants selon ces variables susmentionnées.

1. Méthodologie commune à l'ensemble des études expérimentales

Toute approche scientifique se doit de faire reposer ses observations sur des bases méthodologiques qui méritent d'être explicitées. En conséquence, la définition des variables à l'étude, les critères de sélection de la population, les instruments de la

recherche, l'indication de la procédure et le traitement statistique adoptés dans la présente étude, nous paraissent nécessaires.

1.1. Définition des variables

L'objectif de la présente étude, rappelons-le, est de mettre en évidence l'influence des différents moments de la journée sur les performances attentionnelles et de conduite, en fonction de l'âge, du sexe et de la typologie. Ainsi, cette étude met en œuvre cinq variables : trois variables indépendantes constituées par les différents moments de la journée, l'âge, le sexe et la typologie, d'une part ; et deux variables dépendantes qui sont les performances attentionnelles et de conduite, d'autre part. Pour une meilleure compréhension de notre travail, nous devons expliciter ces différentes variables qui composent l'étude.

1.1.1. Les variables indépendantes

a. Les différents moments de la journée

De nombreuses recherches en chronopsychologie révèlent que notre efficacité comportementale fluctue dans le temps de manière rythmique. Autrement dit, on a pu observer des temps d'activité élevée (pics) qui alternent avec des temps d'activité faible appelés « creux » ou « période de rupture » (Aschoff, 1965 ; Beugnet-Lambert, 1988 ; Fraisse, 1980 ; Racle, 1986). Selon les auteurs cités, ces temps d'activité ne se répartissent pas au hasard, ils correspondent à une organisation dans le temps. Certains ont une périodicité sensiblement égale à 24 heures (rythmes circadiens), d'autres une période inférieure à 24 heures (rythmes ultradiens) et d'autres, enfin, une période supérieure à 24 heures (rythmes infradiens) (Halberg, 1979 ; Halberg et Reinberg, 1967).

La périodicité circadienne est dominante chez l'homme et se trouve synchronisée par l'alternance du repos et de l'activité, liée aux impératifs horaires de la vie sociale (Reinberg et Ghata, 1978). Généralement, selon ces auteurs, les périodes d'activité

correspondent à la journée. Ainsi, la plupart des profils de variation de performances qui ont été dégagés sont journaliers, c'est-à-dire dégagés au cours des différents moments de la journée. Pour Girodet (1976), la journée se définit comme la période du jour qui commence au lever du soleil et prend fin au coucher du soleil. Ses différents moments sont la matinée et l'après-midi. La matinée commence au lever du soleil (début de matinée) et se termine à midi (fin de matinée) ; l'après-midi commence à partir de midi (début d'après-midi) pour prendre fin au coucher du soleil (fin d'après-midi).

Ainsi, par « différents moments de la journée », faudrait-il entendre, dans notre étude, la matinée et l'après-midi. Précisons que le début de matinée (6 à 9h), la fin de matinée (9 à 12 h), le début d'après-midi (12 à 15h) et la fin d'après-midi (15 à 18h) sont les quatre moments de la journée classiquement retenus dans les études chronopsychologiques (Fotinos et coll., 1996 ; Testu et coll., 1998). Durant ces différents moments de la journée, les profils de variation de performances obtenus à des épreuves psychotechniques et qui ont été mis en évidence dans les travaux antérieurs laissent entrevoir des « pics » et des « creux ». Ceux-ci correspondent respectivement aux périodes d'activité élevée et aux périodes d'activité faible. Ces rythmicités ou profils de performances se présentent diversement et dépendent de plusieurs facteurs, notamment les conditions d'exécution de la tâche et la nature de celle-ci, et des variables liées au sujet (âge, typologie, sexe...). C'est ce qui explique l'élargissement de l'éventail des recherches depuis le 19^{ème} siècle.

Sikorski (1879) et Ebbinghaus (1897) ont observé, à l'aide d'épreuves diverses (dictées, additions, multiplications, etc.) une fluctuation des performances chez les élèves durant les 5 heures de travail du matin, avec une influence de l'âge, de la nature de l'épreuve et du type de mémoire impliquée. Cependant, les fluctuations observées par ces premiers travaux étaient trop différentes les unes des autres pour dégager un quelconque profil. De plus, les conditions expérimentales étant dissemblables et l'analyse statistique pratiquement inexistante, il était difficile d'exploiter ces résultats. Dès lors, d'autres recherches ont été entreprises, et d'autres épreuves ont été utilisées, notamment les exercices à trous, les barrages de lettres ou de nombres, les copies, les épreuves d'addition et de multiplication, les tests d'empan mnémonique, etc.).

Gates (1916) fut le premier chercheur à élaborer dans un repère orthonormé des profils journaliers de performances dans des épreuves plus ou moins scolaires. En entreprenant une étude approfondie de l'évolution journalière de l'efficacité mentale chez

des élèves de 10-11 ans, cet auteur a dégagé un profil journalier suivant un pic de performances à 11 heures, un creux d'après déjeuner, puis une nouvelle progression avec un second pic dans l'après-midi, suivie d'une chute jusqu'au soir. Testu et collaborateurs (Testu et coll., 1995 ; Testu, 1993) retrouvent les rythmicités observées par Gates, à savoir un maximum vers 11 heures, suivi d'une chute des réussites après le déjeuner, puis d'une nouvelle progression l'après-midi.

Il semble donc établi que les performances cognitives, et plus précisément les performances attentionnelles, varient de façon périodique, les périodes d'activité élevée et celles d'activité faible se présentant respectivement en fins et en débuts de matinée et d'après-midi. Ces variations sont influencées par plusieurs facteurs, notamment l'âge, le sexe et la typologie ; variables dont l'impact a été également fréquemment soulignée dans la genèse des accidents (Fröberg, 1977 ; Ryan, 1998). De ce fait, et pour les besoins de la cause, nous nous sommes plus particulièrement intéressés à ces facteurs individuels dans le cadre de notre travail.

b. L'âge

Lorsqu'on parle d'âge, on désigne généralement par là le temps écoulé depuis qu'une personne est en vie: il s'agit de l'âge chronologique. Il peut être calculé de différentes manières : *l'âge en années révolues* est celui atteint au dernier anniversaire ; *l'âge atteint au cours de l'année* (servant à définir une génération) ; enfin, *l'âge exact* : il mesure la durée précise écoulée depuis la naissance, il varie à tout moment et s'exprime en années, mois et jours ou en dixième et centième d'années.

A côté de la notion de durée, l'âge serait aussi une période de la vie; d'où les expressions « bel âge » pour caractériser la jeunesse; « personne entre deux âges » en parlant d'une personne ni jeune ni vieille; « troisième âge » en se référant à l'âge de la retraite, etc. L'enfance est la première période de la vie humaine. Elle s'étend de la naissance à l'adolescence : la première enfance se situant entre la fin de l'âge du nourrisson (vers 2 ans) et la scolarisation (vers 6ans), et la seconde enfance se situant entre la scolarisation et le début de l'adolescence. Après l'enfance, c'est donc l'adolescence. Cette deuxième période de la vie suit la puberté et précède l'âge adulte (environ de 12 à 18 ans chez les filles, 14 à 20 ans chez les garçons). L'âge adulte s'étend de la fin de l'adolescence

au commencement de la vieillesse; celle-ci étant la dernière période de la vie humaine. Enfance, adolescence, jeunesse, vieillesse sont donc les périodes, les âges de la vie humaine. Chaque âge a ses caractéristiques, ses sentiments, ses traits propres... Ainsi dira-t-on « qu'il n'y a plus d'enfants » quand un enfant fait ou dit des choses qui ne sont pas de son âge. L'âge adulte caractériserait la maturité (physique, intellectuelle et psychologique); et la vieillesse, une période pendant laquelle, on perdrait sa force, sa vitalité, et où l'on assisterait à un ralentissement des activités biologiques (sénescence).

Nous entendons donc par la notion d'âge, une période de la vie correspondant à une phase de l'évolution de l'être humain. Certains auteurs utilisent le terme « d'âges de la vie », d'autres emploient l'expression « périodes de développement » ou "stades de développement". Ainsi et par exemple, pour décrire le développement psycho-sexuel de l'enfant, Freud (1923, cité par Laplanche et Pontalis, 1994) distingue différents stades: le stade oral (de 0 à 2 ans), le stade sadique-anal (de 2 à 4 ans) et le stade phallique (à partir de 5-6 ans). Piaget (1956), lui aussi, a décrit le développement intellectuel en termes de stades: le stade sensori-moteur (de 0 à 2 ans), le stade préopératoire (de 2 à 7 ans environs), le stade des opérations concrètes (de 7-8 ans à 10-11 ans) et le stade des opérations formelles (débutant à 11-12 ans mais ne se réalisant pleinement qu'à 14-15 ans). Le développement affectif a été également retracé sous le même angle évolutif par le même auteur (Piaget, cité par Xypas, 2001).

Ces stades ou périodes de développement ont été étudiés de différentes manières : soit on suit les mêmes sujets à travers leur développement (méthode longitudinale), soit on fournit une image du développement en constituant simultanément des groupes équivalents, à des âges différents (méthode transversale). La démarche longitudinale est plus coûteuse en ce sens qu'elle exige une planification à long terme de la recherche et une possibilité économique de la mener jusqu'au bout. De ce fait, en psychologie développementale, la méthode transversale s'impose le plus souvent pour des raisons pratiques. D'ailleurs, c'est dans cette perspective que nous avons orienté notre démarche méthodologique concernant la constitution de nos différents groupes d'âges. En effet, en référence, d'une part, aux différentes définitions des âges ou périodes de la vie humaines et, d'autre part, à certaines études notamment celles de Makishita et Matsunaga (2007), portant sur les performances de conduite, nos différents groupes concernent les classes d'âges : 20 à 29 ans, 30 à 59 ans et plus de 60 ans. Le groupe d'âge de moins de 20 ans est exclu de l'étude compte tenu des conditions d'obtention du permis de conduire. De plus,

vu l'influence de l'expérience sur l'activité de conduite (Orselli, 2003 ; Perez-Diaz, 1997), nous avons opté de travailler avec des conducteurs ayant au moins deux ans d'expérience de conduite. Dès lors la classe d'âge [18-20[a été exclue de l'étude. En résumé, le découpage suivant a été retenu: les jeunes (20 à 29 ans), les adultes (30 à 59 ans) et les âgés (plus de 60 ans).

c. La typologie

Pour caractériser les individus (femmes/hommes ; urbains/ruraux ; enfants /adolescents / adultes / vieillards, par exemple), on se réfère souvent à plusieurs concepts, tels « groupes », « typologies », « styles » et « vicariances ». La lecture attentive de certains travaux, notamment de Huteau (1987) et de Gilles (1999), portant sur les différences individuelles, permettent de comprendre que les styles renvoient à des stratégies qu'un sujet donné a tendance à privilégier, le plus souvent à son insu ; les vicariances, pour leur part, sont des processus substituables les uns aux autres pour résoudre une tâche de niveau donné (elles traduisent notamment des styles réversibles en fonction des situations). Vicariances et styles sont donc des processus qui font référence à la manière de traiter des informations. On se fonde sur des modes de fonctionnement pour classer les individus, alors que dans le cas des groupes et des typologies, ce sont des observables statiques qui caractérisent de façon mécanique les individus. En effet, les groupes sont constitués à partir de critères situationnels ou contextuels, c'est-à-dire objectifs, comme l'habitat, la mise en place ou non d'un apprentissage; la prise ou non d'un traitement, etc. Les types, en revanche, renvoient à une caractéristique subjective stable, car basés avant tout sur des observables directs qui « sautent aux yeux » en quelque sorte.

Comme on le voit, la typologie fait partie des concepts qui renvoient essentiellement à des différences réparties en classe. Ce système de classification met en corrélation des caractéristiques biologiques et psychologiques. Toute la morphopsychologie, depuis la phrénologie (étude des bosses du crâne), est empreinte de cette démarche implicite: certains indicateurs très commodes à observer permettent de prédire un comportement psychologique à son tour typique. Ainsi, dans la typologie d'Ernst Kretschmer (psychiatre allemand qui proposa en 1921 une typologie basée sur les relations entre la morphologie et certaines maladies mentales), le « leptosome » est quelqu'un de fluet (petit squelette) à la peau réactive. Cet observable direct serait très

étroitement lié à un comportement psychologique prédictible : le leptosome est plutôt introverti, très sensible aux différentes agressions de l'environnement et, dans les cas extrêmes, il manifesterait des tendances schizoïdes.

Toujours dans la même lignée évolutive du concept, rappelons, par ailleurs, que des études chronobiologiques concernant les relations entre caractéristiques biologiques et psychologiques ont permis de classer les individus selon l'organisation temporelle du sommeil (Benoit et coll. ; 1982; Webb et Friel, 1971) : on parle alors de typologie du sommeil. Ainsi, selon les durées habituelles du sommeil (comprise entre 7 et 8 heures), trois chronotypes se distinguent: les gros dormeurs, les petits dormeurs et les moyens dormeurs. Les gros dormeurs dorment plus de 9 heures par jour (15% des adultes) alors que les petits dormeurs dorment moins de 6 heures et constituent 10% des adultes. Les moyens dormeurs, quant à eux, dorment entre 6 et 9 heures par jour : ces derniers constituent 75% des adultes. L'« indice d'efficacité », qui est le rapport entre le temps total de sommeil et le temps passé au lit, est meilleur chez les petits dormeurs et correspond chez ceux-ci à moins de sommeil léger que chez les gros dormeurs. Il existe donc deux catégories extrêmes de dormeurs, chacune se caractérisant par une durée plus ou moins longue. Cette durée est masquée dans une large mesure par les obligations de la vie pratique.

En effet, la dominance d'un mode de vie très organisé tend à restreindre de plus en plus la liberté du choix des horaires de sommeil. Aussi, pour évaluer les tendances naturelles d'un individu, un questionnaire spécial a été conçu (Horne et coll., 1977), où il doit préciser les horaires qu'il choisirait pour des activités de type divers s'il n'avait aucune contrainte professionnelle ou autre. Trois chronotypes ont ainsi été mis en évidence: les matinaux (du matin ou « Morning type »), les vespéraux (du soir ou « Evening type ») et les intermédiaires. Les sujets du matin sont des sujets qui se coucheraient tôt dans la soirée (avant 22 heures) et se réveilleraient spontanément (avant 7 heures); les maxima de vigilance apparaissent plus tôt chez ces sujets. Les sujets du soir, quant à eux, sont des sujets qui se coucheraient relativement tard (après minuit), et se lèveraient péniblement le matin ; les maxima de vigilance apparaissent plus tard chez ces sujets. Les sujets intermédiaires diffèrent des sujets du matin par une heure plus tardive de lever, et des sujets du soir par une heure plus précoce de coucher.

Matinaux et vespéraux se distinguent donc par leurs horaires préférentiels de sommeil (endormissement et réveil). Cette distinction serait surtout liée à des différences

d'organisation temporelle du système neurophysiologique qui sous-tend la veille, et l'on admet que la matinalité ou la vespéralité est bien une caractéristique individuelle.

En résumé, le système circadien implique deux processus endogènes : un pacemaker circadien et un contrôleur de veille/sommeil, dont l'association pourrait être à la base de la dimension de matinalité/vespéralité (Bougrine et coll., 1997 ; Charaa, 1998). L'intérêt de cette dimension de la personnalité est indéniable pour le monde du travail, et plus précisément dans le domaine des transports. La conduite nocturne pour un sujet du matin, ou diurne pour un sujet du soir, impose un effort supplémentaire d'adaptation pouvant être à l'origine d'un surcroît de fatigue, source d'une baisse de la fiabilité humaine.

1.1.2. Les variables dépendantes : les performances attentionnelles et de conduite

De façon générale, la notion de « performance » se définit comme « ce que fait un individu dans une situation spécifique » (Parot, 1991). Selon Boden (1979), cette notion se distingue de celle de « compétence », qui renvoie à ce qui est possible à une personne de faire dans les conditions optimales. La compétence se rapporte à des « savoirs en acte », c'est-à-dire à des « ensembles stabilisés de savoirs et de savoir-faire, de conduites-types, de procédures-standards, de types de raisonnement, que l'on peut mettre en œuvre sans apprentissage nouveau » (Leplat et Montmollin, 2001). Cette distinction faite entre « compétence » et « performance » rejoint celle relevée par Piéron lorsque celui-ci parle de capacité et d'aptitude. Selon cet auteur, il faut entendre par capacité ce que le sujet réalise effectivement dans la situation d'examen où le place le psychologue ou, plus généralement, dans toute situation analogue où il est à même de démontrer ce qu'il peut faire : « *Une capacité représente la possibilité de réussite dans l'exécution d'une tâche ou l'exercice d'une profession. Elle peut être l'objet d'une évaluation directe, sous réserve d'une volonté de mise en œuvre de la part de celui dont on veut apprécier la capacité ; elle est conditionnée par une aptitude, qu'elle révèle indirectement, mais dépend de conditions préalables parmi lesquelles jouent le degré de maturation - ou en sens inverse, d'involution - la formation éducative, l'apprentissage, et l'exercice.* » (Piéron, 1992, p. 62).

La notion d'aptitude renvoie donc à l'hypothèse d'un équipement sous-jacent à une ou plusieurs capacités.

De ce qui précède, on pourrait déduire que les notions de « compétence » et « d'aptitude », telles qu'elles sont conçues par ces auteurs sur le plan comportemental, ne renvoient à rien d'autre qu'à une potentialité. Dès lors, il nous semble indispensable que ces notions soient parfaitement distinguées de celles de « performance » et de « capacité » qu'elles pourraient conditionner, dans la mesure où la capacité et la performance ne sont pas des potentialités en tant que telles, mais n'en sont qu'une image obtenue par l'opérationnalisation ou la mise en œuvre de la potentialité en question (Minet, 1996). En clair, on pourrait assimiler la « compétence » à l'aptitude et « la performance » à la capacité.

Cette distinction faite, rappelons que notre étude porte sur les performances attentionnelles et de conduite. Les performances dont il est question ici sont des réponses psychomotrices, tout comme, dans certains domaines particuliers, comme l'entraînement ou la sélection d'opérateurs pour l'exercice de tâches exigeant un minimum de vigilance.

a. Les performances attentionnelles

L'attention est l'un des concepts les plus utilisés pour qualifier l'état psychologique d'un individu dans la réalisation d'une tâche cognitive. La fréquence et la diversité de son utilisation donnent la preuve que l'attention est présente dans la vie de tous les jours. Ainsi, pour réprimander son enfant, un père dira « attention, je vais te fesser ». Pour rassurer son père et/ou sa mère dans la réussite de l'action qu'il va entreprendre, un enfant dira « je vais faire attention ». Par ailleurs, l'échec à un exercice serait interprété par le fait qu'on n'a pas fait attention à ce qui est, aux caractéristiques, à la structure et aux fonctions des éléments qui sont associés à la réussite de cet exercice. En revanche, lorsqu'on réussit, c'est parce qu'on a "prêté attention" aux éléments prégnants et même non prégnants de l'environnement de cet exercice. Ainsi, pour le sens commun, l'attention serait l'action de se concentrer, de s'appliquer avec un intérêt et une volonté manifestes, et elle intervient dans toutes nos activités quotidiennes. Tout se passe comme si l'attention était à elle seule un gage de réussite; elle serait un algorithme qui, s'il est scrupuleusement respecté, élimine toute incertitude et garantit la réussite. Cette conception générale de l'attention est plus

proche des considérations physiologiques dans lesquelles la vigilance serait l'aspect physiologique de l'attention, la concentration serait l'aspect volontaire et l'intérêt serait ce qui pousse, motive l'individu à être attentif (Chance et Larsen, 1976 ; Richard, 1980).

En physiologie la notion d'« attention » est envisagée comme l'expression psychologique de processus physiologiques correspondant à la vigilance ou encore au niveau d'activation du système nerveux central. D'où la grande confusion, souvent, dans la littérature entre les termes d'« activation », de « vigilance » et celui d'« attention » : on parle alors de focalisation, de manque de vigilance, de baisse de l'état d'éveil, de défaut d'attention, d'inattention ou de fatigue, pour ne citer que ceux-là. Ces termes, bien que d'acception quelque peu différente, sont souvent utilisés les uns à la place des autres. Afin de lever cette ambiguïté, nous nous référons à certains cadres physiologiques et psychologiques proposés pour expliquer le comportement humain. Le concept d'activation est utilisé pour définir l'état fonctionnel des structures nerveuses centrales qui contrôlent la dimension intensive du comportement (Davies et Parasumaran, 1982). En d'autres termes, c'est un changement de niveau de l'activité nerveuse, s'accompagnant de modifications comportementales. Dans cette optique, Duffy (1962) pense que ce terme renvoie à toute une variété d'états physiologiques et comportementaux caractérisés par un niveau d'excitation ou de mobilisation énergétique. Les recherches psychophysiologiques des trente dernières années ont mis en évidence le rôle central que joue la formation réticulaire activatrice dans la régulation de la vigilance. Pour Bloch (1966), le « tonus cérébral » résulte des stimulations provenant des milieux intérieurs et extérieurs, mais leur action s'exerce par l'intermédiaire du système réticulaire activateur ascendant. La formation réticulée est constituée d'un réseau neuronal vers lequel convergent toutes les afférences sensorielles et sensitives ; elle peut être considérée comme un véritable accumulateur d'énergie, analogue à un condensateur. Étant donné que son tonus est entretenu par les stimulateurs afférents, une réduction des influx sensoriels (environnement monotone ou immobilité) provoque une baisse d'activation de l'ensemble du cerveau et donc une baisse de vigilance, chacun des niveaux de vigilance (hyperexcitation, veille attentive, veille diffuse, somnolence, sommeil léger, sommeil profond) étant associé à un état particulier de fonctionnement des structures nerveuses (Sauvignon, 1992, Grau et Amalberti, 1995). La vigilance pourrait donc être considérée comme représentative de l'ensemble des conditions optimales, dans lequel le cerveau d'un sujet reçoit les informations du monde extérieur, les

assimile et les transmet à d'autres parties de l'organisme par coordination sensori-motrice. Dès lors, on pourrait caractériser le niveau d'activité des structures nerveuses par les niveaux de vigilance.

La distinction entre les niveaux d'activation et les niveaux de vigilance nous permet de comprendre que le système nerveux central est le lieu d'une régulation générale des comportements, et que la vigilance n'est rien d'autre qu'un état physiologique de veille, un état d'activation du système central. Cette caractéristique a été bien vue par le neurologue Head (Head, 1923). Cet auteur met l'accent sur la double caractéristique du terme de vigilance : à la fois, dimension psychologique de dynamisme mental (notion qui peut être rapprochée de celle d'attention soutenue), mais aussi tension physiologique ajustée à la tâche proposée. En d'autres termes, selon ce neurophysiologiste, le terme de vigilance se définit comme une capacité physiologique et psychologique permettant une activité adaptative. Pour lui, l'idée de vigilance comprend à la fois l'excitabilité du tissu et l'expression des conséquences qu'elle produit sur le comportement. Il s'agit d'un niveau très élevé d'efficacité physiologique, associé d'une part à «une intensification des réactions de l'organisme » et, d'autre part, à «un haut degré d'adaptation de ces réactions ». Il met notamment en avant qu'il ne s'agit pas d'un état physiologique marqué par l'accroissement de l'excitabilité car « bien que le seuil du stimulus ne soit pas nécessairement abaissé, il n'est pas seulement associé à une augmentation de la réaction mais à des réponses hautement adaptées ». Il en prend pour exemple les activités automatisées dont la bonne réalisation ne sera assurée que si l'ensemble de l'organisme s'y prépare, c'est-à-dire s'il est en bonne santé et que rien ne diminue sa vitalité. Il y a donc deux composantes à la vigilance, l'une somatique, l'autre psychique. Par ailleurs, à la suite de ses observations cliniques sur des patients en état d'anorexie ou sous narcose, Head (op.cite) établit une relation directe entre le niveau de réactivité du système nerveux d'une part, et la précision et la rapidité des réponses comportementales, d'autre part. Nous retiendrons de cet auteur, au vu de ces considérations, une série de propositions sur la vigilance: elle est le résultat d'un processus d'adaptation, parce qu'opérant une sélection parmi toutes les influences possibles, parce que s'intégrant dans une « mémoire physiologique » et, étant gouvernée dans le temps et l'espace, « elle réalise l'intégration de processus divers, qui sont apparus et assurent la réaction du corps comme un tout ».

A la lumière de toutes ces observations, on peut dire que la vigilance désigne à la fois l'état fonctionnel du système nerveux et le niveau d'efficacité comportementale qui lui

correspond. Aujourd'hui, cette définition renvoie à l'état d'excitabilité des centres nerveux, et la vigilance désigne la conséquence comportementale des variations du taux d'activité nerveuse. Nous considérons alors que certains niveaux de vigilance déterminés sont requis pour voir apparaître des comportements adaptés, tel le cas du comportement d'attention. Leconte-Lambert résume bien cette idée en postulant que « *l'attention peut être conçue comme un processus psychologique dont le fonctionnement est dépendant d'un niveau de vigilance, celui-ci étant l'image comportementale d'un certain degré d'activation du système nerveux central* (Leconte-Lambert, 1991, p 58) ». Il s'ensuit alors que la vigilance peut être abordée comme « la capacité de répondre à tout événement externe ou interne ». Dans ce sens, Lancry pense que « *la vigilance, quelle que soit la définition qu'on en donne, se manifeste par un niveau minimum d'attention et de concentration nécessaire pour la détection de tout événement interne ou externe, et par une réponse adaptée à ce changement du milieu* (Lancry, 1988, p 275) ». Ainsi, la vigilance caractérise l'état du système nerveux central et l'attention lui est étroitement liée. Il existe donc entre ces deux notions une liaison logique. Toutefois, si la vigilance est nécessaire pour « faire attention », elle n'est pas une condition suffisante au mécanisme de l'attention.

L'attention est considérée comme une notion physiologique, pourtant ce "construit" est très souvent usité en psychologie. Elle y occupe même une place privilégiée. En psychologie cognitive, l'attention est reconnue aujourd'hui comme une caractéristique du fonctionnement cognitif et son implication dans les différentes activités cognitives est acquise. Ainsi des études ont-elles montré que l'attention est sous-jacente et presque indispensable à toute activité cognitive (Huisman et Vergez, 1961). Si pour Lussier et Flessas (2003), l'attention est la porte d'entrée des autres fonctions, Camus (2003), souligne, lui, la diversité des processus cognitifs que cette fonction mobilise. Selon cet auteur, en effet, l'attention permettrait de surmonter la limitation de nos ressources, ou de dépasser la limite de nos goulots de traitement de l'information, d'optimiser la prise de décision ou encore d'intégrer des informations indépendantes. Elle serait même l'une des aptitudes les plus manifestes dans la résolution des problèmes et le traitement de l'information. En effet, pour Enns (1990), le traitement efficace de l'information réclame la mobilisation d'une quantité d'attention d'autant plus importante que la tâche est complexe et peu familière. Moins la familiarité à l'objet et à son environnement est grande, plus le contrôle et la consommation d'attention sont importants. En outre, les mécanismes

attentionnels sont également mobilisés dans toute activité mentale (Delvolvé, 2005). Percevoir, mémoriser, apprendre, seraient des actions qui nécessitent de l'attention. De plus, un bon fonctionnement de l'attention permet de mieux percevoir les objets de l'environnement, de faire des actions reliées aux tâches à accomplir, de se centrer sur les informations pertinentes et de faciliter la mémorisation. La capacité à focaliser son attention est donc une compétence mentale et sous-tend toutes les activités cognitives. En conséquence, on pourrait penser que, quand on fait preuve d'attention, on tire mieux profit des autres aptitudes cognitives. En tout cas, c'est ce que semble souligner Richard (1980) quand il définit ce processus comme une activité par laquelle un sujet augmente son efficacité à l'égard de certains contenus psychologiques tels que la perception, l'intellection et le souvenir. Rappelons que cette idée avait été déjà formulée par Piéron (1963), qui considérait l'attention comme une orientation mentale élective comportant un accroissement d'efficacité dans un certain mode d'activité, avec inhibition des activités concurrentes. Sous le sceau de ce qui précède, on peut donc dire que l'attention joue un rôle fondamental dans les activités cognitives. Une telle importance justifie en partie notre intérêt pour ce processus psychologique. D'ailleurs, il convient de rappeler que cette variable constitue un thème majeur d'études en chronopsychologie. Cet avantage pourrait nous permettre de rapprocher nos résultats de ces études antérieures.

En chronopsychologie, la plupart des travaux qui sont effectués pour mesurer l'attention sont des travaux descriptifs, la description reposant sur différents types d'épreuves, notamment les épreuves psychomotrices. En effet, les activités attentionnelles inobservables doivent être induites à partir d'activités observables. Ces activités peuvent être celles observées à des épreuves de calcul simples, ou à des épreuves de barrage de lettres, de nombres, ou encore à des épreuves de reproduction de figures géométriques. Ces épreuves consistent, pour la plupart, à barrer le même signe dans une page remplie de signes aléatoires, à faire une croix dans des cercles espacés, à reconnaître un signe cible parmi d'autres, etc.

A notre sens, les épreuves de barrage impliquent bien la mise en œuvre, en même temps ou alternativement, des processus attentionnels. Par exemple, le barrage d'un nombre ou d'un mot mobilise de manière importante les ressources attentionnelles. En effet, il faut d'abord déchiffrer et discerner rapidement le nombre ou le mot, de manière que celui-ci corresponde au nombre ou au mot cible : ce décodage met en œuvre une activité

sensorielle. Avec les yeux en effet, on photographie les nombres dans un mouvement régulier et rapide. Autrement dit, les yeux doivent sauter régulièrement et rapidement d'un nombre à l'autre. Ce mouvement régulier et rapide exige qu'on apprenne, d'une part à utiliser ses yeux afin de couvrir plusieurs nombres à chaque bond successif (empan visuel) et, d'autre part, à éviter un grand nombre de pauses ou des pauses prolongées. Cette exigence nécessite de la concentration et une attention soutenue. De plus, la recherche d'un signe cible parmi d'autres pourrait exiger plus d'attention. Cette exigence serait liée à l'utilisation d'images, de signes ou de figures diverses, qui demandent une discrimination suffisante de la part du sujet. Cette capacité de discrimination est encore plus sollicitée lorsqu'il s'agit de barrer certains signes mêlés à d'autres signes avec lesquels ils peuvent être aisément confondus. Le sujet est ainsi amené à faire un choix raisonné, à extraire les éléments essentiels dans une situation donnée. Il doit trier les informations dans le but de ne retenir et de ne traiter que celles qui sont pertinentes pour l'activité en cours, en inhibant les autres signes. Il doit aussi se focaliser sur une cible parmi d'autres pour continuer son activité. Une telle situation nécessite un niveau de contrôle, d'orientation, de sélection, plus élevé. Ce travail sollicite non seulement un effort de concentration mais aussi de la rigueur et de l'exactitude, car une légère déconcentration suffit pour se tromper dans le barrage. Le test de barrage peut également consister à biffer deux types de signes. Cette situation nécessite que plusieurs informations soient traitées en même temps. Ce type de tâche implique une attention divisée, puisque le sujet est appelé à faire plusieurs choses au même moment.

Comme on le constate, l'épreuve de barrage de nombres, qui constitue notre instrument d'évaluation, implique non seulement une capacité à traiter sélectivement (attention sélective) ou simultanément certaines informations au détriment d'autres (attention divisée), mais aussi une faculté à maintenir son attention durant l'exécution de la tâche (attention soutenue). Le but de notre travail, qui vise à étudier l'attention dans son unité, semble donc pouvoir être atteint.

En clair, le choix d'un tel processus psychologique, c'est-à-dire l'attention, se rattache d'abord à l'intérêt que tout psychologue montre envers ce processus temporel, et dont il doit désormais tenir compte autant dans ses interventions que dans ses interprétations. La seconde raison, et non des moindres, vient du fait que cette variable a souvent été retenue aussi bien dans le cadre des précédents travaux en chronopsychologie que dans le domaine de la conduite automobile.

b. Les performances de conduite

La conduite automobile est une activité qui requiert des compétences techniques (maîtrise des opérations permettant de faire fonctionner l'automobile), des dimensions sociologiques (communication, coopération ou confrontation pour ce qui concerne les interrelations en circulation), et des capacités psychologiques (effort de concentration, jugement, prise de décision, etc.) (Cf. chapitre 1 et 2). Ces aspects techniques, sociologiques et psychologiques sont indispensables à la conduite ; puisque cette activité ne consiste pas simplement à manœuvrer un véhicule dans l'espace en évitant des obstacles, mais aussi nécessite, pour le conducteur, de savoir négocier son chemin en tenant compte d'autrui et en restant à tout moment maître de sa vitesse. C'est sans doute pour cette raison que la plupart des études, qui se sont intéressées à ces dimensions et à leurs implications dans la genèse des accidents, se sont focalisées sur deux axes prioritaires : la vigilance ou l'attention, et l'aptitude des conducteurs. Ces aspects sont incontournables dans l'évaluation de la conduite.

Les mesures utilisées pour évaluer la performance de conduite sont nombreuses. A notre sens, parmi toutes les études qui portent sur cette performance, trois méthodes se distinguent: l'évaluation neuropsychologique, les évaluations sur simulateur, et les évaluations sur route ; toutes se fondant sur un défaut ou des indices de performance.

Les épreuves neuropsychologiques font appel à la perception du sujet, à ses capacités d'attention et de discrimination, à son aptitude à se souvenir. Parmi les plus fréquemment utilisées, on trouve :

- La Stroke Driver Screening Assessment (SDSA) composée de 3 subtests (le barrage de points, les matrices et la reconnaissance de panneaux de signalisation) porte sur les capacités perceptivo-motrices, le raisonnement non-verbal et les fonctions exécutives ;

- L'Useful Field of View (UFOV), ou test du champ visuel utile, est un test d'évaluation de l'attention visuelle et de vitesse de traitement informatisé. Il est composé de trois subtests : temps de réaction, attention sélective, attention divisée ;

- Le Cognitive Behavioral Driver's Invention Inventory (CBDI) évalue l'attention (divisée), la vitesse de décision, les capacités de discrimination des stimuli et de différenciation de la réponse, la vitesse et la coordination visuo-motrices, l'acuité et le champ visuels ;

- Le Drive ABLE Compétence Screen mesure la rapidité du contrôle moteur, le champ visuel, le jugement, l'attention partagée et les fonctions exécutives.

Outre les fonctions cognitives, les mesures neuropsychologiques portent également sur les paramètres électro-physiologiques dans des tâches de vigilance. Ce sont : l'électroencéphalogramme (EEG), le pupillogramme (EOG), la fréquence cardiaque ou électrocardiogramme (ECG), l'activité motrice. Ainsi, un conducteur vigilant sera un conducteur en état de veille active, et un conducteur hypovigilant sera un conducteur qui présente un ralentissement ou des ondes de faible voltage à ces indices physiologiques (Grau et Amalberti, 1995). Par exemple, dans le cas de l'EEG qui est l'un des indicateurs les plus sensibles des changements instantanés de la vigilance, chez le sujet vigile, les ondes alpha sont localisées, bien que de façon non exclusive, dans la région occipitale. Une diminution de la vigilance se traduit par un ralentissement du rythme alpha remplacé par des ondes de moyen voltage et de fréquence mixte, principalement de type thêta (stade 1 de Rechtschaffen et Kales, 1968), que l'on s'accorde habituellement à interpréter comme un état de somnolence plutôt que comme un état de sommeil (Broughton et coll., 1995).

L'analyse des processus psychologiques et des indices objectivant l'état du conducteur pourrait donc permettre de déterminer l'aptitude à conduire. Bien entendu, ces variables fournissent des informations nécessaires à la compréhension de l'activité de conduite. Toutefois, elles ne suffisent pas dans l'évaluation de cette activité. De ce fait, elles (les variables) sont plus souvent couplées ou enregistrées simultanément, dans différentes situations (conduite réelle ou sur simulateur), avec des paramètres relevés sur le véhicule en rapport avec la conduite. Dans ces conditions, on tente d'établir une corrélation entre ces paramètres indiquant une hypovigilance, les données comportementales du conducteur et les indices cinématiques.

Les indices cinématiques renvoient au comportement ou au fonctionnement du véhicule : il s'agit du maintien de la vitesse du véhicule et de la trajectoire de celui-ci. Ce maintien caractérise le contrôle latéral ou longitudinal du véhicule : en effet, Le contrôle latéral du véhicule fait référence à la capacité du conducteur à maintenir son véhicule au centre de la voie, tandis que le contrôle longitudinal consiste à observer une distance inter-véhiculaire sécuritaire. Les participants sont évalués en fonction des écarts-types de la moyenne de la distance du véhicule par rapport à la ligne blanche située sur le côté droit de la route, ainsi que du nombre de franchissements de la ligne médiane de la route (Zwalhen et coll., 2004).

Les paramètres principaux d'évaluation, pour ce qui concerne les indices cinématiques, sont donc la position du véhicule sur la route, sa vitesse (variance moyenne), le temps passé par celui-ci sur la limite de sa voie, de même que le nombre de franchissement de lignes latérales. Ces indices s'inscrivent dans une logique d'adaptation à la situation de conduite, puisqu'il s'agit pour le conducteur de maîtriser sa vitesse et de maintenir son véhicule sur la voie, tout en gardant une distance inter-véhiculaire sécuritaire. De ce point de vue, plusieurs travaux ont considéré les manœuvres effectuées par le conducteur comme des paramètres pouvant contribuer à l'évaluation de l'activité de conduite. Ces manœuvres ou données comportementales portent sur :

- Le champ visuel : ce sont les saccades, l'amplitude du champ visuel, la fixation et la consultation des rétroviseurs. En effet, le mouvement des yeux est détecté à l'aide d'un instrument (Humphrey Système Visual Field Analyser, par exemple) qui génère des stimuli (des points lumineux) à différents degrés du champ de vision du conducteur, et ce dernier doit les repérer (Atchley et Dressel, 2004).

- la fréquence et l'amplitude des coups de volant, c'est-à-dire le nombre de fois où le volant fait des écarts de plus de 15°, ou le nombre de mouvements du volant de plus de 5° (mais moins de 15°) ;

- les coups de frein ou d'accélérateur : ces mesures concernent *le temps inter-véhiculaire* caractérisant la marge de sécurité (la probabilité de décélérations imprévisibles du véhicule précédent) ; le *temps à la collision (time to collision)* concernant le temps dont dispose le conducteur pour exécuter une action afin d'éviter un accident probable ; le temps de freinage ou temps de réaction.

Parmi ces indices comportementaux, le temps de réaction au freinage occupe une place majeure dans l'évaluation de l'activité de conduite. L'accent est mis, la plupart du temps, sur le délai entre le stimulus et la réponse : temps de réponse. C'est le temps de réaction au freinage. Dans certaines situations expérimentales, notamment le cas des conduites sur simulateur, les participants sont invités à suivre un véhicule-lièvre et à maintenir une distance sécuritaire (40 mètres) en tout temps par rapport à ce véhicule de référence. Les participants sont alors évalués en fonction du nombre de réactions adaptées (% de bonnes réponses et des réponses manquées) aux différents stimuli (par exemple, ralentir pour maintenir une distance inter-véhiculaire sécuritaire lorsque le véhicule de devant freine, ou freiner rapidement lorsqu'un piéton traverse la rue...) (Horrey et wickens, 2004 ; McKnight et McNight, 1993). Au niveau du freinage, on mesure la force

développée sur le système (frein à pied ou à main), en instantané et au cours de tests de freinages itératifs. On mesure aussi les latences que l'on décompose en :

- t1 : temps écoulé entre le signal de freinage (auditif et visuel) et le début du relâchement du système d'accélération ;
- t2 : temps de relâchement complet de l'accélérateur ;
- t3 : temps écoulé après t2 et le début d'action sur le système de freinage ;
- t4 : temps pour obtenir le freinage maximal ;
- t5 : latence totale (somme des latences intermédiaires).

Finalement, le temps de réaction est considéré comme le temps qui s'écoule entre la perception d'un signal ou d'un événement et l'action qui y répond. Ainsi, d'un point de vue conceptuel, il y a deux phases, entre le temps où le conducteur perçoit le stimulus et sa réponse. Premièrement, il y a la décision ou le temps pris pour agir. Deuxièmement, il y a la réponse ou le temps de la manœuvre. En d'autres termes, il existe un certain laps de temps entre le moment où le conducteur décide de freiner et le moment où il active la pédale de frein.

Le matériel que nous utilisons dans le cadre de notre étude est un réactiomètre informatique : un simulateur non interactif. Il ne permet pas au conducteur, en effet, de contrôler sa vitesse et sa trajectoire. Ce dernier, n'ayant pas la possibilité de ralentir, devra s'arrêter toutes les fois que son véhicule peut devenir une cause d'accident. De ce fait, les données obtenues dans cette étude concernent le délai entre l'apparition du signal (animal traversant la route, par exemple) et la production de la réponse (action sur le système de freinage).

En résumé, il convient de retenir que nos mesures concernent les scores moyens obtenus par nos participants aux différents tests de barrage et leur temps de réaction au freinage mesuré à l'aide d'un réactiomètre informatique. Ces réponses psychomotrices, répétées en début et fin de demi-journées, constituent nos résultats de performances attentionnelles et de conduite.

1.2. Critères de sélection de la population d'étude

L'objectif de la présente étude vise à montrer l'influence du moment de la journée sur les performances attentionnelles en situation de conduite. Ces performances sont sensibles à de nombreux facteurs : l'heure (aspect circadien et circasémidien), durée de la veille préalable (facteur homéostatique), nature de la tâche (stimulante ou monotone), «éveillant» ou «hypnogènes» (qui augmentent ou diminuent le niveau d'attention). Il importe de prendre en compte certains de ces nombreux facteurs psychologiques, physiques et chimiques dans la sélection de nos sujets.

1.2.1. Les caractéristiques individuelles

a. La somnolence

Le terme somnolence dénote un état subjectif et objectif de détérioration de l'éveil physiologique, de propension accrue au sommeil ou d'assoupissement (Broughton, et coll., 1994). La somnolence est donc un état intermédiaire entre la veille et le sommeil. Le sujet somnolent a une tendance irrésistible à s'endormir.

Toute une gamme de causes, notamment les mécanismes physiopathologiques et neurochimiques, peuvent entraîner une augmentation de la somnolence. Ainsi celle-ci peut être due à une augmentation pathologique de la durée totale de sommeil sur 24 heures. Les pathologies du sommeil comme le syndrome d'apnée du sommeil, la narcolepsie, l'hypersomnie idiopathique et la plupart des hypersomnies récurrentes altèrent les performances physiques et mentales. Selon Findley et coll. (1989), elles sont associées à un risque d'accidents et d'endormissement au volant cinq fois plus élevé que dans la population générale. La somnolence diurne qu'elles provoquent est en cause dans 28 % des accidents de la voie publique et touche 20 % de la population générale en France (Prévoit et Leger, 2000). D'ailleurs, dans une étude menée sur les performances de conduite simulée, chez les personnes atteintes de troubles du sommeil, Findley (Findley et coll. 1995) et Montplaisir (Montplaisir et coll., 1995) montrent que les hypersomniaques présentent un nombre d'erreurs de conduite significativement plus grand que les sujets sains: sortie de routes, franchissement de la ligne médiane ou latérale, non-respect de la signalisation

routière, etc. Les pathologies du sommeil sont donc responsables d'une somnolence diurne qui inhibe la conduite automobile. La somnolence pourrait aussi dépendre d'une privation de sommeil et refléter la tendance homéostatique du cerveau à récupérer la perte de sommeil, que ce soit chez des sujets normaux ou chez des sujets atteints de troubles du sommeil (Bonnet, et al, 1995, cité par Gruau, 2002). Pour Lenne et coll. (1998), cette dette de sommeil interagit avec l'horaire du jour pour détériorer la performance de conduite surtout la nuit. Une autre cause de la somnolence qui pourrait être un facteur critique de prédiction des accidents est la fragmentation du sommeil. En effet, celle-ci engendre le jour suivant un déséquilibre dans la qualité de l'éveil, préjudiciable à la performance (Dinges, 1995 ; Hadj-Mabrouk, 1999). Un bon sommeil nocturne, sans répétition d'éveils brefs, est donc en rapport avec l'augmentation de la vigilance diurne. Enfin, la somnolence peut être induite par une désynchronisation, celle-ci traduisant un défaut de l'organisation temporelle de l'individu. Elle est observée en cas de raccourcissement du cycle veille/sommeil (travail à horaires alternants) ou en cas d'avance de phase du cycle veille/sommeil (franchissement rapide de fuseaux horaires). La désynchronisation est à l'origine de fatigue, de troubles du sommeil de type incapacité à s'endormir et/ou à se tenir éveillé au moment souhaité, et donc d'un risque accru d'accidents de la route (Folkard, et coll., (1990).

En somme, les troubles du sommeil, les désynchronisations, la privation et la fragmentation du sommeil sont les principales causes de la somnolence au volant, en ce sens qu'ils limitent les capacités psychomotrices, cognitives et perceptives, entraînant ainsi un allongement du temps de réaction, un ralentissement des processus d'intégration de l'information et finalement, une détérioration de la performance de conduite. La somnolence pourrait donc représenter un facteur accidentogène en conduite automobile. De ce fait, les participants à notre étude sont indemnes de troubles de sommeil caractérisés par un sommeil nocturne réduit ou fragmenté.

b. L'expérience et le kilométrage

L'expérience est un facteur déterminant dans l'activité de conduite. En effet, avec la pratique, la conduite devient une tâche de moins en moins exigeante. L'activité perceptivo-

motrice demande de moins en moins d'efforts. Elle ne mobilise plus que les circuits nerveux indispensables. Un tel constat est congruent avec celui de Goffman (1973) qui, proposant un parallèle entre comportements humains et animaux, a remarqué que nous avons deux modes fondamentaux d'activités : dans certaines situations nous sommes entièrement concentrés sur ce que nous faisons, nous y consacrons toute notre attention, tandis que dans d'autres situations nous agissons de façon routinière, en branchant en quelque sorte le « pilote automatique ». De ce fait, la manipulation des commandes devient largement automatisée et les muscles du conducteur agissent sans l'intervention de la conscience. C'est par cette automaticité que le conducteur expérimenté diffère du conducteur novice. Le conducteur novice qui vient d'avoir son permis sait conduire, mais ne sait pas encore le faire en limitant son attention, en abaissant sa concentration à un niveau minimum. Au contraire, le conducteur expérimenté est capable de conduire en ayant l'esprit ailleurs, en pensant à autre chose, en discutant avec un passager ou en écoutant de la musique. Le conducteur expérimenté s'est habitué à un cadre général matériel qu'il suppose constant (Lonero, 1998). Démarrer ou dépasser, par exemple, comporte plusieurs opérations pour le conducteur débutant, alors que pour l'automobiliste expérimenté, c'est une seule opération. D'ailleurs, les statistiques montrent que les conducteurs débutants, même après apprentissage, sont nettement plus impliqués dans les accidents que ceux qui sont expérimentés (Perez-Diaz, 1997). En effet, on estime que la fréquence des accidents est, au cours de la première année, en moyenne deux fois plus élevée qu'après cinq ans d'expérience. L'analyse statistique des variations spatio-temporelles des accidents de la route en 2002 révèle que 55% des accidents sont dus à des « conducteurs novices » (moins de 2 ans de permis) (Orselli, 2003). Au surplus, au moyen d'appareils spéciaux, on a enregistré les mouvements oculaires de conducteurs expérimentés. Il a été constaté que leur regard est porté en avant d'autant plus loin que la voiture va plus vite. Ces conducteurs se donnent ainsi le temps indispensable pour réagir, le cas échéant. Ils surveillent l'espace situé au-delà de la surface des contraintes dynamiques. Malheureusement, les conducteurs novices ne savent pas encore faire cet ajustement de la portée du regard par rapport à la vitesse du véhicule. En revanche, ces conducteurs semblent se souvenir plus souvent des panneaux rencontrés, contrairement aux conducteurs expérimentés qui semblent utiliser de plus en plus les indices et de moins en moins les signaux. Dans cette perspective et en tenant compte du kilométrage annuel, les travaux de Renouard (1996) suggèrent que ceux qui conduisent le plus commettent le plus d'infractions et d'imprudences, tandis que ceux

qui conduisent peu sont ceux qui respectent scrupuleusement le code. Il est donc possible qu'une pratique intensive amène les conducteurs à considérer que les règles peuvent être violées, et en même temps renforce leur sentiment d'être capables de maîtriser leur véhicule et de déterminer dans quelles situations la règle doit être transgressée.

La conduite impliquerait donc un « processus automatique » chez le conducteur expérimenté en ce sens que cette activité demande peu d'effort et n'est pas limitée par la capacité de la mémoire chez ce dernier ; et tandis que chez le conducteur novice, elle impliquerait un « processus contrôlé », puisque lente, sérielle (une seule séquence peut être contrôlée à la fois), nécessitant l'effort, l'attention et enfin, étant sous le contrôle direct de ce type de conducteur. Or il semble qu'une tâche sous-tendue par un traitement contrôlé serait susceptible de donner lieu à une performance fluctuant au cours de la journée, ce qui ne serait en revanche pas le cas d'une tâche sous-tendue par un traitement automatique, pour laquelle la performance resterait stable. En effet, les variations journalières des performances aux tâches sous-tendues par des processus automatiques et contrôlés ont fait l'objet d'une étude par Testu (1984). Celui-ci a repris et testé, à 8h30, 11h45, 13h45, et 17h, le protocole expérimental de Shiffrin et Schneider (1977) dont le principe se fondait sur une recherche de cibles parmi des distracteurs (cibles et distracteurs sont, chaque fois, soit respectivement tirés de deux ensembles distincts, soit tirés d'un seul et même ensemble). Les résultats de cette étude indiquent que les performances observées dans la condition correspondant à un traitement automatique ne fluctuent pas au cours de la journée, tandis qu'elles varient dans la condition où la tâche est dite sous-tendue par un processus contrôlé, avec notamment deux pics de performance : l'un à 11h45 et l'autre à 17h.

Ainsi, les conducteurs expérimentés ou professionnels, contrairement aux conducteurs qui viennent d'obtenir leur permis de conduire (conducteurs novices), utiliseraient des automatismes fortement renforcés par une longue pratique. Du fait de cette pratique, ces conducteurs maîtrisent mieux les tâches reliées à la conduite, celles-ci comportant alors plus de processus automatisés, et de ce fait moins dépendantes des variations liées au temps. Ces considérations nous amènent à exclure de notre étude ces deux types de conducteurs (débutants et professionnels) et à ne retenir que des conducteurs (ayant au moins deux ans d'expérience) qui conduisent fréquemment leur véhicule (au

moins tous les jours). Ils utilisent leur véhicule principalement pour les loisirs, les courses, pour se rendre à leur travail ou encore pour aller voir des amis ou de la famille.

1.2.2. Les influences médicales

Dans le domaine de la médecine, de nombreuses recherches, notamment les études épidémiologiques et expérimentales, ont exploré les influences d'ordre médical, mental et comportemental pouvant nuire à la conduite automobile. Les approches épidémiologiques mettent en évidence les troubles organiques (sensoriels et moteurs) et mentaux susceptibles d'entretenir une corrélation avec les accidents et/ou les infractions.

a. Les troubles sensoriels et moteurs

On pense que les troubles affectant la perception requièrent une attention particulière. Les troubles tels que les cataractes, le glaucome et la dégénérescence maculaire influencent souvent l'habileté du conducteur (Domont et coll., 1994). La détérioration de la vision périphérique ou de l'acuité visuelle entraîne invariablement un rétrécissement du champ visuel, une diminution de la sensibilité aux contrastes, une gêne accentuée à l'éblouissement, une perte du temps de réactivité de l'ordre de 10% entre 20 et 60 ans, un temps d'adaptation aux conditions d'une mauvaise visibilité ainsi qu'une diminution de la perception de profondeur et de distance (Waller, 1992). Pour ces raisons, il est exigé pour l'obtention de certains permis une acuité minimum. L'aptitude à la conduite automobile requiert 5/10 d'acuité en vision binoculaire, avec la meilleure correction. Ainsi, nous avons travaillé avec des participants ayant une acuité supérieure ou égale à cette valeur.

En outre, certaines manifestations qui nuisent au mouvement, par exemple la douleur, l'arthrite et l'ostéoporose peuvent aussi perturber la conduite. Par ailleurs, les troubles rhumatismaux débilissants peuvent restreindre l'amplitude des mouvements des conducteurs, rendant difficiles la vérification des angles morts et le braquage, et restreignant par le fait même le champ de vision (Gabaude, 1998)). D'autres maladies qui touchent le fonctionnement moteur, telles les affections neurologiques (par exemple la

sclérose latérale ou en plaques, la maladie de Parkinson, peuvent empêcher de conduire en toute sécurité (Gallo et coll., 1999). De toute évidence, les problèmes de santé qui restreignent la motricité du conducteur sont susceptibles de nuire à la conduite automobile.

Nous constatons que la présence de déficiences ou de déficits sensoriels ou moteurs susceptibles de diminuer l'habileté du conducteur peut provoquer un risque accru pour ce qui est de la conduite dangereuse, des infractions au règlement de la circulation et des collisions. Cependant, la simple présence de l'un de ces faits ne permet pas automatiquement de conclure qu'un conducteur présente un risque accru ; certaines études démontrent l'existence de corrélation positive, d'autres de corrélation négative entre ces troubles et la conduite automobile (Gresset et Meyer, 1994). D'autres études ont porté sur les troubles mentaux, notamment les troubles qui résultent en une variation brusque du fonctionnement mental (la veille étendue et les troubles du sommeil), les troubles associés à des variations du fonctionnement mental (le diabète) et les affections neurodégénératives (la démence).

b. Les maladies mentales

De façon générale, l'examen de quelques études qui ont été menées semble indiquer que ces troubles liés à l'anxiété, à la dépression, à la psychose, etc. sont susceptibles d'entraîner un évanouissement soudain, ou du moins une diminution de l'attention et de la concentration, lesquels pourraient se produire alors qu'une personne se trouve au volant d'une automobile (Horne et Reyner, 1995 ; Philip et al, 2001). En ce qui concerne les troubles anxieux, par exemple, on présume que les conducteurs anxieux sont plus susceptibles de constituer une menace pour autrui. Ce qui peut avoir une incidence sur l'habileté au volant. De ce fait, les quelques recherches, notamment celles de Silverstone (1988), qui portent sur cette question semblent indiquer que les conducteurs anxieux risquent davantage d'être impliqués dans des accidents d'automobile, tout comme les conducteurs présentant des dérèglements de l'humeur (dépression), des troubles bipolaires (troubles maniaco-dépressifs).

Ainsi, il ne fait aucun doute qu'un certain nombre de problèmes de santé peuvent avoir une incidence sur l'aptitude à conduire d'une personne. D'ailleurs, c'est la constatation à laquelle on est arrivé, comme en fait foi l'exigence générale d'une forme

quelconque d'examen médical pour tous les auteurs d'une demande de permis de conduire. Tenant compte de ces considérations, nous avons choisi des participants exempts de troubles organiques et mentaux, d'affections neurovégétatives évolutives, de désordres du comportement.

1.2.3. Les prises hypnotiques

a. La consommation d'alcool

L'alcool, ce produit de la distillation du vin et d'autres liquides fermentés, du fait de sa composition chimique, constitue une substance psycho-active. En effet, lorsqu'on a consommé une boisson alcoolisée (vin, bière, apéritif...), l'alcool passe dans le sang et agit sur le cerveau. C'est un dépresseur du système nerveux central : il déprime les fonctions psychiques d'un individu en diminuant le niveau d'éveil et l'activité générale du cerveau.

Les effets dépresseurs de la consommation d'alcool ont été mis en évidence par Wilkinson et Colquhoun (1968, cité par Leconte, 1988) sur la performance, dans une tâche sensorimotrice. Ces auteurs montrent que, lorsque les sujets sont privés de sommeil, l'alcool a un effet activateur à faible dose et dépresseur à dose élevée ; ce qui s'accompagne parallèlement d'une amélioration ou d'une perturbation de la performance. Ces effets perturbateurs ont été abondamment étudiés en conduite automobile. Certaines études ont porté sur le rapport entre le niveau de concentration d'alcool dans le sang (alcoolémie) et les accidents de la route. Selon les études de laboratoire, les effets de l'alcool apparaissent sur le conducteur dès 0.3 gramme (g) par litre de sang (Arcand, Godbout, Lessart, 1997). Ces perturbations se généralisent à partir de 0.5 gramme par litre (0.5 g/l), entraînant des risques d'accident. Lorsque ce niveau (0,5g/) dans le sang est atteint, le risque d'accident double. Ainsi, sur le plan comportemental, le conducteur prend des risques qu'il n'aurait pas pris en temps normal ; sa personnalité devient loquace, expansive et pétulante. En outre, son attention, sa mémoire, ses capacités de compréhension et de jugement diminuent progressivement. Sa psychomotricité est également atteinte : perturbation de la coordination des mouvements et allongement des temps de réaction. En ce qui concerne sa perception, il subit de légères perturbations de la vision : l'estimation des distances est faussée et la vision est moins nette sur les côtés ; le

conducteur a du mal à distinguer les panneaux ainsi que les usagers qui s'apprêtent à traverser ou qui arrivent des rues perpendiculaires. D'autres études indiquent également que la relation est exponentielle entre le niveau de concentration d'alcool dans le sang et le risque d'accident de la route, et que c'est entre 0.8 g et 1g/l de sang que la courbe s'infléchit (Vingilis, 1995 ; Simpson, 1995 ; Chabrol, 2000).

En résumé, l'alcool est un psychotrope qui agit sur le système nerveux. Cet effet est proportionnel au taux d'alcool dans le sang. Cependant, il est important de rappeler que les mesures susmentionnées demeurent approximatives, chaque individu réagissant différemment selon son poids (un poids léger aura plus d'alcoolémie qu'un poids plus lourd), sa masse musculaire, sa taille, son niveau de fatigue et de stress ainsi que son état physique et psychologique. Par ailleurs, le sexe (une femme aura un taux d'alcoolémie plus important), les caractéristiques individuelles, l'âge, la quantité d'alcool consommée et la vitesse avec laquelle celui-ci est absorbé sont également des facteurs qui peuvent influencer sur les taux d'alcoolémie (Mc Catt et coll., 1996). Enfin, quand la consommation s'effectue avec, avant ou après d'autres substances (médicaments, drogues...), cette notion de seuil n'a plus cours. Pour donner plus de validité à ces études en laboratoire, des recherches ont été réalisées en situation de conduite réelle. Celles-ci ont établi un lien entre déviation lors de la conduite et alcoolémie. Menzin et coll. (2001) ont établi que 0.5 gramme d'alcool dans le sang entraîne une augmentation de 2.5 centimètres (cm) de l'écart type de la position moyenne du véhicule sur la route par rapport à une condition de contrôle chez un sujet sobre ; un gramme d'alcool dans le sang entraîne une augmentation de 5.5 cm de cet écart type. Ces auteurs ont ensuite rapporté ces déviations au risque accidentogène : une augmentation de 2.5 cm aboutit à un risque relatif de 3 de survenue d'accident. L'ensemble de ces données semble confirmer les études en laboratoire : les effets physiologiques consécutifs à l'absorption d'alcool entraînent des conséquences sur la conduite automobile en modifiant les perceptions, en diminuant la concentration, en ralentissant les mouvements et le temps de réaction, en amenant le conducteur, enfin, à sous-évaluer les risques. Ces conséquences ont été également décrites pour les drogues et les médicaments.

b. La consommation de drogues et de médicaments

Selon le Grand Dictionnaire de Psychologie, les drogues se définissent comme « toute substance pharmacologiquement active sur l'organisme » (en ce sens, les médicaments, pris à dose excessive, sont des drogues). Le rôle de ces substances psychotropes dans la diminution des performances requises pour la conduite automobile a fait et continue de faire l'objet d'études scientifiques. La problématique est abordée selon différents aspects, parmi lesquels figurent les aspects épidémiologiques, analytiques et pharmaco-toxicologiques.

Les études épidémiologiques visent à connaître la prévalence des stupéfiants parmi les conducteurs suspectés de conduire sous l'influence de drogue et /ou de médicaments. Ainsi, le cannabis semble actuellement le produit stupéfiant le plus fréquemment observé parmi les conducteurs accidentés ou conduisant de manière erratique. Parmi les différents médicaments incriminés dans la survenue d'accidents, les approches épidémiologiques apportent un faisceau d'arguments concordants pour une responsabilité particulière des benzodiazépines. En ce sens, les travaux d'Arditi (Arditi et coll., 1993) établissent une liaison entre la prise de benzodiazépine et la responsabilité dans un accident. Ces molécules sont des psycholeptiques facilitant le sommeil et diminuant l'anxiété. De ce point de vue, elles sont reconnues comme entraînant une détérioration de diverses fonctions mentales et motrices, notamment lors d'activités de longue durée et monotones. Leur action dépressive sur la vigilance est plus ou moins nette. Les hypnotiques peuvent en effet continuer à agir le lendemain d'une prise unique vespérale et provoquer des effets observables (dits effets résiduels). Chez les sujets sains, ces effets résiduels se manifestent par une fatigue accrue, une latence d'endormissement plus courte, une réduction des performances psychomotrices et une diminution de l'activité motrice spontanée (Mattmann et coll., 1982). Les médicaments hypnotiques sont donc susceptibles d'entraîner des effets résiduels se traduisant par un comportement inadapté à une conduite sûre. Les analyses toxicologiques consistent à effectuer dans un échantillon d'urine une recherche de substances psycho-actives figurant sur une liste (amphétamine, barbituriques, benzodiazépines, cocaïne, cannabis, méthadone, méthaqualone, opiacés, diphenhydramine, et zolpidem) et à réaliser des analyses quantitatives sur des échantillons de sang. Ainsi, l'analyse de l'urine donne des indications concernant les capacités à conduire d'un individu. L'analyse de la salive ou de la sueur est aussi utilisée pour la détection au bord de

la route. Les études épidémiologiques et toxicologiques ont donc permis d'avoir une estimation des accidents sous l'influence de ces psychotropes. Les données disponibles au niveau européen montrent que 10% environ des accidents se produisent sous l'influence d'un médicament psychotrope (De Degier, 1999 ; Sherwood, 1998). Cette proportion n'est pas négligeable quand on sait que ces substances modifient l'état de la conscience.

En clair, les psychotropes ou hypnotiques agissent au niveau du système nerveux central et en altèrent les fonctions. Cette altération a pour conséquence des modifications comportementales qui peuvent se traduire par une somnolence, des vertiges, des pertes de connaissance, des étourdissements, des troubles visuels, des hallucinations, des troubles auditifs, des sensations d'ébriété, des modifications du comportement, etc. Ces modifications pourraient augmenter les risques encourus lors de la conduite (Assally et Biecheler, 2002 ; Brookhius, 1998).

Au vu de ce qui précède et au regard des conditions d'obtention du permis de conduire et de certains facteurs (hygiène de vie, états de santé et d'esprit, expérience...) susceptibles d'influer sur l'activité de conduite et les profils de performance, notre expérimentation porte sur des sujets sains, ne prenant aucun traitement médicamenteux, suivant des horaires de vie réguliers pendant trois jours avant de se soumettre à l'expérience, et possédant au minimum 2 ans d'expérience de la conduite.

1.3. Matériel expérimental

Les épreuves utilisées, de manière générale, pour analyser les variations de performances sont nombreuses. Traditionnellement, on peut les classer en deux catégories : d'une part, les méthodes objectives et, d'autre part, les méthodes subjectives. Ces dernières consistent à demander, par questionnaire, aux participants d'évaluer leur propre niveau attentionnel, de vigilance, etc. Les méthodes objectives, quant à elles, consistent en des tâches particulières d'attention, notamment barrer le même signe dans une page remplie de signes aléatoires, faire une croix dans des cercles espaces, reconnaître un signe cible parmi d'autres, etc.

1.3.1. Les questionnaires

L'objectif de la présente étude vise à montrer l'influence du moment de la journée sur les performances attentionnelles et de conduite simulée chez des sujets sains, n'ayant pas de troubles du sommeil, exempts de tout traitement médicamenteux interférant avec le sommeil, le niveau d'attention et le système circadien. Les questionnaires destinés à mesurer la qualité du sommeil, le niveau d'attention et les prises hypnotiques peuvent être regroupés en deux grandes catégories : les mesures objectives reposant sur des enregistrements physiologiques et des tests psychotechniques, d'une part, et les mesures subjectives, d'autre part.

Les méthodes subjectives font appel à la perception du sujet et se fondent sur les réponses des sujets à la fin de la tâche. Parmi les plus fréquemment utilisées, on trouve :

- L'échelle visuelle analogique (visual analogie scale) consistant à inscrire, à intervalles réguliers, une marque à l'endroit correspondant le mieux à son niveau de vigilance sur une ligne horizontale (extrémités correspondant à deux états de vigilance opposés: très somnolent et très éveillé).

- L'échelle de somnolence de Stanford (Stanford Sleepiness Scale), développée par Hoddes et coll. (1972), comprend 7 items (codés de 1 = très éveillé à 7 = endormissement proche) parmi lesquels le sujet testé doit choisir, à intervalles de 15 minutes, celui qui correspond le mieux à son état de vigilance.

- L'échelle de somnolence d'Epworth (Epworth Sleepiness Scale) portant sur une estimation du risque de s'assoupir dans 8 situations de la vie quotidienne. Le sujet estime son risque de s'assoupir entre 0 (aucune chance de s'endormir) et 3 (forte chance de s'endormir) (Johns, et coll., 1991).

- le V.A.S relatif à l'état de vigilance, de performance, de stress et de motivation du sujet.

- Le calendrier de Jouvett portant sur l'horaire du coucher, du lever, des siestes, ainsi que des périodes diurnes avec envie de dormir (bâillements).

- Le Karolinska Sleepiness (Kss) : évalue l'état d'éveil, sur une échelle en 9 points allant de « très éveillé » = 1 à « très somnolent avec de grands efforts pour rester éveillé, luttant contre le sommeil » = 9.

- L'index de qualité du sommeil de Pittsburg (PSQI) visant sept aspects de la qualité subjective du sommeil dans le mois précédant la complétion du questionnaire.

La qualité du sommeil peut donc être appréciée par plusieurs questionnaires appropriés. Quoique les estimations de ceux-ci ne soient pas toujours en corrélation avec les résultats des enregistrements polysomnographiques, ces outils présentent, néanmoins, des avantages incontestables. Ces avantages résident dans leur acceptation par le sujet ainsi que leur caractère peu contraignant. Ce sont des outils faciles à exploiter par l'expérimentateur et simples à remplir par le sujet. L'index de qualité du sommeil de Pittsburg se prête le mieux, nous semble-t-il, à toutes ces qualités: facile à remplir par les sujets et facile à interpréter par l'expérimentateur. De plus, ce questionnaire prend en compte l'avis du partenaire ou du voisin de lit. Au surplus, il permet de distinguer une population de bons et de mauvais dormeurs, de différencier les sujets à trouble du sommeil significatif.

a. L'index de qualité du sommeil de Pittsburg (PSQI)

L'index de qualité du sommeil de Pittsburg ou *Sleep Quality Index* comprend 19 questions portant sur la qualité subjective du sommeil et les prises hypnotiques des participants (Annexe 2). Ces items sont regroupés dans 7 composantes de scorage :

- la qualité subjective du sommeil ;
- la latence du sommeil ;
- la durée du sommeil ;
- l'efficacité du sommeil habituel ;
- les troubles du sommeil ;
- les prises d'hypnotiques ;
- le mauvais fonctionnement diurne.

Dans chaque cas, un score égal à 0 indique qu'il n'y a aucune difficulté et un score égal à 3 indique des difficultés sévères. Les sept composantes du scorage sont additionnées pour donner un score global allant de 0 à 21 points. La moyenne se situe à 7, selon Buysse et coll. (1989).

Le PSQI a donc servi à sélectionner nos participants. Cette sélection a été faite de façon individuelle. En effet, les questionnaires sont d'abord distribués à chacun des participants et ceux-ci devaient les remplir avant de prendre part à l'expérimentation.

Ensuite, après exploitation, ceux qui avaient des difficultés sévères d'endormissement étaient écartés de l'étude.

En plus de la qualité du sommeil de nos participants, nous avons également voulu avoir des informations sur leur typologie ; l'un de nos objectifs, rappelons-le, étant de dégager les profils journaliers attentionnels et de conduite selon la typologie. L'agenda de sommeil et le questionnaire de typologie de Horne et d'Östberg sont plus souvent utilisés pour mettre en évidence le système circadien. De façon générale, ces questionnaires portent sur les habitudes de lever, de coucher, et sur les moments estimés de meilleures performances mentales et physiques. L'agenda, lui, porte sur le décalage de phase ou l'allongement du rythme circadien. Il n'est pas suffisant pour mettre en évidence les chronotypes du participant, c'est-à-dire le fait que ce dernier soit du matin ou du soir. C'est pourquoi nous optons pour le questionnaire de typologie de Horne et d'Östberg (1976).

b. Le questionnaire de typologie de Horne et d'Östberg

Le questionnaire de typologie de Horne et d'Östberg est composé de 19 questions (Annexe 3). Pour chacune d'elles, le sujet n'a généralement le choix qu'entre 4 réponses ; celles-ci correspondant aux différents types de sujets que le questionnaire est sensé distinguer. Les réponses sont ordonnées de manière aléatoire, de façon à ne pas avoir un pattern de réponses fixes. Les chiffres correspondant à chaque réponse sont additionnés, et le score obtenu permet d'identifier le chronotype des participants. Ces derniers sont « vraiment du matin », si leur score est compris entre 70 et 86 ; ils sont du type « moyennement du matin », si leur score est compris entre 59 et 69 ; ils ne sont « d'aucun type particulier », s'ils obtiennent un score entre 42 et 58 ; et ils sont de type « moyennement du soir » ou « vraiment du soir » si les scores sont respectivement compris entre 31 et 41 ou entre 16 et 30.

c. La fiche signalétique

En plus des questionnaires de Pittsburg et de Horne et d'Östberg portant respectivement sur la qualité du sommeil et la typologie, nous nous sommes permis de constituer un troisième questionnaire relatif à d'autres facteurs, notamment les variables socio-démographiques, personnelles, professionnelles et situationnelles. Il s'agit précisément des informations relatives à l'âge, au sexe, à la profession, au niveau d'études, au permis de conduire et aux antécédents des participants ainsi qu'à leurs prises ou non d'hypnotiques (Annexe 1).

1.3.2. Le test de conduite

De façon générale, les tests utilisés pour mesurer les performances de conduite sont des tests de simulation réalisés en laboratoire ou des tests effectués en situation naturelle de conduite.

Les tests de conduite réelle sont réalisés, soit sur circuit fermé soit en situations de trafic habituel. Autrement dit, les expériences se déroulent sur route (à l'écart de la circulation ou sur un trajet prédéfini au sein de la circulation), et dans des véhicules spécialement équipés. Par exemple, les sujets conduisent un véhicule équipé d'une caméra. Celle-ci filme en permanence la route. Le film obtenu est numérisé et un programme informatique calcule ensuite les écarts types de la moyenne de la distance du véhicule par rapport à la ligne blanche située sur le côté droit de la route, ainsi que le nombre de franchissements de lignes latérales. Ainsi ce type d'évaluation directe se déroule en contexte réel. Toutefois, si ces tests paraissent naturels au premier abord, ils restent moins précis que les tests en simulation : ne permettent pas une présentation standardisée, en particulier de situations dangereuses requérant un jugement et des actions rapides. Par ailleurs, un expérimentateur est toujours présent dans le véhicule qui est équipé d'un système de double commande, et les consignes données aux sujets sont assez directives, ce qui ne correspond pas aux conditions de conduite naturelle. Finalement, réaliser cette épreuve avec un conducteur dont on soupçonne des capacités de conduite altérées place les protagonistes et les autres usagers de la route dans une situation potentiellement

dangereuse. De ce fait, on pense que les tests de conduite simulée pourraient apporter des éléments d'appréciation plus intéressants.

Ces tests de conduite simulée sont effectués en laboratoire. Les participants prennent habituellement place devant un écran et réalisent les tâches demandées tout en étant soumis à différents stimuli. Dans ce type de test, les expérimentateurs se servent souvent de simulateurs de conduite. Ces machines offrent l'avantage de reproduire le plus fidèlement possible les conditions de conduite (simulation de sons et de mouvements en réponse aux actions du conducteur). Cependant, la validité de ces dispositifs reste à démontrer ; surtout quand on sait que les expériences sur simulateur amplifient la dégradation des performances (fatigabilité accrue par rapport à la conduite réelle, conditions de luminosité...) (Burgess et coll., 2001). On sait également que le coût de ces dispositifs reste élevé. D'ailleurs, l'accès à un simulateur de conduite de haut niveau n'est pas aisé ; d'autant que d'importants moyens sont nécessaires tant du côté de la programmation des situations de conduite que de l'exploitation des résultats. En conséquence, les moyens de simulation sont limités et font l'objet d'une planification serrée. Nous avons donc été conduit à utiliser un autre matériel qui, tout comme le simulateur, permet d'observer les performances de conduite simulée : le réactiomètre informatique.

a. Les réactiomètres

Les réactiomètres, au niveau de sophistication très variable, sont de deux grands types : électronique et informatique. Si les caractéristiques de base de ces systèmes restent identiques, leurs options diffèrent.

Le réactiomètre électronique fonctionne comme les tests de discrimination visuelle ou auditive, notamment le " Symbol Digit Modality Test " de Smith, le PASAT (Paced Auditory Serial Addition Test) de Gronwall et Sampson, le CPT (Continuous Performance Test) de Rosvold, Mirsky, Sarandon, Brandsome, et le test de Stroop dont le principe général consiste à répondre le plus rapidement possible dès qu'une cible apparaît ; cible pouvant apparaître avec un distracteur.

Le réactiomètre informatique se distingue de la version électronique par sa grande richesse d'options : séquences vidéo pouvant être projetées sur grand écran, via un vidéo

projecteur, valeurs par défaut paramétrables, édition des résultats (courbe de décélération du véhicule, tableau des résultats...). Le réactiomètre informatique peut être embarqué à bord d'un véhicule. Dans ces conditions, il permet de mesurer la souplesse de conduite et le temps de réaction d'un conducteur, permettant ainsi d'enregistrer en temps réel au cours d'un trajet les accélérations longitudinale et latérale du véhicule, les dépassements de seuils d'accélération préétablis et les stimuli auditifs déclenchés. Ce type de dispositif est utilisé dans le cadre de la formation à la conduite.

b. Le réactiomètre informatique

Le réactiomètre informatique permet de mesurer le temps de réaction au freinage. C'est un simulateur non interactif. C'est un instrument déjà validé pour la population française (étalonné sur 337 personnes francophones de 20 à 85 ans). Il est souvent utilisé dans les campagnes de sensibilisation pour la sécurité routière et dans les centres de formation (auto-école, associations...). Si ce logiciel ne permet pas au conducteur, d'une part de contrôler sa vitesse et sa trajectoire et, d'autre part, de restituer le bruit du moteur du véhicule, il offre l'avantage, tout au moins, d'apprécier la capacité à réagir à des situations urgentes et imprévues chez un conducteur placé dans différentes situations de conduite et soumis, notamment, à des contraintes environnementales diverses. Les environnements routiers virtuels permettent la reproduction des situations potentiellement dangereuses qu'il serait difficile, voire impossible, de mettre en pratique dans la conduite réelle.

En ce qui concerne notre étude, le réactiomètre se compose d'un logiciel comportant quatre tests (comportant chacun 5 séquences vidéos) et une pédale stop. Il propose plusieurs fonctionnalités : paramétrage, lancement d'un test, édition des résultats et simulation d'un scénario alternatif.

1.3.3. Le test d'attention

Plusieurs tests peuvent nous renseigner sur les capacités attentionnelles intrinsèques d'un individu. Minors et Waterhouse (1981) propose de les regrouper en deux classes. Ainsi, nous avons les tests objectifs et les tests subjectifs (nécessitant la coopération du sujet, car ce dernier doit estimer son état psychologique). Les tests objectifs, quant à eux, se distinguent par leur niveau de complexité : on parle alors, d'une part, de tests objectifs simples à « composante sensorielle », de tests à « composante motrice » et de tests à « composante centrale », et d'autre part, de tests objectifs complexes. Ces derniers sont construits, soit à partir de tests simples dont on a augmenté la durée, soit par combinaison de tests simples et création de batteries de tâches permettant l'examen simultané de plusieurs dimensions d'activités psychologiques, soit enfin, à partir d'épreuves nécessitant un traitement de l'information profond, comme dans la compréhension de texte ou la mémorisation à long terme. Les tests dits de barrage ou tests psychotechniques font partie du second groupe et sont les plus couramment utilisés.

a. Les tests psychométriques

Les tests psychométriques sont nombreux, et nous pouvons citer entre autres le test de Corkum et coll. (1995), le test des deux barrages (T-2-B) de Zazzo (1982), le test d2 de Brickenkamp (1969) et le test de barrage de nombres. Leur complexité varie selon l'âge ainsi que le temps pour les réaliser.

Ces tests remontent à Bourdon (1895, cité par Zazzo, op ; cite) et consistent à discerner rapidement et à barrer certains éléments (lettres, chiffres, signes, formes géométriques) à l'exclusion des autres avec lesquels il peut y avoir confusion. Il peut y avoir un ou plusieurs signes à barrer. Deux types d'erreurs sont possibles : celles par omission où un signe à barrer ne l'est pas, et celles par substitution, encore appelées confusion ou addition, où un signe est barré à tort. Le test de barrage de lettres de Toulouse-Piéron s'intéresse au pourcentage d'omission, et non aux erreurs. Le test de Marckworth prend aussi en compte cet aspect. En tout état de cause, tous ces tests se comportent plus ou moins de la même façon : ils montrent la baisse de performances et donc de l'attention des sujets, selon une courbe caractéristique.

Parmi les tests psychométriques, le test de barrage de nombres paraît, nous semble-t-il, plus bref, économique et facile à réaliser.

b. Le test de barrage de nombres

Le test de barrage de nombres est l'épreuve idéale pour les chronopsychologues dans l'évaluation des performances attentionnelles (Bategat et coll., 1999 ; Leconte et Beugnet-Lambert, 1988 ; Testu, 2000). De plus, l'originalité de cette épreuve tient essentiellement au fait que c'est une tâche impliquant une discrimination visuelle que les enfants, les adultes et même les âgés exécutent facilement. Ce qui permet d'aborder notre étude dans une perspective à la fois développementale et différentielle. Enfin, le choix de ce test répond au souci de pouvoir comparer les profils journaliers des performances attentionnelles de nos participants à ceux des performances de conduite, caractérisées par des temps de réaction au freinage. Nous savons, en effet, que le test de réaction et le test de barrage de nombres sont des tests à « composantes sensorielle et motrice ». Ce sont, comme le précisait Gates (1916), des tests impliquant des tâches perceptivo-motrices, du fait qu'elles exigent vitesse et exactitude (temps de réaction, justesse et rapidité des mouvements). Cet auteur assimile le test de barrage à une tâche perceptivo-motrice, car il s'agit pour le sujet de barrer des nombres cibles, chaque fois qu'il en trouve un au sein d'une série de lignes de nombres. Notons enfin que les tests de barrages ont le mérite de ne comporter aucun traitement cognitif élaboré. Ils exigent cependant une attention soutenue et réclament vitesse et précision. On les appelle également « tâches de vigilance ».

1.4. Protocole expérimental

Vu les critères de participation à l'expérimentation et dans l'optique d'une familiarisation des conducteurs au dispositif utilisé, la méthodologie expérimentale se déroule en trois étapes.

La première concerne la présélection. Préalablement à sa participation à l'expérimentation, chaque conducteur est d'abord soumis à un examen de la vision, la conduite étant principalement liée à cette capacité sensorielle (Burg, 1967). L'acuité

visuelle se caractérise de façon générale par la notation décimale (exprimée par l'inverse de la valeur du plus petit angle sous lequel un détail est vu), la notation en fraction de Snellen ou notation angulaire, la notation en log AMR... (Gabaude et Pauzie, 1997). Nous nous sommes référés à la notation de Snellen, car c'est l'une des plus couramment utilisées: le numérateur représente la distance à laquelle le sujet doit se trouver pour déchiffrer l'optotype, le dénominateur étant la distance à laquelle doit se trouver un sujet ayant l'acuité 1, ou la distance à laquelle un détail de la plus petite lettre lue soutient un angle de 1' (exemple: 6/12 = lecture à 6 m d'une ligne pouvant être lue à 12 m par un sujet d'acuité standard 1). L'aptitude à la conduite automobile requiert 5/10 d'acuité en vision binoculaire, avec la meilleure correction. Si un œil présente une acuité inférieure à 1/10, l'œil adelphe doit disposer d'une acuité de 6/10 minimum (Charman, 1985 ; Corbé, 1994). Le test ayant lieu sur un ordinateur (situé à moins de 1 m), nous avons également pris la précaution de vérifier la vision de près (perception du curseur sur l'écran, par exemple). Ensuite, le participant devait répondre à deux questionnaires : l'échelle de typologie de Horne et Östberg et l'index de qualité du sommeil de Pittsburgh, ces questionnaires portant, rappelons-le, sur les antécédents médicaux, le niveau d'éveil, la typologie circadienne (vespéralité/matinalité), l'état de santé actuel, notamment la prise éventuelle de traitement et l'hygiène de vie (heure du coucher et durée du sommeil...).

La deuxième étape est consacrée à la pré-expérimentation : phase de familiarisation et de configuration de l'outil. Au cours de cette séance d'apprentissage, il est demandé aux sujets d'effectuer certaines actions susceptibles d'être exécutées lors de l'expérimentation ; et ce, pendant quelques minutes (10 min). En ce qui concerne le test de barrage, chaque participant est préalablement soumis à un test (Forme E). Puis, l'expérimentateur vérifie si la consigne a été respectée, avant de demander si des difficultés particulières ont été éprouvées pour la réalisation de la tâche. Concernant le réactiomètre informatique, une phase de familiarisation a été nécessaire, afin de limiter d'éventuelles erreurs ainsi que le stress lié à la découverte du matériel.

La troisième étape, l'expérience proprement dite, consiste en l'évaluation globale des performances attentionnelles (aux tests de barrage) et des performances de conduite (indiquées par le temps de réaction au freinage). Chaque passation se déroule individuellement et a lieu pendant les quatre moments de la journée : début de matinée (6 à 9h) ; fin de matinée (9 à 12 h) ; début d'après-midi (12 à 15h) ; fin d'après-midi (15 à 18h). Rappelons que ces heures ont été choisies en référence aux horaires classiquement retenus

dans les études chronopsychologiques. La nécessité de faire passer les tests, aux mêmes participants, plusieurs fois dans la journée, risque d'entraîner un apprentissage qui masquerait les variations de l'efficacité aux épreuves. Ainsi, pour contrôler les éventuels effets d'ordre de passation et d'apprentissage, le test de barrage a été présenté sous plusieurs formes identiques (formes parallèles A, B, C, D), et un plan en contre balancement a été nécessaire. Le test de conduite a été également présenté sous quatre formes identiques (tests 1, 2, 3, 4), comportant chacune cinq séquences vidéos (1 à 20).

Par ailleurs au sein d'un même groupe d'âge, nous avons également pensé à contrôler cet effet d'ordre en ce qui concerne l'effet du moment de la mesure ; en effet, la succession des mesures pour tous les sujets, du matin jusqu'au soir par exemple, pourrait faire apparaître un effet de mise en route et un effet d'entraînement. Si bien que pour contrôler l'effet d'ordre du moment de la journée, nous avons songé à faire varier, selon les sujets, l'heure de démarrage des mesures. Au sein de chaque groupe d'âge, les participants ont été ainsi répartis, de façon aléatoire, en quatre groupes, selon les quatre moments de la journée. Ainsi et par exemple, en ce qui concerne la première passation, les sujets du premier groupe ont commencé en début de matinée, le deuxième en fin de matinée, le troisième en début d'après-midi et le dernier en fin d'après-midi.

Ainsi, selon la loi de Yerkes-Dodson, lorsque le test est sensiblement long, ou lorsqu'il est passé à différents moments de la journée, on dénote une baisse des performances, selon une courbe descendante. Les sujets, en effet, commettent peu d'erreurs au début du test ; mais plus le temps passe, plus le nombre d'erreurs augmente. Cette courbe représente le déficit d'attention. Cela semble traduire la définition de l'attention : «le contrôle, l'orientation et la sélection par l'individu d'une ou de plusieurs formes d'activités durant une période de temps qui ne peut être maintenue longtemps ». En d'autres termes, l'attention ne peut pas être soutenue ou maintenue indéfiniment sans entraîner une certaine fatigue qui, se traduit par une diminution de l'efficacité des actions exercées sur l'environnement. Nous avons donc pris en compte cet aspect des choses, ce qui explique la brièveté des passations (1 min).

2. Etude de l'effet du moment de la journée sur les profils de performances attentionnelles

2.1. Position du problème

Les recherches de chronopsychologie mettent en évidence l'existence de rythmes comportementaux chez l'homme. De telles variations cycliques affectent les diverses facettes de l'activité cognitive, de façon quelque peu différenciée mais dont la tendance générale reste la même. Ceci peut être illustré par une étude de Kleitman (1963) sur l'évolution, au fil de la journée, des performances d'un même individu au cours de trois tâches : une épreuve de calcul arithmétique (multiplication), une épreuve de transcription de code, et un test sensori-moteur (dessin d'un objet vu par l'intermédiaire d'un miroir). Pour ces trois épreuves, la variation se caractérise par une élévation de l'efficacité en début de journée (7h), suivi d'un déclin plus ou moins rapide. Pour les épreuves de dessin et de code, la diminution intervient dès la fin de la matinée, c'est-à-dire à 10 h (performance maximale 2 fois supérieure à celle constatée à 7 h du matin pour l'épreuve de codage et près de 3 fois pour le test en miroir), et à partir de 15 h pour l'épreuve de multiplication. Outre des différences sensibles quant à l'ampleur de la variation et l'allure de son déclin sur la journée, une donnée fondamentale est à retenir : celle de la forte fluctuation, au cours de la journée, de l'efficacité mentale de l'être humain. Cette fluctuation est fonction de la nature de la tâche et, pour certaines tâches, fonction du mode opératoire de la réponse.

En ce qui concerne les tâches sensori-motrices mentales qui sont des tâches répétitives simples, un paramètre important est à considérer : la composante motrice de la réponse dans les fluctuations des performances. En effet, certaines tâches ont une faible composante motrice (détection de signal, discrimination, barrage de lettres, addition) et d'autres ont une forte composante motrice (tri de cartes tracées dans un labyrinthe, placement de pions dans un jeu de solitaire...). Dans les tâches à forte composante motrice, les meilleures performances se situent beaucoup plus tôt dans la journée, vers midi (Buck, 1977), tandis que dans les tâches à faible composante motrice, les meilleures performances (acrophase) se situent en fin d'après-midi (Monk, 1983 ; Mulin et Corcoran, 1977). Ces résultats sont corroborés par ceux trouvés dans d'autres travaux, avec l'utilisation de plusieurs types de tâches de détection, comme barrer les « e » dans un texte, chercher des

matrices de quatre éléments parmi des matrices de points, trouver des paires de lettres identiques dans des lignes, trouver des zéros en caractères gras dans une page remplie de zéros minuscules ou barrer le même signe dans une page remplie de signes aléatoires (Blake, 1967; Testu, 1987).

Par ailleurs, notons que la plupart des tests psychométriques sont analysables selon deux critères : la vitesse et l'exactitude de la réponse. Or, il apparaît que ces deux paramètres peuvent ne pas présenter la même variation circadienne. Pour Monk et coll. (1985), qui tentent de déterminer les mécanismes responsables des variations journalières de performance à des épreuves répétitives simples, une hypothèse envisageable serait de supposer une augmentation de la vitesse de traitement au cours de la journée mais ce, au détriment de l'exactitude. Pour tester cette éventualité, ils mettent au point deux versions d'une même tâche : il s'agit de rechercher, au sein d'une liste, les paires de mots qui riment. Dans l'une des versions de cette tâche (A), les trois dernières lettres des mots d'une paire qui rime sont identiques ; dans l'autre version (B), la rime n'est que phonétique, la version B exigeant un codage phonétique pour pouvoir répondre. Les résultats indiquent un traitement plus lent pour B que pour A, une évolution parallèle des vitesses de traitement pour A et B au cours de la journée et enfin, une interaction concernant l'exactitude entre l'heure du jour et la version de la tâche (l'exactitude étant plus affectée dans le cas de la version B que dans celui de la version A, à mesure que l'on progresse dans la journée). Ainsi, la vitesse de traitement s'accroît au cours de la journée au détriment de l'exactitude. Il est donc intéressant de prendre en compte simultanément l'exactitude et la vitesse dans l'étude des variations des tâches sensori-motrices, notamment dans les tests de barrage.

Selon Reinberg (1977), ces variations journalières de l'efficacité psychologique, précédemment mises en évidence, ne sont pas sans rappeler celles de l'activité du système nerveux central ; les valeurs extrêmes se situant souvent aux mêmes moments. C'est dans un tel contexte que Montagner et ses collaborateurs (1977), en effectuant des dosages réguliers des déchets urinaires, montrent qu'il existe une correspondance entre les fluctuations de l'attention et les modalités circadiennes de l'élimination des 17-OHCS (17-Oxyde Corticostéroïde, produits de dégradation des hormones corticostéroïdes et qui peuvent être considérés comme des réponses de l'organisme aux agressions). Les dosages réguliers de ces produits chez des enfants d'école maternelle (5-6 ans) , par le même auteur (Montagner, 1980), ont permis, en effet, d'établir des profils journaliers: les moments de

meilleurs scores (période d'éveil) et l'élimination maximale des 17-OHCS se situent le plus souvent en fin de matinée ; en revanche, les faibles résultats (traduisant les périodes de moindre résistance, de rupture d'attention) et l'élimination minimale des 17-OHCS se situent en début d'après-midi. Toutes ces recherches soulignent l'importance des rythmes biologiques. Elles mettent en évidence un lien étroit entre les hormones et les situations environnantes ainsi qu'un lien entre le biologique et le psychologique. C'est dire que les temps convenables du maximum et du minimum de l'activité de chaque processus (attentionnel et physiologique) coïncident et que ces temps se situent en fin de matinée et en début d'après-midi.

Il semble donc qu'il y ait là une parenté des rythmes d'activités biologiques avec ceux des performances attentionnelles. Cette relation est solidement documentée par de nombreuses études portant sur les fluctuations des niveaux de vigilance et des degrés de mobilisation des processus nerveux (Haider, Spong et Lindsley, 1964 ; Head, 1923). Ces études se fondent, pour la plupart, sur la théorie du niveau d'éveil. En effet, selon cette théorie, l'activité centrale (système nerveux) varie au cours de la journée. Ainsi, lorsque le niveau de cette activité est élevé, l'activité générale, métabolique, est à son maximum, et l'individu est alors plus performant, son organisme se trouve dans un état d'éveil maximum. Au contraire, lorsque l'activité centrale est faible, le niveau de l'activité de l'organisme est bas, celui de la vigilance de base également ; par conséquent, le niveau des processus attentionnels dont le fonctionnement dépend d'un certain niveau de vigilance est bas aussi. L'indicateur le plus utilisé pour mesurer ce niveau d'éveil est la température corporelle qui présente un maximum en plateau entre 16 et 18-20h et un minimum le matin vers 3-4h. L'allure de cette courbe correspond à celle des performances aux tâches de vigilance et par un raisonnement circulaire, on en a déduit que la température représentait l'éveil du sujet et expliquait les meilleures performances le soir à des tâches faisant appel à la vigilance. Enfin, d'autres méthodes d'évaluation du niveau de vigilance ont été proposées, en particulier celles se fondant sur le couple veille/sommeil. Pour Sauvignon (1992), les états de vigilance se réfèrent aux différents stades ou états qui surviennent au cours du cycle veille-sommeil. Ces stades correspondent à un état d'activation du système nerveux central allant du sommeil jusqu'aux états émotifs en passant par les états de veille diffuse et de veille active. La rythmicité de ce continuum veille/sommeil est circadienne (Vermeil, 1984). Il existe en effet, une régulation chronobiologique au niveau de ce couple (veille/sommeil). Classiquement, les mesures montrent que l'efficacité du système

nerveux central décroît et que la somnolence augmente du début de la soirée à l'heure d'endormissement, avec un minimum d'éveil dans les premières heures du matin, que le sujet soit demeuré éveillé ou qu'il se réveille après son sommeil. Par la suite, la vigilance augmente pendant la matinée, décroît de façon transitoire en milieu d'après-midi et augmente à nouveau en début de soirée. Si on parle avec Thayer (1962) de sentiment d'activation, on constate que les sujets jugent leur activation très faible au lever, elle croît dans la matinée avec un maximum au milieu de l'après-midi et une chute vers le soir où les impressions de détente, de fatigue, d'assoupissement l'emportent sur celles d'énergie, de vigueur, de tonus. Les travaux de Reinberg (1978) confirment ces résultats.

La théorie du niveau d'éveil, si elle explique les variations circadiennes des performances aux tâches de vigilance, ne peut pas expliquer pourquoi les tâches complexes, notamment les tâches de compréhension ou de résolution de problèmes, sont mieux réussies le matin que le soir ; à moins d'admettre, comme Hebb (1955, cité par Menini, 1989) qu'un faible niveau d'éveil soit nécessaire pour réaliser ces tâches. Selon Querroux-Coulombier (1995), on peut essayer de compléter cette approche en faisant intervenir l'attention. Lorsque le sujet réalise une tâche, il va devoir focaliser son attention, et cette capacité attentionnelle sera variable selon de nombreux facteurs (la motivation, l'émotion, les différences individuelles, l'âge...) et selon la nature de la tâche. Les performances dans les tâches simples nécessitant une vigilance globale plus qu'une attention focalisée évolueraient comme la vigilance basale. Pour les tâches complexes, une focalisation importante de l'attention est nécessaire, et une relation en forme de U inversé pourrait exister entre vigilance basale et attention : lorsque la vigilance basale est élevée, la focalisation est difficile car il y a beaucoup de stimuli distrayeurs, et les performances sont également basses ; entre les deux, il existe un niveau optimum de vigilance basale pour lequel la focalisation de l'attention sera maximale ainsi que les performances.

L'ensemble des travaux cités précédemment, qu'ils soient chronopsychologiques ou chronobiologiques, conviennent que les capacités cognitives, et plus précisément les performances attentionnelles, évoluent de manière cyclique tout au long de la journée. Il semble bien que l'attention soit liée au niveau de vigilance et fluctue en même temps que lui. Il apparaît également que cette évolution peut se moduler, voire s'inverser, sous l'influence de nombreux facteurs dont les différences individuelles (Horne, 1980, Beugnet-Lambert et coll., 1988). Les études portant sur ces variables ont permis de comprendre que

les variations journalières de l'attention se modifient avec l'âge: les plus jeunes montrent davantage plus de variations dans leurs performances.

Testu (1988), qui étudie les variations journalières à des tâches mentales chez des élèves de différents niveaux d'âge, constate que les profils journaliers évoluent avec l'âge des élèves. On note en effet, la présence d'un « pic » de performance en fin de matinée pour les trois niveaux : l'après-midi, les enfants du CP et du CE2 obtiennent des résultats faibles comparativement à ceux du matin ; en revanche, les enfants de CM2 obtiennent des résultats supérieurs ou égaux à ceux du matin. Une autre étude menée par Testu et Janvier (2005) auprès d'enfants de 4 à 11 ans, vient conforter l'idée de cette influence de l'âge sur la rythmicité journalière. En effet, conformément aux études antérieures, il a été montré que les variations journalières de l'attention se modifient avec l'âge et que ces changements semblent correspondre à deux phases distinctes : la première apparaît entre 4 et 7 ans, et cette phase marque un changement profond du rythme journalier de l'attention ; la deuxième est celle où le rythme se module simplement pour atteindre, lorsque les enfants ont 11 ans, sa forme définitive. Ces résultats se rapprochent de ceux de Lefloc'h (2005), qui a étudié l'effet du moment de la journée sur les niveaux et les variations de l'attention chez des enfants de différents niveaux scolaires (fin de maternelle, début d'élémentaire et fin d'élémentaire). Les résultats de toutes ces études laissent à penser qu'au-delà de 10-11 ans, la rythmicité attentionnelle devient constante et stable. Ainsi serait-il intéressant de mener une autre étude auprès d'adultes chez qui le profil journalier de l'attention serait globalement structuré.

Dans cette optique, Testu (1989a) a effectué des recherches sur le profil journalier des variations de performance à des épreuves de mathématiques (opérations, résolution de problèmes logiques) chez les personnes âgées et chez les adolescents. Les résultats de cette recherche indiquent que les personnes âgées se distinguent des adolescents, d'une part, dans leurs fluctuations journalières de performance et, d'autre part, dans leur choix de stratégies. Seules les performances des étudiants fluctuent significativement, celles des personnes âgées restent, à l'exception du début de matinée, relativement stables. Par ailleurs, tandis que les personnes âgées choisissent prioritairement les additions-soustractions, les étudiants, eux, optent principalement pour les problèmes. Selon Testu (op. cite), ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les additions-soustractions et les problèmes impliquent respectivement des situations de traitement automatique et des

situations de traitement contrôlé. Or à ces situations sont attachées l'absence et la présence de fluctuations journalières de performances (Testu, 1982). Autrement dit, nos modes de traitement de l'information évolueraient avec le vieillissement : jeunes, nous aurions plus recours à des stratégies contrôlées ; âgés, nous ferions plus appel à des stratégies automatiques.

Ainsi, l'âge influencerait sur les variations journalières, et ceci, par le biais de la maturation, de nos procédures et de nos stratégies. Des résultats semblables ont été obtenus dans une autre recherche réalisée par Logie, Cocchini, Della Sala et Baddeley (2004), pour qui l'effet de l'âge sur le processus de l'attention divisée semble dépendre de la méthodologie utilisée. Toutefois, la rythmicité journalière n'a pas été prise en compte dans ces études. Nous avons donc pensé, parallèlement à notre objectif consistant à étudier le développement de la rythmicité journalière, à examiner le développement des capacités attentionnelles.

L'effet de l'âge sur les capacités attentionnelles a été largement étudié : certaines études s'inscrivent dans une approche différentielle et d'autres, dans une approche développementale. C'est ce qui explique, à n'en pas douter, le fait que les résultats de ces différentes études soient parfois contradictoires.

L'approche développementale met en évidence une évolution de l'attention avec l'avancée en âge. Ainsi et par exemple, une amélioration progressive de l'attention sélective de 5 à 11 ans a été observée par Matier et collaborateurs (1994). Ces résultats ont été confirmés par Manly, Robertson, Anderson & Nimmo-Smith (1999) et Manly, Anderson, Nimmo-Smith, Turner, Watson & Robertson (2001), qui ont observé une évolution de l'attention sélective visuelle chez des enfants de 6 à 16 ans. Selon ces auteurs, en effet, après une progression régulière particulièrement soutenue entre 6 à 9 ans, le niveau d'attention marquerait un fléchissement entre 9–11 ans puis s'améliorerait à nouveau après 11 ans.

En examinant les études s'inscrivant dans une perspective différentielle, il a été constaté que l'effet de l'âge sur les processus attentionnels est lié à la nature de la tâche. Verhaeghen, Steitz, Sliwinski et Cerella (2003), à l'aide d'un paradigme de double tâche, ont montré que la quantité de traitement requise dans les deux tâches (une simple tâche de

temps de réaction ou une tâche cognitive plus complexe), ou encore la mesure prise sur ces tâches (temps de réponses ou taux de bonnes réponses) conditionnent l'effet de l'âge sur la division de l'attention. Dans le même sens, les travaux de McDowd et Craik (1988), de Park, Smith, Duley et Lafronza (1989) et d'Anderson, Craik et Naveh-Benjamin (1998) ont montré un effet de l'âge lorsque les sujets devaient réaliser en même temps deux tâches (l'une auditive et l'autre visuelle). En effet, les sujets âgés étaient plus pénalisés par la situation de double tâche que les sujets jeunes. En revanche, lorsque les performances sont contrôlées en condition simple, il n'est pas observé un effet de l'âge (Baddeley, 1991 ; Baddeley et coll., 1996). Autrement dit, les sujets âgés ne sont pas plus sensibles à la division de l'attention dans la condition de tâche simple. Ainsi par exemple les sujets âgés ne présentaient pas plus de difficultés que les jeunes adultes lorsqu'il s'agissait d'effectuer une tâche de poursuite perceptivo-motrice simultanément à une tâche d'empan verbal. Finalement, on relève des différences entre les personnes âgées et les jeunes dans les situations dites de «double tâche » qui requièrent un traitement cognitif élaboré.

Certains auteurs pensent que ces différences constatées entre sujets âgés et jeunes indiquent un déficit lié à l'âge au niveau du processus d'attention. L'hypothèse du vieillissement du centre exécutif est postulée ; ce centre étant à la base du fonctionnement des processus d'attention divisée et d'attention sélective. Baddeley (1996) a étudié le vieillissement dudit centre en observant l'effet de l'âge sur le processus d'attention sélective, processus permettant de sélectionner des informations pertinentes mais également d'inhiber les informations non pertinentes. L'étude, qui a porté sur la présentation de stimuli non pertinents lors d'une tâche de détection de cibles sous différentes conditions, a mis en évidence que les performances de sujets âgés étaient significativement inférieures à celles des sujets jeunes lorsque l'information non pertinente était de même nature que l'information pertinente. Pour Baddeley (op. cite), cette infériorité serait due à un déficit d'inhibition lié au vieillissement du centre exécutif. Le déficit d'attention sélective ou plus précisément d'inhibition a également été mis en évidence dans d'autres tâches, notamment dans la tâche de Stroop (Bruyer et coll., 1995), dans les tâches (Trail Making Test, épreuves de fluence verbale et de fluence non verbale par exemple) requérant le processus de flexibilité attentionnelle (Wecker et coll., 2005) ainsi que dans d'autres études portant sur le fractionnement du centre exécutif en différents processus attentionnels (Miyake et coll., 2000).

D'autres études expliquent les différences de performances entre sujets jeunes et sujets âgés par une réduction des ressources de traitement. Dans cette perspective, le centre exécutif est décrit comme un système d'allocation des ressources attentionnelles, et on pense que les déficits attentionnels, d'inhibition, ainsi que le ralentissement de la vitesse de traitement, sont susceptibles de rendre compte de l'effet de l'âge sur les performances cognitives. La réduction de la quantité de ressources attentionnelles disponible pour servir d'énergie aux opérations cognitives, chez les sujets âgés, entraînerait un déficit touchant les opérations qui sont les plus coûteuses en ressources attentionnelles (Fisk et Sharp, 2004). Par ailleurs, l'avancée en âge s'accompagne d'une réduction de la vitesse avec laquelle les opérations de traitement peuvent être exécutées (Salthouse, 1996). Plus précisément, les opérations cognitives, mises en jeu dans une activité, seraient exécutées trop lentement par les personnes âgées pour être achevées à la fin du temps imparti.

Enfin, pour d'autres auteurs encore, les performances moindres observées chez les personnes âgées seraient expliquées par un dysfonctionnement exécutif, dysfonctionnement dû à un dysfonctionnement préfrontal lié à l'âge. En fait, on a tenté, d'un point de vue neuro-anatomique, d'établir un lien étroit entre les fonctions exécutives et les structures préfrontales (Haug et Egger, 1991 ; Raz et coll., 1998 ; West, 1996) et, d'un point de vue comportemental, d'expliquer le déficit exécutif par l'altération du cortex préfrontal avec l'âge (Insingrini et Vavou, 1997 ; Daigneault, Braun et Whitaker, 1992).

Ainsi, l'âge pourrait être cause de variabilité au sein des rythmicités des activités psychologiques. En tout cas, c'est ce qui apparaît à travers l'ensemble des travaux portant sur les variations journalières de performance, qu'il s'agisse d'activités cognitives simples ou de tâches plus complexes. Outre l'influence de l'âge, l'on a aussi tenté de déterminer l'influence de la typologie sur l'évolution des performances attentionnelles. Il a été constaté que les profils journaliers de performance diffèrent selon que l'on est introverti ou extraverti (Fraisse, 1983), dépendant ou indépendant à l'égard du champ (Huteau, 1987; Testu, 1984), vespéralité et la matinalité (Horne et Ötsberg ; 1980).

Les travaux à propos de la dimension vespéralité-matinalité ont constamment mis ce chronotype en relation avec la conduite automobile, ce qui justifie d'ailleurs le choix de cette dimension dans notre étude. Cette typologie décrit, en effet, les caractéristiques individuelles relatives aux horaires spontanés habituels du sommeil. Wuth (1931, cité par

Taliercio, 1997) distinguait déjà deux types de « dormeurs » : les uns sont plus vite fatigués le soir, se couchent tôt, s'endorment vite et atteignent vite un sommeil profond pour se réveiller le lendemain matin frais et disponibles ; les autres sont plus en forme le soir, se couchent tard, n'atteignent un sommeil profond que vers le matin et se sentent de ce fait fatigués au réveil. Ainsi les « matinaux » seraient les sujets qui se réveillent spontanément tôt le matin et s'endorment tôt dans la soirée, tandis que les « vespéraux », eux, seraient ceux qui se réveillent tard et se couchent tard (Kerkhof, 1985). Dans ce registre, on pourrait penser que les matinaux se sentiraient plus en forme le matin que les vespéraux et, inversement dans l'après-midi, les vespéraux se sentiraient dans une meilleure forme que les matinaux.

A cet effet, Sarmany (1984) montre que des sujets dits « du matin » voient leurs performances s'améliorer, au cours de la matinée, et même au cours de la journée, ceci pour des épreuves de barrage de lettres (épreuve d'attention). À l'inverse, les résultats des sujets « du soir » fluctuent tout au long de la journée mais ne baissent pas significativement la nuit. Par ailleurs, Monk et coll. (1985), qui ont étudié les fluctuations journalières de la température corporelle et de la performance à une tâche de raisonnement logique chez des sujets matinaux et vespéraux, trouvent que les matinaux atteignent leur maximum de performance dès 8h, alors que les vespéraux ne l'atteignent qu'à 11h. En travaillant sur la vigilance auto-estimée et les performances, Lancry (1986) trouve les mêmes résultats que ceux précédemment mis en évidence. Il en est de même pour Leconte (1988) qui fait apprendre une liste de mots à deux groupes de sujets (matinaux et vespéraux) à 9, 12, 15 et 18 heures. Procédant à un test de rétention une semaine plus tard, à l'heure où l'apprentissage a initialement été effectué, il constate que la performance des sujets matinaux décroît au cours de la journée, tandis que celle des sujets vespéraux tend à s'améliorer.

Les profils de performance semblent donc se différencier selon le chronotype des sujets avec une supériorité des performances dans la matinée pour les matinaux, et dans l'après-midi pour les vespéraux. Pour Goldenberg (1991), les personnes âgées sont plutôt du type matinal. Pour cet auteur en effet, lors du vieillissement, le rythme veille-sommeil se met en avance de phase sur le nyctémère ; ce qui se traduirait physiologiquement par un coucher plus précoce et un réveil matinal. Cette observation vient corroborer l'étude menée par Lieberman et coll. (1989) sur les rythmes circadiens d'activité auprès de deux groupes d'âge différents : l'un composé de 17 hommes de 65 à 84 ans et de 23 femmes de

65 à 85 ans, et l'autre, constitué de 17 hommes et de 14 femmes de 20 à 30 ans ; tous portant un actomètre au poignet. Les résultats de cette étude montrent une avance de phase des hommes et des femmes âgés avec un pic d'activité à 13 h26 contre 15h13 dans le groupe des plus jeunes (20-30 ans).

Enfin, outre de l'influence de l'âge et de la typologie, nous avons tenu à étudier l'effet du sexe ; même si cette variable n'a pas été étudiée systématiquement, sur les niveaux et les profils de performances attentionnelles. Duffy (1962) avait laissé entrevoir, chez des garçons et des filles âgés de 8 ans, des profils de performances mentales différents. Dans le même sens et tout en se fondant sur les corrélations entre comportements rythmiques stéréotypés et rythme cardiaque, et sur la fréquence des arrêts d'exécution de la tâche, Soussignan et Koch (1985) a trouvé que le sexe est un paramètre qui a un effet différentiel sur l'organisation circadienne des performances. Selon lui, les garçons se différencient des filles par une durée de sommeil nocturne moins élevée. Or, lorsque celle-ci est faible, le niveau de vigilance diminue. Autrement dit, les garçons auraient un niveau de vigilance diminué par rapport aux filles dont la durée de sommeil nocturne est la plus élevée. Ce qui se traduirait par des durées peu élevées de comportements de participation aux activités scolaires et d'interactions verbales, en même temps que par une tendance à présenter une durée plus élevée de comportement scolaire passif chez les garçons. De plus, cette durée peu élevée de sommeil pourrait, chez ceux-ci, avoir une influence sur l'attention. Par ailleurs, les filles s'investissent mieux que les garçons dans les tâches structurées, alors que l'inverse est constaté pour les tâches non structurées. Ces résultats laissent l'auteur penser, tout comme Zazzo (1982), que ces différences résident dans des facteurs non cognitifs tels qu'une meilleure stabilité et une meilleure maîtrise temporelle de la tâche chez les filles.

A la lumière de ces données fondamentales, il convient de retenir que les performances journalières attentionnelles varient différemment selon le moment de la journée : les moments de plus faible attention sont les débuts de matinée et d'après-midi et les périodes d'attention accrue sont les fins de matinée et d'après-midi. Ces variations journalières semblent se modifier avec l'avancée en âge : changement d'abord profond (entre 4 et 7 ans), ensuite structuration avant d'atteindre une forme définitive à partir de 11 ans. Ainsi, étant donné cette modification et cette structuration, nous nous attendons à ce

que les performances journalières attentionnelles se différencient avec l'âge. Les performances seraient globalement plus stables chez les participants plus âgés, alors que les participants plus jeunes montreraient plus de variations dans leurs performances tout au long de la journée.

Il apparaît aussi que l'attention se développe. En d'autres termes, la capacité attentionnelle d'un individu évoluerait en fonction de l'âge ; évolution se faisant, soit de façon intégrative vers une automatisation des mécanismes psychologiques nécessaires à la réalisation des tâches, soit par l'utilisation de stratégies de plus en plus efficaces selon le degré de maturation de l'âge considéré. De ce fait, nous avons été amenés à formuler l'hypothèse selon laquelle les performances journalières attentionnelles obtenues par les participants âgés seront supérieures à celles des adultes, elles-mêmes supérieures à celles des jeunes. Cependant cette supériorité pourrait être modérée par des facteurs liés au vieillissement, notamment le déficit attentionnel, le déficit d'inhibition ainsi que le ralentissement de la vitesse de traitement, dus à un déficit ou à un dysfonctionnement exécutif avec l'avancée en âge.

Outre la variabilité intra et interindividuelle des performances attentionnelles, il a également été constaté une importante variabilité interindividuelle dans les caractéristiques circadiennes du sommeil. En effet, des différences significatives ont pu être observées entre les performances journalières des vespéraux (sujets du soir) et celles des matinaux. Il semble que les vespéraux seraient plus actifs le soir tandis que les matinaux se sentiraient plus en forme le matin. De plus, du fait du changement de la sensibilité des horloges biologiques ou oscillateurs centraux aux principaux synchroniseurs externes (lumière / obscurité, sociaux) au cours du vieillissement, les personnes âgées seraient du type matinal. Dans cette perspective, nous faisons l'hypothèse, d'une part, que les performances attentionnelles des vespéraux et des matinaux varient différemment au cours de la journée et, d'autre part, que les performances attentionnelles obtenues en début de matinée par les participants âgés sont supérieures à celles des jeunes.

2.2. Méthode

2.2.1. Participants

Quatre-vingt-dix sujets répartis en trois groupes d'âge ont participé à cette étude : jeunes (20-29 ans), adultes (30-59ans) et âgés (plus de 60 ans). Chaque groupe d'âge comprend 30 participants. Les données concernant l'âge moyen de ces groupes sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1. Répartition et caractéristiques de la population selon l'âge

	Jeunes (20-29 ans)	Adultes (30-59 ans)	Agés (60 ans et plus)
Nombre de participants	30	30	30
Moyenne d'âge	24	44.4	65
Ecart type	2.8	8.7	4.7

L'ensemble des participants comprend 45 femmes et 45 hommes, dont 15 jeunes femmes, 15 jeunes hommes ; 15 adultes femmes, 15 adultes hommes ; 15 femmes âgées et 15 hommes âgés (tableau 2).

Tableau 2. Répartition et caractéristiques de la population selon le sexe

	Hommes n=45 m=45.4 $\alpha=18.1$			Femmes n=45 m=43.5 $\alpha=17.7$		
	Jeunes n=15	Adultes n=15	Agés n=15	Jeunes n=15	Adultes n=15	Agés n=15
Moyenne d'âge (m)	24.1	46.9	65.9	23.9	42	64.7
Ecart type (α)	3	8.8	5.8	2.7	8	3.4

Nous avons également réparti les participants selon leur typologie. Trois groupes ont ainsi pu être étudiés : les matinaux, les vespéraux et les neutres (tableau 3).

Tableau 3. Répartition et caractéristiques de la population selon la typologie

	Matinaux n=35 m=51.2 $\alpha=14.8$			Neutre n=39 m=45 $\alpha=18$			Vespéraux n=16 m=28.6 $\alpha=13.8$		
	Jeunes	Adultes	Agés	Jeunes	Adultes	Agés	Jeunes	Adultes	Agés
Nombre de participants (n)	4	15	16	13	13	13	13	2	1
Moyenne d'âge (m)	25.3	44.3	64.2	24.9	43.9	66	22.8	48.5	65
Ecart type (α)	3.8	8.7	3.9	2.4	8.4	5.6	2.5	14.85	-

2.2.2. Epreuves

Le test de barrage de nombres est une tâche perceptivo-motrice qui permet de mettre en évidence les profils journaliers de performances attentionnelles. Il est composé principalement d'un chronomètre, d'un stylo et de feuilles de barrage de nombres de format A4 (21x30 cm).

Les feuilles de barrage de nombres se présentent sous quatre formes parallèles : A, B, C et D (Annexe 3.1, 3.2, 3.3, 3.4). Chaque forme comporte 600 nombres de 1 à 5 chiffres disposés en 36 lignes. Le nombre de cibles est de 187 avec 2 à 8 nombres de 3 chiffres repartis de manière aléatoire par ligne. Les nombres sont séparés par un point, précédé et suivi par un espace. Il est accordé un point pour chacune des 187 cibles correctement détectée.

Le test de barrage est une épreuve écrite à passation individuelle ou collective. Dans le cas présent, les passations sont individuelles. Chaque participant a une minute pour barrer le plus rapidement possible tous les nombres de 3 chiffres.

2.2.3. Procédure

L'objectif de notre étude vise à mesurer à différents moments de la journée (début et fin de demi-journée) les performances attentionnelles. La répétition de nos mesures nous a donc amené à utiliser des feuilles de barrage de nombres se présentant sous quatre formes parallèles (A, B, C et D). Ceci pour éviter un effet d'apprentissage qui rendrait impossible -

ou en tout cas très difficile- la mise en évidence de variations rythmiques. A chaque forme, les séries, au cours de la journée, diffèrent d'une passation à l'autre. Une cinquième version est réservée à la phase de pré-test.

Par ailleurs, pour contrôler l'effet d'ordre du moment de la journée, les participants ont été répartis, de façon aléatoire au sein d'un même groupe d'âge, en quatre sous-groupes (G1, G2, G3 et G4), selon les quatre moments de la journée (début de matinée (6 à 9h), fin de matinée (9 à 12 h), début d'après-midi (12 à 15h), fin d'après-midi (15 à 18h)). Les épreuves sont présentées aux participants selon l'ordre indiqué dans le tableau 4.

Tableau 4. Ordre de passation des épreuves

Sous-groupes	Passations			
G1	DM Test A	FM Test B	DAM Test C	FAM Test D
G2	FAM Test D	DM Test A	FM Test B	DAM Test C
G3	DAM Test C	FAM Test D	DM Test A	FM Test B
G4	FM Test B	DAM Test C	FAM Test D	DM Test A

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

La consigne à suivre est la suivante : « Vous avez devant vous une feuille qui comporte, au verso, quatre séries de nombres. Au signal donné, vous devez retourner cette feuille et barrer le plus rapidement possible tous les nombres de 3 chiffres. Vous disposez d'une minute pour réaliser cet exercice. Attention ! Vous êtes prêt ? Allez-y ! ».

Chaque participant dispose d'une minute pour effectuer un maximum de barrages. Un nombre correctement barré est noté un point. Bien que certains participants aient accordé plus d'importance à la rapidité et d'autres à l'exactitude, on a relevé très peu d'erreurs : de ce fait, les erreurs ne sont pas décomptées.

2.3. Résultats et analyses statistiques

Les analyses statistiques effectuées sur les performances attentionnelles ont été réalisées grâce à des analyses de variance à mesures répétées (ANOVA). Nous avons

d'abord relevé les scores (performances attentionnelles) des participants, puis nous avons calculé, la distribution des notes étant normale, la moyenne des performances pour chaque passation (début de matinée (DM), fin de matinée (FM), début d'après-midi (DAM) et fin d'après-midi (FAM) selon l'âge (jeunes (J), adultes (Ad) et âgés (Ag), le sexe (homme et femme) et la typologie (du matin, du soir et neutre).

2.3.1. Niveaux et fluctuations des performances attentionnelles selon l'âge

Nous avons d'abord étudié les fluctuations journalières de performances attentionnelles des trois groupes confondus (J+Ad+Ag), puis de chaque groupe séparément (d'abord J, puis Ad et ensuite Ag). Ces résultats donnés, nous avons effectué des comparaisons entre les niveaux de performances de chaque groupe.

a. Variation journalière globale

Les profils journaliers de J, Ad et Ag confondus sont établis à partir des performances attentionnelles moyennes en début de matinée (DM), fin de matinée (FM), début d'après-midi (DAM) et fin d'après-midi (FAM) (Figure 2).

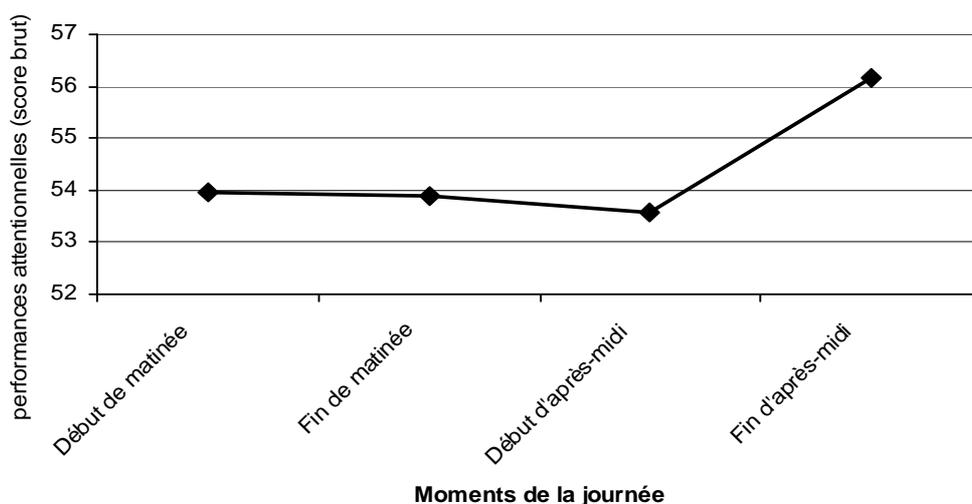


Figure 2. Profil journalier des performances attentionnelles moyennes des Jeunes (J), des Adultes (Ad) et des Agés (Ag) réunis.

L'analyse des variations journalières met en évidence un effet du moment de passation sur les performances attentionnelles [$F(3,76)=2.88, p<.04$]; indiquant une stabilité du niveau d'attention depuis le début de matinée jusqu'en début d'après-midi et une élévation des performances en fin d'après-midi (DM/FM : [$F(1,78)=0.01, ns$]; FM/DAM : [$F(1,78)=0.10, ns$]; DAM/FAM : [$F(1,78)=6.99, p<.01$]).

Une étude comparée, moment après moment, a permis de mettre en évidence les profils journaliers de chaque groupe séparément (Tableau 5).

b. Profils journaliers des performances attentionnelles selon la tranche d'âges (jeunes, adultes et âgés)

Tableau 5. Analyse des variations journalières des performances attentionnelles selon la tranche d'âge

	DM à FM	FM à DAM	DAM à FAM
Jeunes	F = 2.02 ; ns	F = 0.04; ns	F = 7.41 **
Adultes	F = 0.38 ; ns	F = 0.02; ns	F = 3 ; ns
Agés	F = 0.43 ; ns	F = 0.05; ns	F = 0.02 ; ns

**p<.01 ddl de l'effet : 1 ddl de l'erreur : 78

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

Les performances journalières attentionnelles moyennes des jeunes (J), des adultes (Ad) et des âgés (Ag) sont présentées dans la figure 3.

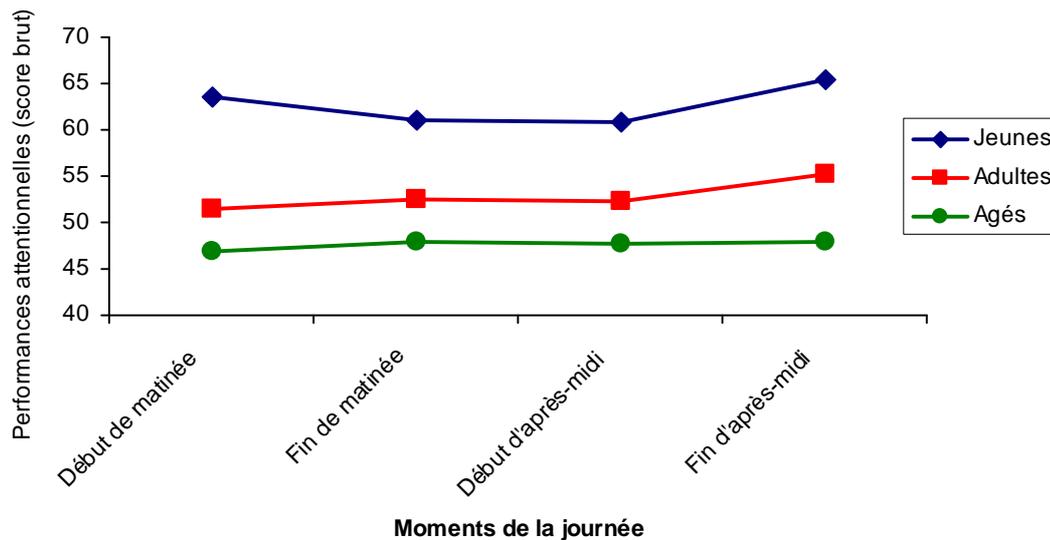


Figure 3. Profils journaliers des performances attentionnelles selon la tranche d'âge

Les jeunes présentent une tendance à une plus forte élévation de l'attention en fin d'après-midi (DAM/FAM : [F (1,78) =7.14, $p < .01$]), après une stabilité depuis le début de la matinée jusqu'en début d'après-midi, contrairement aux performances des adultes et des âgés qui restent stables toute la journée (tableau 5). Nous pouvons ainsi remarquer que seules les performances des jeunes fluctuent au cours de la journée.

c. Comparaison des niveaux de performances journalières attentionnelles des jeunes, des adultes et des âgés

La figure 4 indique les performances attentionnelles moyennes journalières (DM+FM+DAM+FAM) selon la tranche d'âge des participants.

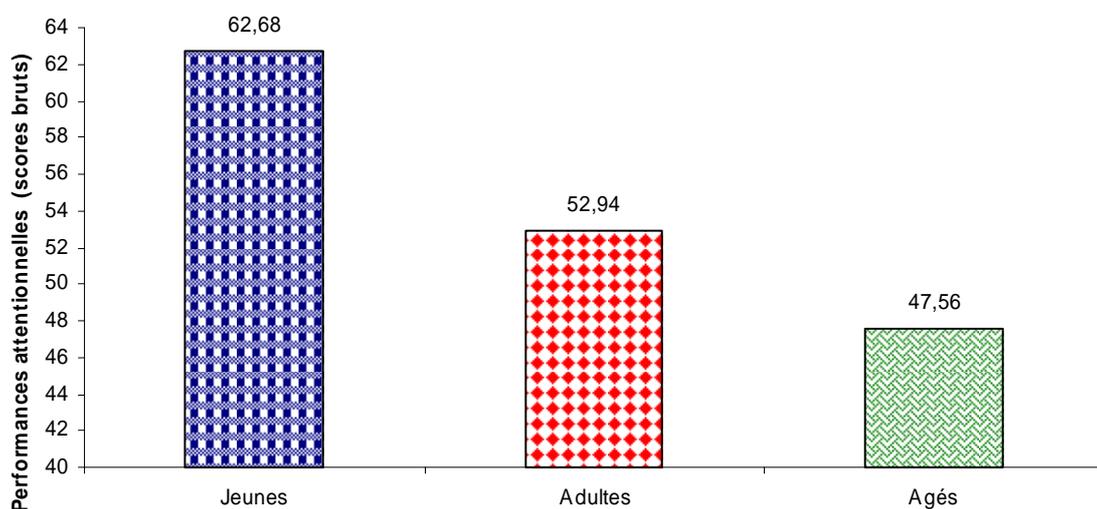


Figure 4. Niveaux des performances journalières attentionnelles des jeunes, des adultes et des âgés (DM+FM+DAM+FAM)

L'analyse de variance effectuée sur les niveaux de performances montre, tous moments de passation confondus, un effet significatif de l'âge [F(2,78)=22.93, $p < 10^{-6}$], indiquant que le niveau de performances attentionnelles décroît avec l'âge. En d'autres termes, les jeunes font plus attention que les adultes [F(1,78)=18.52, $p < .00005$] qui sont eux-mêmes plus attentifs que les âgés [F(1,78)=5.64, $p < .02$]. Notons que la différence entre les niveaux de performances attentionnelles des jeunes et des âgés est hautement significative [F(1,78)=44.63, $p < 10^{-6}$].

Cette différence de performances se constate également quel que soit le moment de la journée: début de matinée [$F(2,78)=22.01, p<.00001$] ; fin de matinée : [$F(2, 78)=11.71, p<.0001$] ; début d'après-midi : [$F(2, 78)=11.10, p<.001$] ; fin d'après-midi : [$F(2, 78)=20.46, p<.00001$] (Tableau 6).

Tableau 6. Comparaison des variations des performances attentionnelles selon le moment de la journée

	DM	FM	DAM	FAM
J/Ad	F = 21.38 $p<.00002$	F = 9.59 $p<0.003$	F = 8.83 $p<0.004$	F = 13.40 $p<.0005$
J/Ag	F = 41.37 $p<.10^6$	F = 22.73 $p<0.000008$	F = 21.65 $p<.00001$	F = 40.63 $p<10^6$
Ad/Ag	F = 3.27 $p<.07$	F = 2.79 ; ns	F = 2.82 ; ns	F = 7.36 $p<.008$

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 78

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

J : Jeunes ; Ad : Adultes ; Ag : Agés

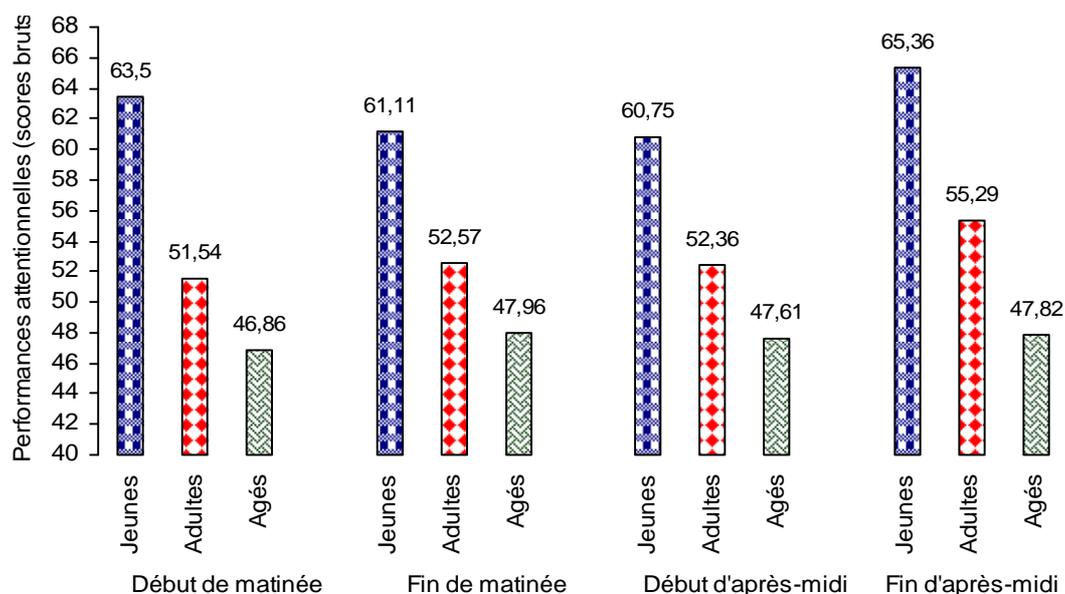


Figure 5. Niveaux des performances journalières attentionnelles des jeunes, des adultes et des âgés selon le moment de la journée

Au cours de la journée, les performances attentionnelles des jeunes se différencient significativement de celles des adultes et des âgés. Si les niveaux de performances de ces derniers sont comparables dans la matinée et en début d'après-midi, ils se différencient toutefois en fin d'après-midi (Figure 5).

2.3.2. Fluctuations des performances attentionnelles selon la typologie

a. Profils journaliers des matinaux, des neutres et des vespéraux

Le tableau 7 présente une comparaison des variations des performances attentionnelles selon le moment de la journée.

Tableau 7. Analyse des variations journalières selon la typologie

	DM à FM	FM à DAM	DAM à FAM
Matinaux	F = 0.51 ; ns	F = 0.91 ; ns	F = 0.04 ; ns
Vespéraux	F = 0.003 ns	F = 3.80*	F = 25.20****
Neutres	F = 0.27; ns	F = 0.01; ns	F = 0.86; ns

* $p < .05$; **** $p < .00001$

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 81

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

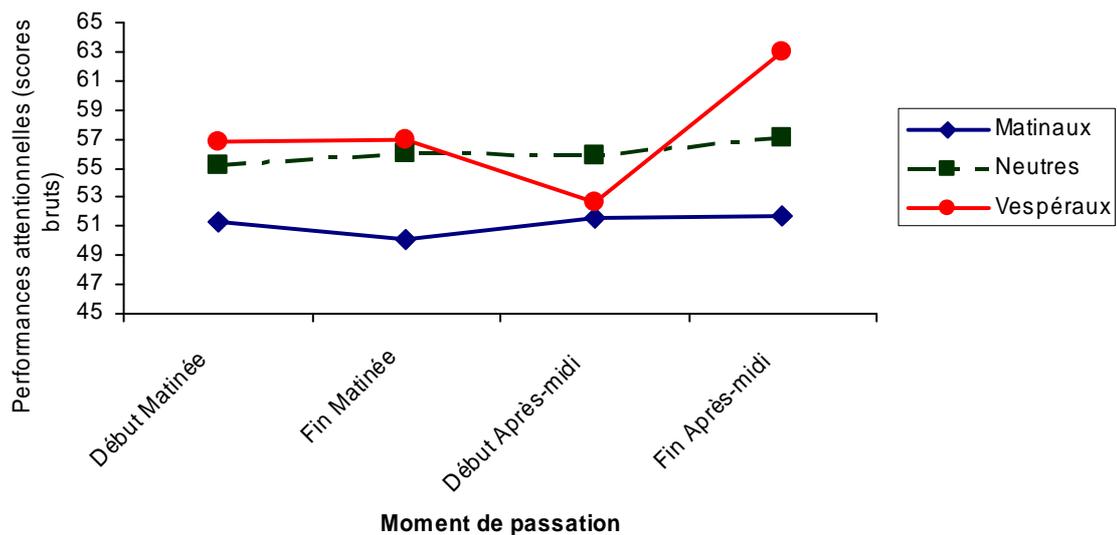


Figure 6. Profils de performances attentionnelles (jeunes+adultes+âgés) des matinaux, des neutres et des vespéraux

Les performances attentionnelles des vespéraux, des neutres et des matinaux varient différemment au cours de la journée. Les performances des matinaux et des neutres présentent une stagnation toute la journée, contrairement à celles des vespéraux qui, après une stabilité dans la matinée, connaissent une chute légère de leurs performances entre la fin de la matinée et le début d'après-midi ($F(1,81)=3.80, p < .05$), puis une élévation entre le début et la fin de l'après-midi ($F(1,81)=25.20, p < .000003$) (figure 6).

b. Profils journaliers des matinaux, des neutres et des vespéraux selon la tranche d'âge

Nous avons classé les trois types de participants (matinaux, neutres et vespéraux) par tranches d'âges, c'est-à-dire selon qu'ils soient jeunes, adultes ou âgés (Tableau 8). Dans cette perspective, nous constatons que seules les performances attentionnelles des vespéraux, au niveau de chaque groupe d'âge fluctuent significativement selon le moment de la journée et présentent des profils « classiques » (figure 7).

Tableau 8. Tableau récapitulatif de l'analyse des variations journalières selon la typologie et la tranche d'âge

Tranche d'âge	Typologie	DM à FM	FM à DAM	DAM à FAM
Jeunes	Neutres	F = 1.11 ; ns	F = 0.34; ns	F = 1.67; ns
	Vespéraux	F = 0.43; ns	F = 1.56; ns	F = 12.12***
	Matinaux	F = 0.46; ns	F = 0.61; ns	F = 0.32; ns
Adultes	Neutres	F = 0.60 ns	F = 0.09; ns	F = 0.001; ns
	Vespéraux	F = 1.86; ns	F = 0.77; ns	F = 17.06****
	Matinaux	F = 0.16; ns	F = 0.18; ns	F = 1.28; ns
Agés	Neutres	F = 1.38; ns	F = 0.21; ns	F = 0.10; ns
	Vespéraux	F = 0.41; ns	F = 3.66*	F = 6**
	Matinaux	F = 0.12; ns	F = 0.37; ns	F = 0.45; ns

* $p < .05$; ** $p < .03$; *** $p < .001$; **** $p < .0001$

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 75

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

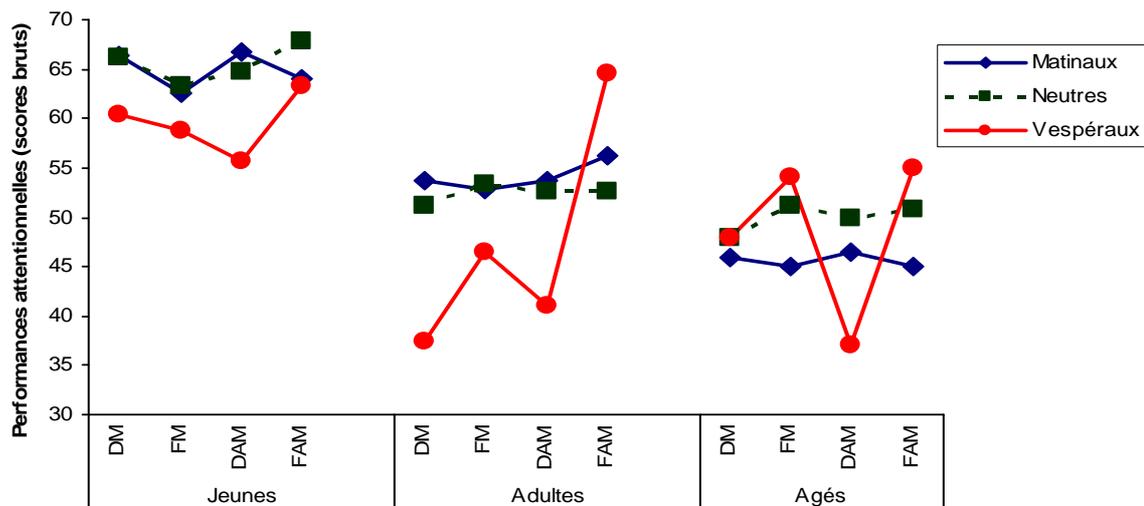


Figure 7. Profils des performances attentionnelles des matinaux, des neutres et des vespéraux selon l'âge

Les jeunes vespéraux (JV) connaissent des variations significatives de leurs performances journalières attentionnelles (JV : [F(3,73)=4.42, $p=.007$]). L'analyse partielle des performances moyennes attentionnelles des jeunes vespéraux, moment après moment, montre une stabilité des performances du début de matinée jusqu'en début d'après-midi. Cette stabilité précède une élévation du niveau d'attention en fin d'après-midi: DM/FM : [F(1,75)=0.43, *ns*], FM/DAM : [F(1,75)=1.56, *ns*], DAM/FAM : [F(1,75)=12.12, $p<.001$].

Chez les adultes, les variations journalières de performances sont également hautement significatives (AV : [F(3,73)=6.90, $p=.0004$]). Les adultes vespéraux(AV), quant à eux, contrairement aux jeunes vespéraux, présentent un profil « classique ». Ce profil journalier indique, en effet, la présence de deux creux : l'un en début de matinée et l'autre en début d'après-midi ; et deux pics, l'un en fin de matinée et l'autre en fin d'après-midi. Le second pic de l'après-midi est plus élevé que celui du matin.

Le profil journalier de performances des personnes âgées est sensiblement identique à celui des jeunes et des adultes vespéraux, un pic en fin de matinée et en fin d'après-midi, et un creux en début d'après-midi. Nous pouvons aussi remarquer, chez ces personnes, des variations des performances selon le moment de passation: DM/FM : [F(1,75)= 0.41, *ns*], FM/DAM : [F(1,75)= 3.66, $p<.05$], DAM/FAM : [F(1,75)= 6, $p<.05$].

c. Comparaison des niveaux de performances journalières attentionnelles des matinaux, des neutres et des vespéraux

L'analyse de variance montre, tous moments de passation confondus, un effet peu significatif de la typologie sur les niveaux de performances [F(2,81)=2.65, $p<.08$] (figure 8). Les matinaux obtiennent de moins bonnes performances que les neutres [F(2,81)=3.73, $p<.07$] et les vespéraux [F(2,81)=3.80, $p<.05$]. Les performances des vespéraux et des neutres ne se distinguent pas significativement [F(2,81)=0.18, *ns*].

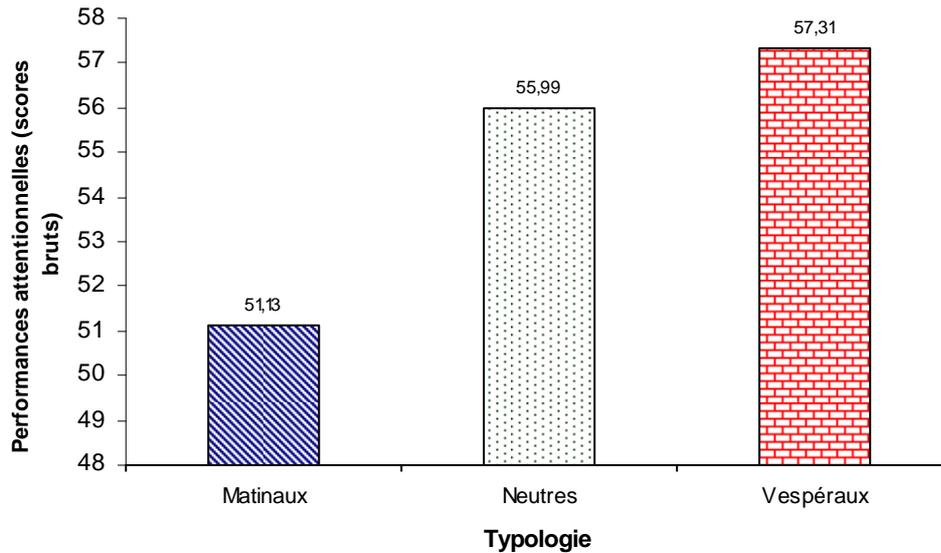


Figure 8. Niveaux de performances journalières attentionnelles (DM+FM+DAM+FAM) des Matinaux, vespéraux et des neutres

Lorsque nous effectuons une comparaison des performances, moment après moment, nous observons que si pour les trois types de participants (matinaux, vespéraux et neutres), les performances sont comparables en début de matinée [$F(2,81)=1.50$, *ns*] et en début d'après-midi [$F(2,81)=1.18$, *ns*], elles se différencient toutefois en fin de matinée [$F(2,81)=2.80$, $p=.07$] et en fin d'après-midi [$F(2,81)=4.88$, $p<.01$] (Tableau 9).

Tableau 9. Comparaison des variations des performances attentionnelles selon le moment de la journée

	DM	FM	DAM	FAM
M/V	F = 2.36, <i>ns</i>	F = 3.63 ; $p<0.06$	F = 0.09, <i>ns</i>	F = 9.38 ; $p<.003$
M/N	F = 1.87, <i>ns</i>	F = 4.30 ; $p<0.04$	F = 2.23, <i>ns</i>	F = 3.39, <i>ns</i>
N/V	F = 0.21, <i>ns</i>	F = 0.07 ; <i>ns</i>	F = 0.81 ; <i>ns</i>	F = 2.66 ; <i>ns</i>

M : Matinaux; N : Neutres; V : Vespéraux

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 81

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

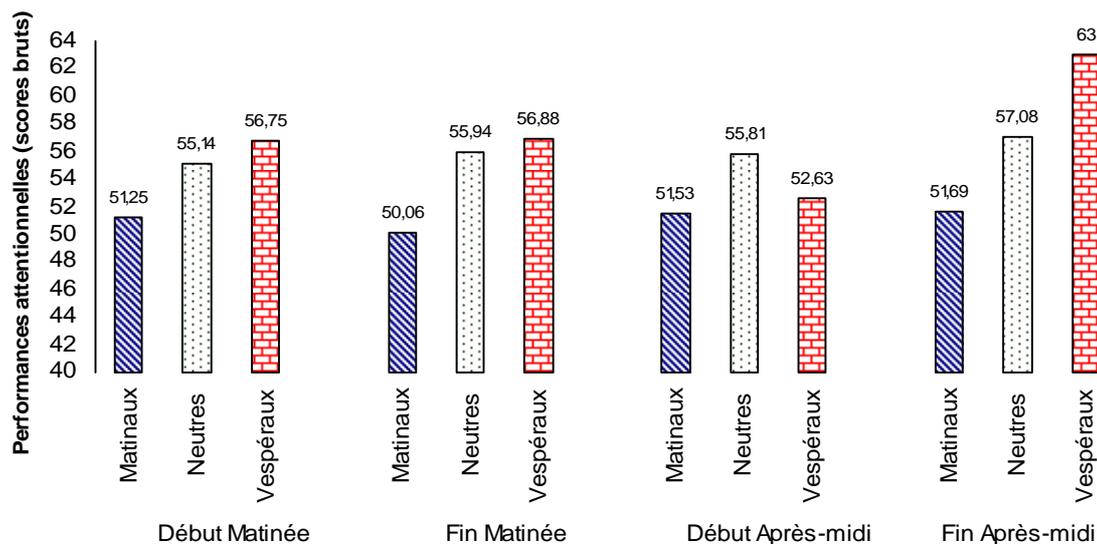


Figure 9. Niveaux des performances journalières attentionnelles des Matinaux, Vespéraux et des Neutres selon les moments de la journée.

Les vespéraux semblent particulièrement plus attentifs en fin d'après-midi [$F(1,81)=5.40, p=.02$] et obtiennent des performances supérieures à celles des matinaux [$F(1,81)=9.38, p<.003$]. En fin de matinée, le niveau d'attention des matinaux est moins élevé que celui des vespéraux [$F(1,81)=3.63, p=.06$] (Figure 9).

En résumé, les performances attentionnelles des vespéraux diffèrent légèrement des matinaux dans la matinée [$F(1,81)=3.52, p=.06$] et dans l'après midi [$F(1,81)=3.29, p=.07$].

2.3.3. Niveaux et fluctuations des performances attentionnelles selon le sexe

a. Profils journaliers des performances attentionnelles journalières moyennes selon le sexe

Les performances journalières moyennes des hommes et des femmes (jeunes (J) + adultes (Ad) + âgés (Ag)) sont présentées dans le tableau 10.

Tableau 10. Variations journalières des performances attentionnelles moyennes des hommes (J + Ad + Ag) et des femmes (J + Ad + Ag)

	DM à FM	FM à DAM	DAM à FAM
Hommes (M)	F = 3.39 ; $p < .07$	F = 0.71 ; ns	F = 0.128 ; ns
Femmes (F)	F = 2.60 ; $p < .09$	F = 1.69 ; ns	F = 6.67 ; $p < .01$

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 82

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

Toutes tranches d'âge confondues, l'effet de l'interaction sexe et moment de passation n'est que marginalement significatif, indiquant que les profils journaliers de performances attentionnelles (J+Ad+Ag) des femmes et des hommes diffèrent très peu [$F(1,82)=3.18, p=.08$] (Figure 9). Cette différence légère se constate en fin de matinée [$F(1,82)=6.10, p<.02$] et en fin d'après-midi [$F(1,82)=3.92, p=.05$]. Les performances attentionnelles des hommes connaissent une baisse légère entre le début et la fin de matinée [$F(1,82)=3.39, p=.07$], puis restent stables durant l'après-midi (FM/DAM : [$F(1,82)=0.71, ns$], DAM/FAM : [$F(1,82)=1.28, ns$]. Contrairement aux hommes, les performances attentionnelles des femmes progressent légèrement entre le début et la fin de matinée [$F(1,82)=2.60, p=.09$], puis restent stables jusqu'en début d'après midi [$F(1,82)=1.69, ns$] pour croître ensuite en fin d'après-midi [$F(1,82)=6.67, p<.01$]. Nous pouvons ainsi constater deux pics pour les femmes (fin de matinée et fin d'après-midi) et deux également pour les hommes (début de matinée et fin d'après-midi), et deux creux pour les femmes (début de matinée et début d'après-midi) contre un pour les hommes (fin de matinée).

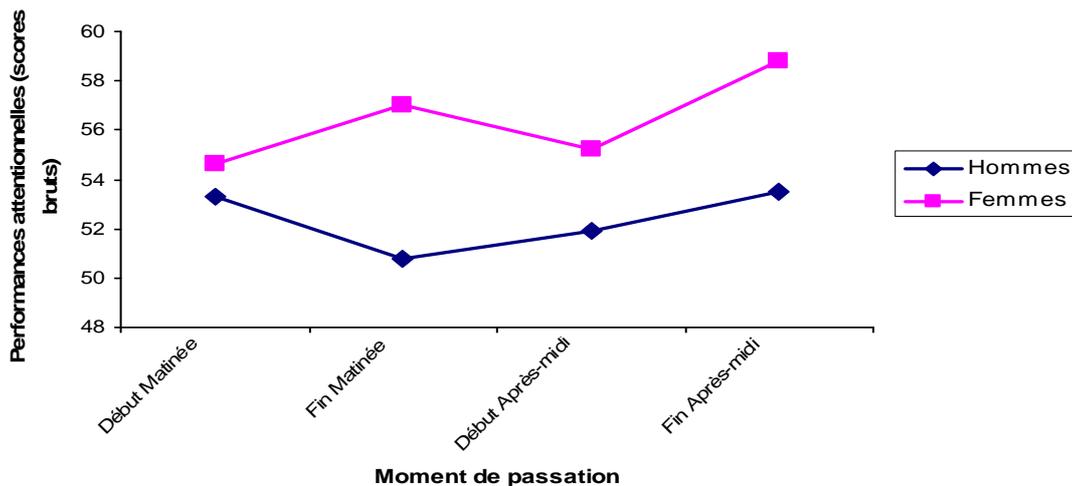


Figure 10. Profils de performances attentionnelles (jeunes+âgés+très âgés) des hommes et des femmes

b. Profils journalières des performances journalières attentionnelles des hommes et des femmes selon la tranche d'âge

Les performances journalières attentionnelles moyennes des hommes (H) et des femmes (F), selon la tranche d'âge, sont présentées dans le tableau 11.

Tableau 11. Variations journalières des performances attentionnelles selon le sexe et la tranche d'âge

Tranches d'âges	Genre	DM à FM	FM à DAM	DAM à FAM
Jeunes	Hommes	F = 1.82; ns	F = 0.11; ns	F = 0.56; ns
	Femmes	F = 0.44; ns	F = 0.39 ; ns	F= 9.63 ; p<.003
Adultes	Hommes	F = 1.99 ; ns	F = 1.15; ns	F = 1.22; ns
	Femmes	F = 5.20 ; p<.03	F = 1.15; ns	F = 1.22 ; ns
Agés	Hommes	F = 0.20 ; ns	F = 0.001; ns	F = 0.01; ns
	Femmes	F = 1.90 ns	F = 0.11; ns	F = 0.004 ; ns

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 78

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

Lorsque nous étudions les fluctuations journalières de performances attentionnelles des hommes et des femmes en prenant en compte la tranche d'âge, l'effet de l'interaction sexe, tranche d'âge et moment de passation ne présente un effet que pour les femmes (jeunes et adultes) (Figure 11). En effet, chez les jeunes femmes, les performances restent stables toute la matinée et au début d'après-midi, puis augmentent en fin d'après-midi [F= 9.63 ; p<.003]. En revanche, chez les femmes adultes, l'élévation des performances en fin de matinée [F= 5.20 ; p<.03] précède la stabilité durant le reste de la journée.

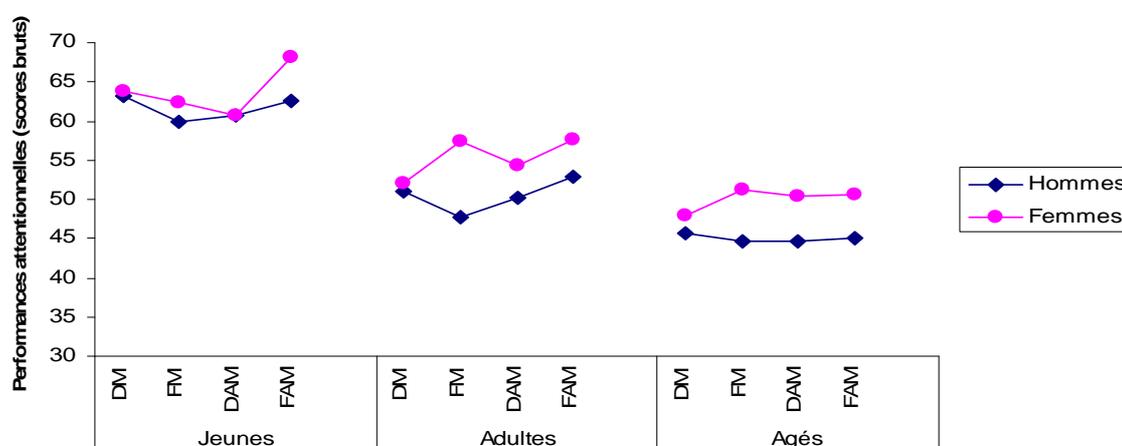


Figure 11. Profils des performances journalières attentionnelles des jeunes hommes/femmes, adultes hommes/femmes et âgés hommes/femmes

c. Comparaison des niveaux de performances journalières attentionnelles des hommes et des femmes

L'analyse de variance indique un effet sensiblement significatif du sexe [$F(1,82)=3.18, p=.08$]. Il apparaît en effet, tous moments de passation confondus, que les niveaux de performances des femmes se différencient peu de celles des hommes (Figure 12).

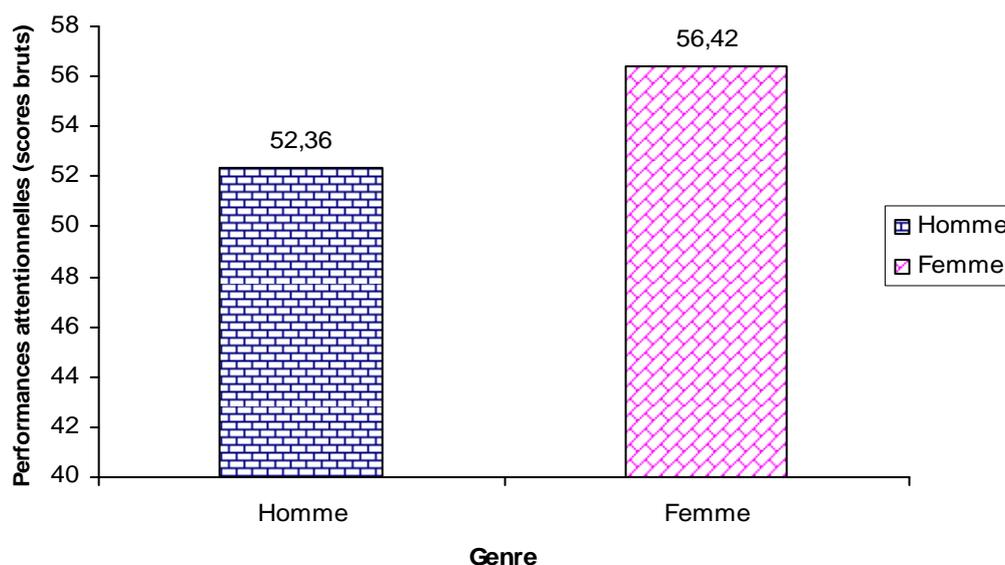


Figure 12. Niveaux des performances journalières attentionnelles selon le sexe

Afin de mettre en évidence l'évolution des performances attentionnelles des hommes d'une part, et celle des femmes, d'autre part, nous avons effectué une comparaison intra-individuelle (au niveau de chaque sexe) ; d'abord une comparaison des performances des jeunes à celles des adultes, puis à celles des âgés et enfin, des adultes à celles des âgés (figure 13). Chez les hommes, les résultats indiquent une supériorité des performances des jeunes à celles des adultes ($J/Ad [F(1,78)=11.97, p=.001]$) et à celles des âgés ($J/Ag [F(1,78)=26.76, p=00002]$). Cette supériorité des jeunes est également notable chez les femmes : $J/Ag [F(1,78)=18.27, p=.00005]$; $J/Ad [F(1,78)=6.91, p=.01]$. Toutefois, les performances des adultes sont sensiblement identiques à celles des âgés aussi bien chez les hommes ($Ag/Ad : [F(1,78)=2.93, p=.09]$) que chez les femmes $Ag/Ad [F(1,78)=2.71, ns]$. (Tableau 12).

Tableau 12. Comparaison des niveaux de performances attentionnelles selon le sexe et la tranche d'âge

	J/Ag	J/Ad	Ad/Ag
Hommes	F = 26.76 ; $p < .00002$	F = 11.97 ; $p < .001$	F = 2.93 ; $p < .09$
Femmes	F = 18.27 ; $p < .00005$	F = 6.91 ; $p < .01$	F = 2.71 ; ns

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 78 J : Jeunes ; Ad : Adultes ; Ag : Agés

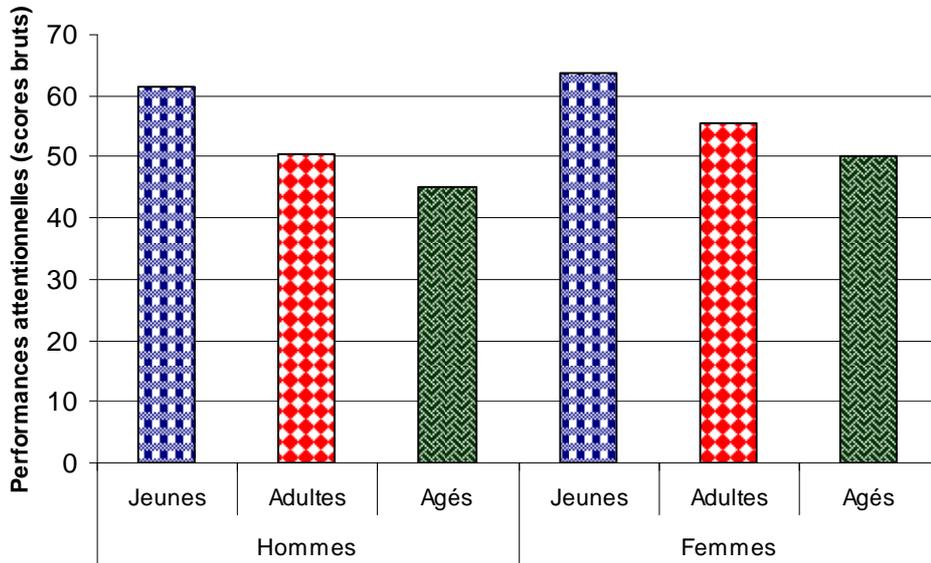


Figure 13. Niveaux des performances journalières attentionnelles selon le sexe et la tranche d'âge

Par ailleurs, nous avons effectué une comparaison interindividuelle pour mettre en évidence, en fonction du groupe d'âge, le niveau des performances attentionnelles des hommes d'une part, et de celles des femmes d'autre part. Aucune différence significative n'a été observée entre les hommes et les femmes pour chacune des trois tranches d'âge, même si cette différence est graphiquement observable. En d'autres termes, les performances des jeunes femmes ne diffèrent pas de celles des jeunes hommes [$F(1,78) = 0.49, ns$]. Il en va de même pour les deux autres groupes d'âge, à savoir les adultes [$F(1,78) = 2.32, ns$] et les âgés [$F(1,78) = 2.53, ns$].

2.4. Discussion

Afin d'apporter de nouvelles données quant à l'effet du moment de la journée sur le niveau d'attention, selon l'âge, nous avons mesuré les performances attentionnelles sur

trois niveaux d'âge: les jeunes (20-29), les adultes (30-59), et les âgés (plus de 60 ans). A cet effet, nous avons utilisé le test de barrage de nombres.

Le premier objectif de cette étude était de vérifier si les performances attentionnelles des jeunes, des adultes ou des âgés, obtenues en début et en fin de demi-journée varient différemment. Les résultats ont mis en évidence que les performances attentionnelles varient peu selon les moments de la journée. Nos épreuves, qui sont des tâches simples, impliquent un mode de traitement automatique, mode de traitement de l'information à laquelle serait attachée l'absence de fluctuations journalières de performances (Testu, 2000). La condition de passation individuelle n'a pas permis d'observer les fluctuations classiques (accroissement des performances dans la matinée, creux postprandial, élévation en fin d'après-midi) mis en évidence en situation collective par Testu, Alaphilippe, Chasseigne & Chèze (1995). Ces auteurs ont trouvé en effet que ces fluctuations classiques observées en condition collective tendent à disparaître en situation individuelle, indiquant que les conditions de passation ont un effet différencié sur les rythmicités de performances attentionnelles. Par ailleurs, les performances des adultes et des âgés sont sensiblement du même niveau au cours de la journée. Seuls les jeunes connaissent une variation journalière de leur niveau d'attention. Nos données confirment donc les résultats des précédentes études ayant mis en évidence l'effet de l'âge sur les variations périodiques de l'attention (Leconte et Leconte-Lambert, 1995 ; Lefloc'h, 2005; Testu, 2008 ; Testu et Janvier, 2005). La rythmicité attentionnelle devient constante et stable avec l'âge. Par voie de conséquence, le profil journalier de l'attention serait globalement structuré, avec l'avancée en âge.

Il semble donc que notre hypothèse concernant l'effet de l'âge sur les profils journaliers de l'attention soit pleinement confirmée. En revanche, les prédictions relatives à l'augmentation du niveau d'attention avec l'âge n'ont pas été validées. En effet, le niveau de performance attentionnelle décroît avec l'âge. Contrairement aux conclusions auxquelles sont parvenues Manly, Robertson, Anderson & Nimmo-Smith (1999) et Manly, Anderson, Nimmo-Smith, Turner, Watson & Robertson (2001), nous avons observé une supériorité des performances journalières attentionnelles des jeunes par rapport à celles des adultes, elles mêmes supérieures à celles des âgés ; et ceci, quel que soit le moment de la journée. Les performances moindres constatées chez les personnes âgées pourraient être expliquées, soit par un déficit des capacités d'inhibition ou des processus attentionnels, lié au vieillissement exécutif (Baddeley, 1996 ; Bruyer et coll., 1995 ; Miyake et coll., 2000 ;

Wecker et coll., 2005 ; Zacks et Hasher, 1994), les épreuves de barrage impliquant fortement la mise en œuvre de ces processus attentionnels , en même temps ou alternativement; soit par une réduction des ressources attentionnelles disponibles chez les personnes âgées (Fisk et Sharp, 2004 ; Salthouse, 1996), le barrage d'un nombre mobilisant de manière importante les ressources attentionnelles ; soit encore par un dysfonctionnement exécutif (Insingrini et Vavou, 1997 ; Daigneault, Braun et Whitaker, 1992), dysfonctionnement lié à l'âge.

Notre deuxième hypothèse concernant l'effet de la typologie sur les niveaux et les profils de performances a été partiellement validée dans la mesure où les performances attentionnelles des vespéraux, des neutres et des matinaux varient différemment au cours de la journée. Les performances attentionnelles des matinaux sont comparables à celles des neutres (stagnation toute la journée), contrairement aux vespéraux qui, après une stabilité dans la matinée, connaissent une chute de leurs performances entre la fin de la matinée et le début d'après-midi, puis une élévation entre le début et la fin de l'après-midi. La confrontation des résultats de cette étude avec ceux trouvés, dans des conditions analogues (passation individuelle) et avec un matériel sensiblement identique, auprès de sujets plus jeunes âgés de 16 ans, confirme l'hypothèse d'une différenciation des profils de performances attentionnelles selon la typologie Sarmany (1984).

Cependant, dans la matinée, les niveaux moyens d'attention des vespéraux et des matinaux sont comparables tandis qu'ils se différencient dans l'après-midi, avec une supériorité du niveau moyen des performances attentionnelles des vespéraux, plus précisément chez les jeunes et les adultes. Notre hypothèse relative à une supériorité des performances dans la matinée pour les matinaux et, dans l'après-midi, pour les vespéraux semble donc partiellement validée. La supériorité des performances des vespéraux dans l'après-midi, observée dans notre étude, s'accorde avec les résultats de Horne et Ötsberg (1980) et de Horne, Brass & Pettitt (1980) ayant porté sur la vigilance subjective.

Enfin, nous avons tenu à déterminer l'effet du sexe sur les niveaux et les profils de performances attentionnelles. L'effet de l'interaction sexe et moment de passation n'est que marginalement significatif, indiquant que le profil journalier de performances attentionnelles des femmes est sensiblement comparable à celui des hommes. Cette différence légère se constate en fin de matinée et en fin d'après-midi. En ce sens, les

résultats relevés ici pourraient être rapprochés de ceux de Lefloc'h (2005), montrant des différences en fin de journée. Bien que cette étude ait été menée auprès d'enfants de la maternelle, nos résultats s'accordent sur le fait qu'en fin de journée, les hommes présentent un moins bon niveau d'attention que les femmes.

En outre, nos résultats précisent une baisse légère des performances attentionnelles des hommes au cours de la journée, contrairement à celles des femmes qui progressent légèrement tout au long de la journée. Au surplus, pour ce qui est du niveau moyen d'attention, on observe une supériorité des performances journalières des femmes par rapport à celles des hommes. Ce résultat s'accorde avec la suggestion de Soussignan et Koch (1985). En effet, les hommes se différencient des femmes par la durée de leur sommeil nocturne (Goel et coll., 2005). Or, lorsque celle-ci est faible, le niveau d'attention diminue (Soussignan et Koch ; op. cite). Ainsi, les hommes auraient un niveau d'attention diminué par rapport aux femmes dont la durée de sommeil nocturne est plus élevée. Une comparaison intra-groupe (au sein de chaque sexe) montre une supériorité des performances des jeunes par rapport à celles des adultes et des personnes âgés, confortant ainsi l'idée d'une influence de l'âge. D'ailleurs, cette supériorité disparaît quand nous procédons à une comparaison intergroupes : une comparaison des performances des jeunes femmes avec celles des jeunes hommes, puis des adultes hommes à celles des adultes femmes, et enfin, des âgés hommes avec celles des âgées femmes. L'effet du sexe sur les performances attentionnelles serait médiatisé par l'âge.

L'ensemble de nos données confirme que les performances attentionnelles fluctuent selon le moment de la journée. Nous avons trouvé que cette variation est liée à l'âge, du fait de la structuration progressive de la rythmicité attentionnelle. La vespéralité et la matinalité qui constituent un paramètre essentiel du rythme veille/sommeil a également un impact sur ces variations. Par ailleurs notre étude montre un effet du sexe sur les niveaux de performances attentionnelles, effet qui serait modéré ou masqué par l'âge.

3. Etude de l'effet du moment de la journée sur les performances de conduite

3.1. Position du problème

Les performances de conduite ont été largement étudiées et les principales mesures utilisées pour estimer ces performances sont nombreuses. De façon générale, on procède par une analyse des processus psychologiques, des indices électro-physiologiques et/ou des indices comportementaux objectivant l'état du conducteur. Le temps de réaction qui constitue notre variable étudiée est un paramètre principal comportemental et occupe une place majeure dans l'évaluation de l'activité de conduite. Dans le domaine de la conduite automobile, on parle de temps de réaction au freinage et on estime que ce temps est lié à la perception ; d'où les termes de « temps de réaction visuelle » ou de « temps de réaction auditive » ou tout simplement de « temps de détection ».

Diverses études ont montré que le temps de réaction s'améliore au cours de la journée, avec parfois un « creux méridien », qui correspond à la période postprandiale, pour se stabiliser en fin de journée et commencer à décroître dans la soirée (Folkard et coll., 1976 ; Hildebrandt et Stempel, 1977). Ces résultats sont confirmés par d'autres travaux s'inscrivant dans le même paradigme, notamment ceux qui ont porté sur les tâches de précision ou de rapidité motrice (Kleitman, 1963; Blake, 1971) et sur les tâches de temps de réaction visuelle et auditive (Poppel et coll., 1970) : ces derniers trouvent l'efficacité maximale entre 17 et 20 heures. D'après les auteurs cités, cette variabilité serait due à la rythmicité biologique fondamentale qui sous-tend l'ensemble du fonctionnement de l'organisme. En référence à cette hypothèse, Almira et Gutiérrez (1987) ont étudié les profils de performance à des tâches de temps de réaction visuelle et auditive effectuées toutes les 10 minutes pendant 320 minutes. D'une part, les auteurs constatent que les temps de réaction diminuent au fur et à mesure que l'expérience se déroule et, d'autre part, que la pente de la courbe de décroissance des temps de réaction visuels est négativement reliée au niveau de base; ce qui signifierait que ce sont les sujets les plus rapides au départ qui diminueraient le plus leur temps de réaction. Ces résultats ne sont pas sans rappeler ceux de Lancry (1986) qui avait comparé l'évolution circadienne des performances dans une tâche de temps de réaction à choix multiple à celle de l'auto-estimation par l'échelle de Thayer (1967).

Les travaux précédemment cités mettent en évidence une fluctuation journalière du temps de réaction, indiquant une diminution de celui-ci du début jusqu'à la fin de la journée. Toutefois, ces résultats semblent contredire ceux de De Terssac et coll. (1983) qui, dans une étude menée auprès d'ouvriers travaillant selon un système d'horaire en trois équipes (matin, après-midi, nuit), ont mesuré le temps de réaction, à différents moments de la journée de travail, dans une usine fonctionnant 24 heures sur 24 heures. Les auteurs constatent, en effet, qu'à mesure que s'accumulent les heures de travail, les capacités fonctionnelles du travailleur s'émoussent ; le temps de réaction après cinq heures de travail est plus élevé qu'après trois heures et encore plus élevé après huit heures de travail. Une telle variation avait été mise en évidence par Brown (1949) qui avait étudié la durée de la latence à répondre à des appels par des standardistes. En effet, l'auteur avait trouvé chez ces opératrices que la latence commençait à augmenter à partir de 24 h et devenait maximale vers 3-4 h du matin. Ces résultats laissent à penser à une dégradation de l'efficacité qui résulterait de la prolongation de l'activité durant un certain nombre d'heures. L'auteur fait cependant remarquer que cette évolution ne dépendait pas de la charge de travail exprimée par le nombre d'appels à l'heure, puisqu'il semblerait que dans la nuit, moins il y a d'appels, plus la latence est longue.

Ainsi, bien que les résultats des recherches qui se sont intéressées aux profils journaliers du temps de réaction soient parfois contradictoires, tous s'accordent cependant à reconnaître l'existence de la variabilité circadienne de cet indice comportemental. Au surplus, on pense que ces profils de fluctuation se différencieraient selon certains facteurs individuels, notamment l'âge et la typologie.

Testu (1989) a étudié le temps de détection visuelle (temps écoulé entre l'apparition de la cible et son repérage par le sujet) auprès de trois groupes de sujets (jeunes, adultes et âgés). En effet, il avait été demandé individuellement, à ces différents groupes de sujets, de signaler la détection d'une cible en appuyant le plus rapidement possible sur une presselle. Les résultats obtenus à différents moments de la journée (fins et débuts de demi-journée) indiquent une similitude chez les jeunes et les personnes âgées dans l'évolution journalière de leur rapidité de détection. Pour expliquer cette affinité, l'auteur se fonde sur une étude antérieure (Testu, 1989a) dans laquelle, il avait montré que les jeunes « traitent l'information » différemment selon les moments de la journée et que la

stratégie prioritairement appliquée par ces derniers dans la résolution d'un problème est le mode de traitement contrôlé. En s'appuyant donc sur cette observation, l'auteur fait l'hypothèse que les jeunes seraient confrontés à une situation (la tâche de détection) qui impliquerait un processus de traitement automatique, mode de traitement dominant chez les personnes âgées. Jeunes et âgés auraient donc utilisé la même stratégie de traitement de l'information et verraient ainsi leurs profils journaliers des latences évoluer de la même manière.

Les résultats de l'étude de Testu (précédemment citée) laissent apparaître l'importance du processus de traitement automatique dans les activités où le temps de réaction est indispensable, notamment la situation de conduite automobile. En effet, avec la pratique, la conduite devient une tâche de moins en moins exigeante. L'automatisation est totale ou presque. L'activité perceptivo-motrice demande de moins en moins d'efforts. De ce fait, la manipulation des commandes devient largement automatisée et les muscles du conducteur agissent sans l'intervention de la conscience. On peut donc supposer que nos participants qui ont au moins deux ans d'expérience de conduite, utiliseraient des automatismes fortement renforcés par une longue pratique. Du fait de cette pratique, ces conducteurs maîtriseraient mieux les tâches reliées à la conduite ; celles-ci comportant alors plus de processus automatisés, et de ce fait moins dépendantes des variations liées au temps.

Toutefois, le fait que nous ayons pris la précaution de travailler avec des participants possédant au minimum deux ans d'expérience n'autorise pas à ignorer l'influence de l'expérience. En général, les personnes âgées demeurent plus expérimentées, et donc habituées à un cadre général de conduite qu'elles supposent constant (Marckworth, 1969). L'expérience pourrait donc faire la différence. Conformément à l'expérience 1 de notre étude et en nous référant à une étude de Testu (1982) portant sur l'effet du processus d'habituation sur la rythmicité, nous nous attendons à une variation circadienne plus importante chez les jeunes. Le but de l'étude menée par Testu (op cite) était de déterminer l'effet de l'habitude sur les profils journaliers et hebdomadaires de variations de performances d'élèves de 5^{ème} de Section d'Education Spécialisée (S.E.S) et d'élèves de 5^{ème} de collège. En d'autres termes, il s'agissait en effet de savoir si les variations journalières et hebdomadaires de performances d'élèves habitués à un exercice scolaire sont différentes de celles d'élèves non habitués à cet exercice. L'expérience a porté sur quatre épreuves : d'une part, les briques, les séries verbales (considérées comme des tâches

nouvelles, pour les deux classes) et, d'autre part, les accords de verbes et les opérations à compléter auxquels les élèves de 5^{ème} de collège sont entraînés depuis l'école primaire, tandis que ce type d'exercice est rarement proposé à leurs homologues, en raison de leur handicap scolaire. Au cours de cette recherche, Testu (Op. cite) observe des fluctuations journalières et hebdomadaires de performances pour les tâches considérées comme inhabituelles ; alors que pour les tâches habituelles aucune variation n'est notée. L'auteur conclut à une dépendance de la présence de variations journalières et hebdomadaires de performances dans une certaine tâche à l'habitude que les élèves ont de cette tâche.

Il semble donc qu'une relative maîtrise de la tâche permette de minimiser les fluctuations des performances qui s'y rattachent. L'effet de ce processus d'habituation avait été déjà mis en évidence sur des temps de réaction auditive moyens auditifs (Lisper et Ericsson, 1973). On est donc en droit de penser qu'il est assez probable que cette dépendance du profil de performances dans une certaine tâche à la familiarisation à cette tâche, au niveau scolaire, se retrouve dans l'activité de conduite. Notre premier objectif est donc d'étudier la variabilité temporelle des capacités de freinage en fonction de l'âge. Aussi voulons-nous vérifier si ces temps de réaction se différencient selon l'âge.

La plupart des recherches relatives aux différences interindividuelles concernant le temps de réaction ont conclu à une altération de la capacité à réagir promptement avec l'âge. L'étude de Lauwereys (1995) sur la réduction de la mobilité des conducteurs âgés illustre de façon éloquente cette altération. Cette étude menée auprès de différents groupes d'âge (18-29 ans, 30-64ans, 65-69 ans, 70-74 ans, 75-79 ans, 80-84 ans, 84 et plus) a montré en effet, un fléchissement du temps de réaction avec l'âge. A partir de 65 ans, les sujets observés éprouvaient beaucoup de difficultés à réagir correctement au signal auquel ils étaient soumis. Selon l'auteur, ce fléchissement serait lié à la diminution des performances motrices, avec l'âge ; diminution, se traduisant par l'altération de la coordination motrice des membres supérieurs ou inférieurs, que ce soit en précision ou en rapidité d'exécution.

Une étude plus récente, dans le domaine de la conduite automobile, met également en évidence cet allongement des temps de réaction avec l'âge. Il s'agit de l'étude de Makishita et Matsunaga (2008), menée dans des conditions de conduite différentes (simulée, réelle, véhicule à l'arrêt) et tenant compte de la charge de travail mentale (conduite simulée + calcul mental, conduite réelle + calcul mental...). Les mesures réalisées auprès de trois tranches d'âge différentes (20-29 ans, 41-54 ans, 60-64) indiquent,

quelle que soit la situation de conduite, un effet de l'âge sur les temps de réaction. Les plus jeunes ont les temps de réaction moyens les plus courts. Ceux du groupe des personnes âgées (60-64 ans) étaient beaucoup plus affectés par le calcul mental et se différenciaient significativement des deux autres groupes. Cette moindre performance chez les personnes âgées, avait été aussi expliquée, en référence aux travaux de Hamsher et Bentone (1977) et d'Oyama (1985), en termes d'altération du temps de réaction avec l'âge. Ainsi, selon ces auteurs, l'aptitude à la conduite décline avec l'âge, confirmant les résultats d'une étude antérieure qui avait été menée par les mêmes auteurs (Sumida, Suzuki, Makishita, Matsunaga, 2004) auprès d'automobilistes de différentes tranches d'âge.

Notre deuxième objectif concerne les fluctuations des temps de réaction selon la typologie. A notre connaissance, les études qui se sont intéressées à l'évolution journalière du temps de réaction selon les chronotypes matinalité-vespéralité sont peu nombreuses. Au surplus, les résultats observés semblent dépendre de la nature des épreuves utilisées. Kerkhof (1985) a étudié le temps de réaction à un stimulus auditif à six moments de la journée, chez des sujets « du soir » et chez d'autres « du matin ». Les temps de réaction pour les deux types d'individus présentaient sensiblement la même évolution au cours de la journée, à ceci près que les sujets du matin atteignaient leur pic matinal de performance plus tôt que ne le faisaient les sujets du soir. Des résultats semblables avaient déjà été obtenus par Akerstedt et Froberg en 1976 dans une tâche de détection de stimuli auditifs.

Ainsi, aucune différence n'est constatée entre les sujets matinaux et les sujets vespéraux quand il s'agit de réagir à des stimuli auditifs. Pourtant, des différences significatives ont été obtenues entre ces deux types de sujets dans d'autres tâches perceptives, notamment les tâches de détection visuelle. Patkai (1970, cité par Clarisse, 1995) observe que lorsque les sujets matinaux sont soumis à des signaux lumineux, ceux-ci ont un temps de réaction plus faible le matin que le soir. Les sujets vespéraux à l'inverse réagissent plus vite le soir. Par ailleurs, seuls les sujets du soir présentent des fluctuations journalières dans le sens d'une amélioration des performances tout au long de la journée. Horne et coll. (1980), pour leur part, obtiennent également des différences significatives entre sujets « du matin » et sujets « du soir » pour une épreuve de détection visuelle : les sujets « du matin » sont meilleurs le matin, et leurs performances diminuent ensuite au cours de la journée, contrairement aux sujets du soir dont les performances progressent tout au long de la journée. Les auteurs observent les mêmes résultats dans une tâche de temps

de réaction ou de surveillance de production simultanée : les sujets matinaux ont une performance qui diminue tout au long de la journée, tandis que les vespéraux présentent une augmentation progressive de leurs performances. Dans ce dernier cas, les auteurs constatent un parallélisme avec la courbe de la température, alors que pour les matinaux, les deux courbes sont inversées. On pourrait donc penser que les temps de réaction moyens des vespéraux évoluent comme la vigilance basale, la température étant un bon indicateur de cette vigilance.

En résumé, deux objectifs sont fixés dans cette étude. Le premier vise à étudier l'effet du moment de la journée sur les performances de conduite, indicées par les temps de réaction moyens au freinage. Nous posons l'hypothèse que les performances de conduite varient différemment selon le moment de la journée, variations journalières sous la dépendance du degré de maîtrise des tâches reliées à la conduite. Nous nous attendons donc à ce que nos participants, du fait de leurs automatismes fortement renforcés par une longue pratique de la conduite, présentent des temps de réaction moyens (au freinage) moins dépendants des variations liées au temps. Par ailleurs, en nous fondant sur l'hypothèse d'une altération des fonctions motrices avec l'âge, nous faisons l'hypothèse que les performances de conduite diffèrent selon l'âge. Nous souhaitons vérifier si les temps de réaction au freinage des jeunes sont supérieurs à ceux des adultes, eux-mêmes supérieurs à ceux des conducteurs âgés.

En ce qui concerne notre deuxième objectif, nous souhaitons appréhender l'évolution des profils des temps de réaction au freinage selon la typologie de nos participants. Les travaux portant sur les temps de réaction à des stimuli auditifs selon la typologie n'ont pas montré de différence significative entre les profils des matinaux et des vespéraux, contrairement aux stimuli visuels auxquels les matinaux réagissent promptement le matin pour voir ensuite leurs performances diminuer au cours de la journée, alors que les vespéraux, au contraire, présentent de meilleures performances l'après-midi, avec une augmentation progressive de leurs temps de réaction moyens tout au long de la journée. Ainsi, étant donné que nos tests sont des séquences vidéo (notre logiciel ne permet pas de restituer le bruit du moteur du véhicule, mais offre l'avantage, tout au moins, d'apprécier la capacité à réagir à des situations urgentes et imprévues), nous formulons l'hypothèse que les performances de conduite varient différemment selon la typologie: en début et fin de matinée, les temps de réaction au freinage des matinaux

seraient supérieurs à ceux des vespéraux; inversement, en début et fin d'après-midi, les temps de réaction au freinage des vespéraux seraient supérieurs à ceux des matinaux.

Enfin, l'influence du sexe étant rarement étudiée, à notre connaissance, nous avons été tentés de vérifier si les temps de réaction au freinage des hommes et des femmes diffèrent selon le moment de la journée.

3.2. Méthode

3.2.1. Participants

Les participants, répartis en 3 tranches d'âge (18-29 ans, 30-59 ans, 60 ans et plus) sont sélectionnés en fonction des conditions d'obtention du permis de conduire et de certains facteurs (hygiène de vie, état de santé et d'esprit, expérience, ...), susceptibles d'influer sur l'activité de conduite et les profils de performance. Il s'agit donc de quatre-vingt-quatre participants:

- *en bonne santé* : ne présentant aucun antécédent médical ou pathologique évolutif et n'ayant pas de problème particulier de vision ;
- *vierges de troubles du sommeil* ;
- *exempts de tous traitements médicamenteux* interférant avec le sommeil, la vigilance et le système circadien ;
- *suivant des horaires de vie réguliers* pendant trois jours avant de se soumettre à l'expérience, et sans consommation de drogue, de boissons alcoolisées ou contenant de la caféine (moins de 4 tasses par jour).
- *ayant un permis de conduire et possédant au minimum 2 ans d'expérience* de conduite ; de ce fait nos participants sont âgés d'au moins 20 ans au début de l'étude.

Les données concernant l'âge moyen des groupes sont récapitulées au sein du tableau 13.

Tableau 13. Répartition et caractéristiques de la population selon l'âge

	Jeunes (20-29 ans)	Adultes (30-59 ans)	Agés (60 ans et plus)
Nombre de participants	28	28	28
Moyenne d'âge	24	44.4	65.1
Ecart type	2.9	8.9	4.7

Chaque groupe comprend 42 femmes et 42 hommes dont 14 jeunes femmes, 14 jeunes hommes ; 14 adultes femmes, 14 adultes hommes ; 14 femmes âgées et 14 hommes âgés (tableau 14).

Tableau 14. Répartition et caractéristique de la population selon le sexe

	Hommes n=42 m=45.8 $\alpha=18.2$			Femme n=42 m=43.3 $\alpha=17.7$		
	Jeunes n=14	Adultes n=14	Agés n=14	Jeunes n=14	Adultes n=14	Agés n=14
Moyenne d'âge (m)	24.4	47.3	65.7	23.7	41.5	64.6
Ecart type (α)	2.9	9	5.8	2.7	8.1	3.5

3.2.2. Dispositif expérimental

a. *Le réactiomètre informatique*

Le matériel se compose d'un micro-ordinateur Samsung Sens 700 de type 486 DX2 50, équipé d'un écran couleur à cristaux liquides de type matrice passive (résolution d'affichage : 640 x 350). Le système se fonde également sur un logiciel, appelé « réactiomètre informatique » (image 1), qui tente de reproduire des situations de conduite impliquant des arrêts et des freinages d'urgence à différentes vitesses. En fait, le réactiomètre informatique permet de mesurer le temps de réaction des conducteurs au freinage et d'afficher la distance de réaction, la distance et le temps de freinage, la distance et le temps total d'arrêt, en fonction de la vitesse de circulation.



Menu séquence vidéo

Une pédale de frein munie d'une clé USB TO RS232 interfacée au port série de l'ordinateur est utilisée pour capter la réponse du sujet. Le temps de réaction peut être mesuré en fonction de plusieurs paramètres : la vitesse du véhicule, le stimulus, l'état du conducteur, l'état de la chaussée.

b. Paramétrage de la vitesse, de l'état de la chaussée et de l'état du conducteur

Les six paliers de limitation de vitesse, admis en France, pour les véhicules de moins de 3,5 tonnes sont : 30, 50, 70, 90, 110 et 130 km/h. Nous optons donc pour ces paliers dans notre étude. Ainsi, en agglomération, les vitesses des véhicules sont limitées à 30 et 50 km/h. 30 km/h est utilisée quand la 50 s'avère dangereuse (étroitesse des rues, leur caractère accidentogène ou la présence particulièrement élevée de piétons. Hors agglomération, la vitesse des véhicules est limitée à 70 ou 90 km/h sur route nationale ou départementale, 70 km/h étant utilisée à certains carrefours dangereux, en cas de chaussée humide ou à visibilité réduite. 110 km/h est la vitesse limite sur voies rapides (chaussées indépendantes, séparées par un terre-plein central et d'au moins quatre voies) ; c'est aussi la limitation sur autoroute en cas de pluie. 130 km/h est la vitesse maximale sur autoroute.

Le logiciel a également la possibilité de calculer le temps de réaction au freinage en fonction de l'état de la chaussée (sec, mouillé, enneigé...) et de l'état du conducteur (« alcool », « très fatigué », « fatigué », « normal », « vigilant »). Pour contrôler l'effet de ces variables intermédiaires, nous nous sommes contentés de travailler avec des participants normaux, le temps de réaction pouvant s'allonger considérablement en fonction de l'attention, de l'état physique, de la fatigue (Cf. Critère de sélection de la population). L'état de la chaussée ou adhérence varie selon la nature et l'usure du revêtement routier et des pneumatiques. Cette adhérence est de l'ordre 0,5 ; 0,6 et 0,8 sur route sèche ; 0,4 sur route humide ; 0,5 sur route verglacée et 0,6 sur route enneigée. Dans le cadre de notre étude, les scénarii de conduite se déroulent sur routes humides ou sèches, situations considérées comme fréquentes.

c. Les stimuli

La présentation de l'information par le logiciel est équivalente à des stimuli visuels : présentation de signaux visuels et de séquences vidéo. Les signaux visuels (feux tricolores), dont l'apparition est aléatoire dans le temps, ont servi de pré-test. À chacune de leur apparition en effet, le conducteur devrait appuyer sur la pédale de frein.

Les séquences vidéo (au nombre de 4) comprennent chacune cinq tests consécutifs de conduite automobile simulée (20 tests) impliquant des événements attentionnels (suivi de véhicules, déboîtement mobile d'une voie, mobiles en sens inverse, traversée d'animaux) et des situations de freinage d'urgence (Annexes 2.1, 2.2, 2.3, 2.4). Les moments de conduite simulée sont des conduite de nuit ou de jour avec ou sans brouillard (Tableau 15). Chaque séquence vidéo dure 50 s.

Tableau 15. Situations expérimentales et événements de type « Attentionnel »

	Tests	Scénario	Temps	Vitesse (km/h)	Etat de la hausse
Vidéo 1	1	Caisse sur chaussée	brouillard	117	sec
	2	Déboîtement roue	Clair	117	sec
	3	Freinage brusque	Clair	117	sec
	4	Crevaision et déboîtement	Clair	117	sec
	5	Chute colis	Clair	117	sec
Vidéo 2	1	Boîte sur chaussée	Pluie	104	humide
	2	Déboîtement roue	brouillard	104	sec
	3	Freinage brusque	brouillard	104	sec
	4	Crevaision et déboîtement	brouillard	104	sec
	5	Chute colis	brouillard	104	sec
Vidéo 3	1	Accident voiture	clair	131	sec
	2	Accident voiture	nuit	131	sec
	3	Accident voiture	pluie	111	humide
	4	Accident moto	clair	131	sec
	5	Accident moto	nuit	131	sec
Vidéo 4	1	Traversée sanglier	clair	129	sec
	2	Traversée sanglier	pluie	112	humide
	3	Déboîtement camion	clair	133	sec
	4	Déboîtement camion	pluie	111	humide
	5	Accident pente	clair	131	sec

Au cours d'un travail de synthèse, Leplat (2000) recense les différentes caractéristiques concernant les tâches de détection. Pour cet auteur :

- ces tâches "exigent que l'opérateur perçoive et rapporte un changement (un signal) dans l'environnement où il travaille";

- "La réponse de l'observateur n'a pas d'effet sur la probabilité d'apparition du signal";
- le signal à détecter peut être soit un stimulus discret ajouté ou retiré à l'environnement, soit un changement dans un stimulus;
- le signal à détecter doit être défini à l'observateur ;
- "tout type de stimulus peut être employé comme signal pourvu qu'il soit perceptible par l'observateur quand celui-ci est orienté vers lui";
- "les signaux devraient se rencontrer peu fréquemment;
- "l'ordre d'apparition temporel des signaux devrait être régulier".

Ces conditions expérimentales énumérées par Leplat (op cite) nous ont paru pertinentes et nous nous sommes évertués, en conséquence, à en tenir compte dans nos situations expérimentales.

3.2.3. Simulation et situations expérimentales

Tout juste avant le test de conduite, le conducteur est d'abord soumis à un test d'attention (test de barrage de nombres). Puis, il est invité à s'installer devant l'ordinateur, à environ soixante centimètres de l'écran. L'expérience commence par une phase de familiarisation et de configuration de l'outil. Au cours de cette séance d'apprentissage, le dispositif est présenté au participant. Celui-ci est informé qu'il sera confronté à des situations de conduite simulée impliquant des freinages d'urgence, présentées dans une séquence vidéo (5 tests consécutifs). L'expérimentateur montre au participant la pédale de frein (juxtaposée au niveau du pied gauche de celui-ci) sur laquelle il devra appuyer le plus rapidement possible lorsqu'il lui apparaîtra nécessaire de freiner. Ainsi, pour habituer chaque participant au système de freinage, quatre stimuli, notamment des feux tricolores, sont successivement présentés et à chacune de leur apparition, le participant appuie sur la pédale de frein. Une séquence vidéo impliquant une situation de freinage lui est ensuite présentée. Cette séance d'essai permet au participant de s'habituer aux conditions de conduite et aux commandes de bord du dispositif, afin de limiter d'éventuelles erreurs et le stress liés à la découverte du matériel. Les participants réalisant l'expérimentation de manière inadéquate ou sans respect des consignes, sont exclus de la recherche.

Lorsque le participant a terminé de prendre connaissance avec le dispositif et la consigne, il lui est demandé s'il a des questions à formuler, ou s'il subsiste un élément

qu'il n'a pas compris. Dans ce cas, l'expérimentateur reformule la consigne en insistant sur le point à éclaircir. Puis, une fois le sujet prêt, la phase expérimentale commence avec la présentation d'une séquence vidéo comprenant cinq tests consécutifs de conduite automobile simulée. A la fin de l'épreuve de conduite, le conducteur est soumis de nouveau à un test d'attention. Enfin, un échange se fait sur la situation de conduite qu'il vient d'expérimenter.

Pendant chaque trajet, le réactiomètre enregistre le temps de réaction au freinage du conducteur. Et à la fin de la séquence vidéo, c'est-à-dire après les cinq tests, le logiciel affiche tous les résultats ainsi que la moyenne des temps de réaction.

Pendant l'expérimentation, chaque participant a réalisé quatre sessions expérimentales (en début et fin de demi-journée). A cet effet, quatre séquences vidéo comprenant chacune 5 tests de conduite simulée ont été utilisées (Annexes 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.4). Pour contrôler un éventuel effet d'ordre de passation de ces séquences vidéo, qui masquerait les variations de l'efficacité, un plan en contre-balancement a été nécessaire. Nous avons également pensé à contrôler l'effet d'ordre du moment de la journée en répartissant, de façon aléatoire, les participants d'un même groupe d'âge en quatre sous-groupes (G1, G2, G3 et G4), selon les quatre moments de la journée. Rappelons que l'objectif de notre étude vise à mesurer, à différents moments de la journée, les temps de réaction au freinage selon la tranche d'âge (jeunes, adultes et âgés). Le tableau ci-dessous indique l'ordre des sessions expérimentales de chacun des sous-groupes.

Tableau 16. Ordre de passation des épreuves

Sous-groupes	Passations			
	DM	FM	DAM	FAM
G1	Vidéo 1	Vidéo 2	Vidéo 3	Vidéo 4
G2	FAM	DM	FM	DAM
	Vidéo 4	Vidéo 1	Vidéo 2	Vidéo 3
G3	DAM	FAM	DM	FM
	Vidéo 3	Vidéo 4	Vidéo 1	Vidéo 2
G4	FM	DAM	FAM	DM
	Vidéo 2	Vidéo 3	Vidéo 4	Vidéo 1

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

3.3. Résultats et analyses statistiques

L'étude de la significativité statistique de l'effet de la journée sur le temps de réaction est effectuée par des analyses de variation à mesures répétées réalisées sous le logiciel STATISTICA. Après avoir relevé les temps de réaction au freinage, nous avons calculé, la distribution des notes étant normale, la moyenne des performances pour chaque passation (début de matinée (DM), fin de matinée (FM), début d'après-midi (DAM) et fin d'après-midi (FAM) selon l'âge (jeunes (J), adultes (Ad) et âgés (Ag), le sexe (homme et femme) et la typologie (du matin, du soir et neutre). Le seuil de significativité retenu pour l'interprétation est $\alpha = .05$. Afin de disposer d'une lecture plus précise des analyses et des interprétations, les traitements s'accompagnent souvent, comme le recommande Wright (2003), de la valeur réelle des p .

3.3.1. Fluctuations des performances de conduite selon l'âge

a. Profils journaliers des temps de réaction moyens selon l'âge

Les profils journaliers des Jeunes, des Adultes et des Agés sont établis à partir des performances de conduite, plus précisément à partir des temps de réaction moyens au freinage en début de matinée (DM), en fin de matinée (FM), en début d'après-midi (DAM) et en fin d'après-midi (FAM) (figure 14).

Le tableau 17 indique les fluctuations journalières des temps de réaction moyens au freinage des jeunes (J), des adultes (Ad) et des âgés (Ag).

Tableau 17. Comparaison des variations des temps de réaction moyens selon le moment de la journée

	DM	FM	DAM	FAM
J/Ad	F = 21.38 $p < .00002$	F = 9.59 $p < 0.003$	F = 8.83 $p < 0.004$	F = 13.40 $p < .0005$
J/Ag	F = 41.37 $p < .10^{-6}$	F = 22.73 $p < 0.000008$	F = 21.65 $p < .00001$	F = 40.63 $p < 10^{-6}$
Ad/Ag	F = 3.27 $p < .07$	F = 2.79 ; ns	F = 2.82 ; ns	F = 7.36 $p < .008$

ddl de l'effet : 1 ddl de l'erreur : 81

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

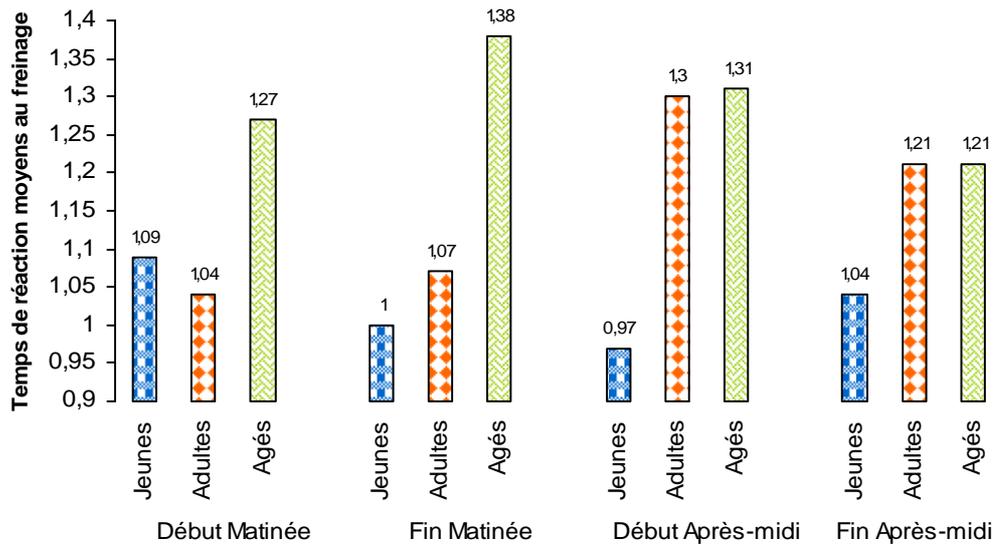


Figure 14. Temps de réaction moyens des jeunes, des adultes et des âgés selon les moments de la journée.

Les performances se différencient dans la matinée (DM : [F(2,81)=2.65, $p=.08$; FM : [F(2,81)=10.86, $p<.0001$]) et en début d’après-midi (DAM [F(2,81)=7.80, $p<.001$], contrairement à la fin d’après-midi où aucune différence significative n’est constatée entre les trois groupes (FAM [F(2,81)=1.58, *ns*]).

En effet, dans la matinée, les participants âgés ont *u n temps de réaction plus élevé que celui des jeunes (DM : [F(1,81)=2.92, $p=.09$] et FM [F(1,81)=19, $p<.00003$]) et des adultes (DM : [F(1,81)=4.79, $p<.03$] et FM [F(1,81)=12.59, $p<.001$]), qui eux-mêmes ont presque les mêmes temps de réaction (J/Ad : DM [F(1,81)=0.23, *ns*] et FM [F(1,81)=0.71, *ns*]). Ainsi, les jeunes et les adultes sont plus prompts à réagir que les âgés dans la matinée. Par ailleurs, dans l’après-midi, plus précisément en début d’après-midi, les adultes et les âgés sont les plus lents et possèdent presque les mêmes temps de réaction ([F(1,81)=0.04 *ns*]). Leurs temps de réaction se différencient de ceux des jeunes (J/Ad : [F(1,81)=11.03, $p<.01$], J/Ag : [F(1,81)=12.33, $p<.001$]).

L’analyse montre donc, moment après moment, que les jeunes sont disposés à freiner plus rapidement que les adultes et les âgés. Cependant, leurs temps de réaction moyens, tout comme ceux des âgés, ne fluctuent pas au cours de la journée (J : [F(3,79)=0.49, *ns*] et Ag : [F(3,79)=1.06, *ns*] (tableau 18).

Tableau 18. Tableau récapitulatif de l'analyse des variations journalières des temps de réaction moyens au freinage selon la tranche d'âge

	DM à FM	FM à DAM	DAM à FAM
Jeunes	F = 0.92 ; ns	F = 0.14; ns	F = 0.59; ns
Adultes	F = 0.12 ; ns	F = 7.27, p<.01	F = 0.35 ; ns
Agés	F = 1.38 ; ns	F = 0.57; ns	F = 1.11 ; ns

ddl de l'effet : 1 ddl de l'erreur : 81

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

Seuls les adultes connaissent, contrairement aux jeunes et aux adultes, des variations journalières : les temps de réaction restent stables entre le début et la fin de la matinée, puis commencent à croître pour atteindre un pic en début d'après-midi. Une stabilité est de nouveau constatée entre le début d'après-midi et la fin d'après-midi : DM/FM $F(3.79)=0.13$, ns], FM/DAM $F(3.79)=7.28$, $p < .01$], DAM/FAM $F(3.79)=0.89$, ns] (Figure 15).

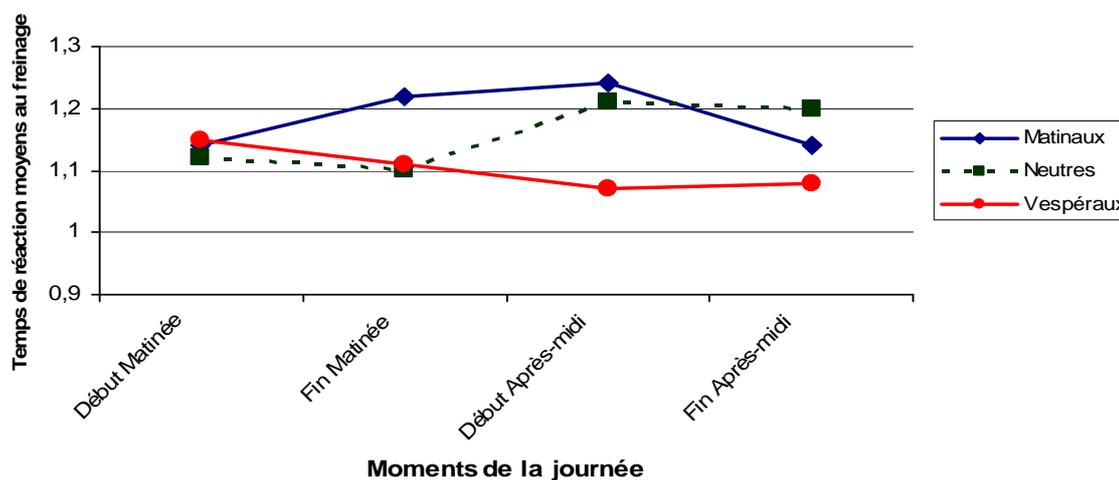


Figure 15. Profils journaliers des temps de réaction moyens au freinage des Jeunes, des Adultes et des Agés

b. Comparaison des temps de réaction moyens au freinage des Jeunes, des Adultes et des Agés

Nous comparons les temps de réaction moyens journaliers, tous moments de passation confondus (DM+FM+DAM+FAM) de J, Ad et Ag au test de conduite (figure 16). Ils sont traités par des analyses de variances effectuées à chaque tranche d'âge.

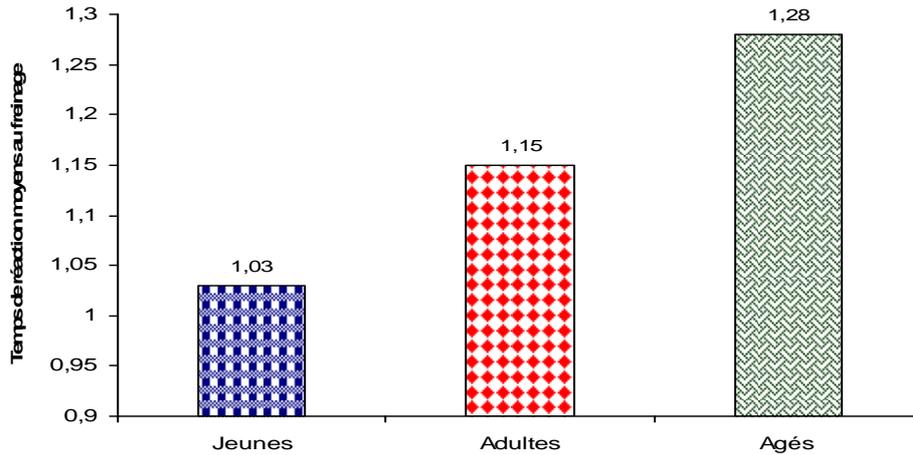


Figure 16. Temps de réaction moyens (DM+FM+DAM+FAM) des Jeunes, des Adultes et des Agés

L'analyse partielle indique, tous les moments de passation confondus, un effet hautement significatif de l'âge [$F(2,81)=12.21$, $p<.00002$], indiquant que plus les participants sont âgés, plus leur temps de réaction augmente. Autrement dit, les jeunes mettent moins de temps pour freiner que les adultes [$F(1,81)=5.56$, $p<.02$] et les personnes âgées [$F(1,81)=24.41$, $p<.000005$]. La différence entre les temps de réaction moyens des adultes et des âgés n'est pas significative.

3.3.2. Fluctuations des performances de conduite selon la typologie

Nous avons réparti les participants selon leur typologie. Trois groupes d'âge ont ainsi pu être étudiés : les matinaux, les vespéraux et les neutres (tableau 19).

Tableau 19. Répartition et caractéristique de la population selon la typologie

	Matinaux n=32 m=52.1 α=14.6			Neutre n=36 m=44.9 α=18			Vespéraux n=16 m=28.6 α=8		
	Jeunes	Agés	Adultes	Jeunes	Adultes	Agés	Jeunes	Adultes	Agés
Nombre de participants (n)	3	14	15	12	12	12	13	2	1
Moyenne d'âge (m)	25	44.6	64.5	25.2	43.5	66	22.8	48.5	65
Ecart type (α)	4.6	9	3.9	2.2	8.7	5.9	2.5	14.6	-

a. Profils journaliers des temps de réaction des matinaux, des neutres et des vespéraux

J, Ad et Ag réunis, l'interaction entre la typologie et le moment de passation ne présente aucun effet significatif [$F(2,81)=0.73$ ns]. Les temps de réaction ne fluctuent pas significativement au cours de la journée (Tableau 20).

Tableau 20. Tableau récapitulatif de l'analyse des temps de réaction moyens au freinage selon la typologie

	DM à FM	FM à DAM	DAM à FAM
Matinaux	F = 0.82 ; ns	F = 0.04 ; ns	F = 1.11 ; ns
Vespéraux	F = 0.11 ns	F = 0.13 ; ns	F = 0.004 ; ns
Neutres	F = 0.02; ns	F = 1.93; ns	F = 0.02; ns

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 81

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

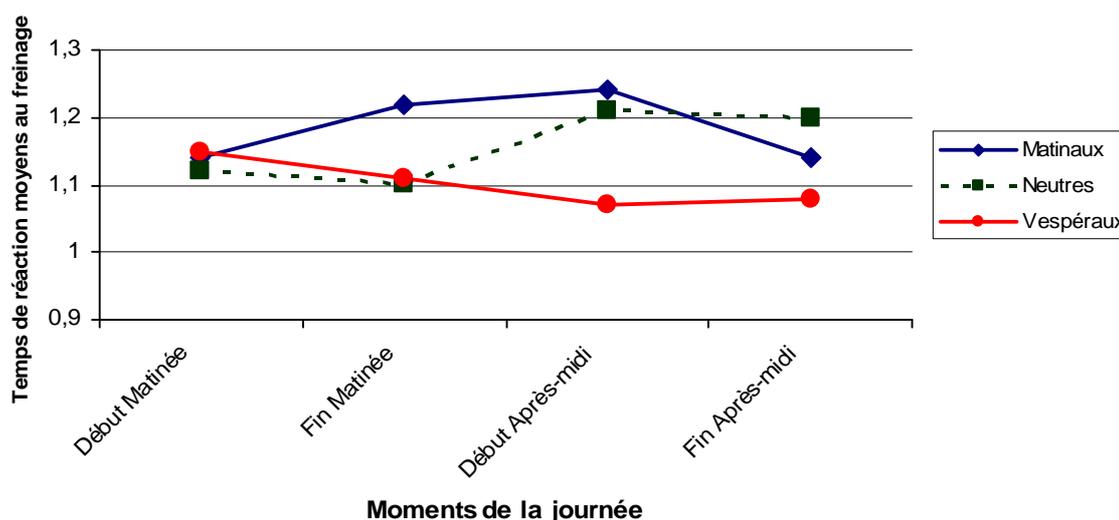


Figure 17. Profils des temps de réaction moyens (jeunes+adultes+âgés) des matinaux, des neutres et des vespéraux

Les profils journaliers des matinaux, des neutres et des vespéraux sont statiquement comparables. (DM : [$F(1,81)=0.06$, ns] ; FM : [$F(1,81)=1.05$, ns] ; DAM : [$F(1,81)=1.02$, ns] ; FAM : [$F(1,81)=0.60$, ns] (figure 17).

b. Profils journaliers des matinaux, des neutres et des vespéraux selon la tranche d'âge

Selon la tranche d'âge, les temps de réaction au freinage des jeunes et des âgés ne sont pas influencés par le moment de la journée (Tableau 21).

Tableau 21. Variations journalières des temps de réaction moyens au freinage selon la typologie et la tranche d'âge

Tranche d'âge	Typologie	DM à FM	FM à DAM	DAM à FAM
Jeunes	Neutres	F = 2.62 ; ns	F = 0.60; ns	F = 0.44; ns
	Vespéraux	F = 0.41; ns	F = 0.52; ns	F = 0.18; ns
	Matinaux	F = 2.17; ns	F = 1.41; ns	F = 0.008; ns
Adultes	Neutres	F = 0.63 ns	F = 0.24; ns	F = 0.1; ns
	Vespéraux	F = 0.05; ns	F = 0.25; ns	F = 2.73; ns
	Matinaux	F = 0.10; ns	F = 4.81*	F = 1.61; ns
Agés	Neutres	F = 0.36; ns	F = 0.03; ns	F = 1.41; ns
	Vespéraux	F = 0.40; ns	F = 0.17; ns	F = 0.003; ns
	Matinaux	F = 0.81; ns	F = 1.67; ns	F = 0.1; ns

* $p < .03$ ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 75

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

Seuls les temps de réaction des adultes matinaux fluctuent au cours de la journée : d'abord stables entre le début et la fin de matinée (DM/FM : [F(1,75)=0.10, ns]), les temps de réaction augmentent jusqu'en fin d'après-midi (FM/DAM : [F (1,75) =4.81, $p < .03$], puis restent stables jusqu'en début d'après-midi (DAM/FAM : [F (1,75) =1.61, ns]) (figure 18).

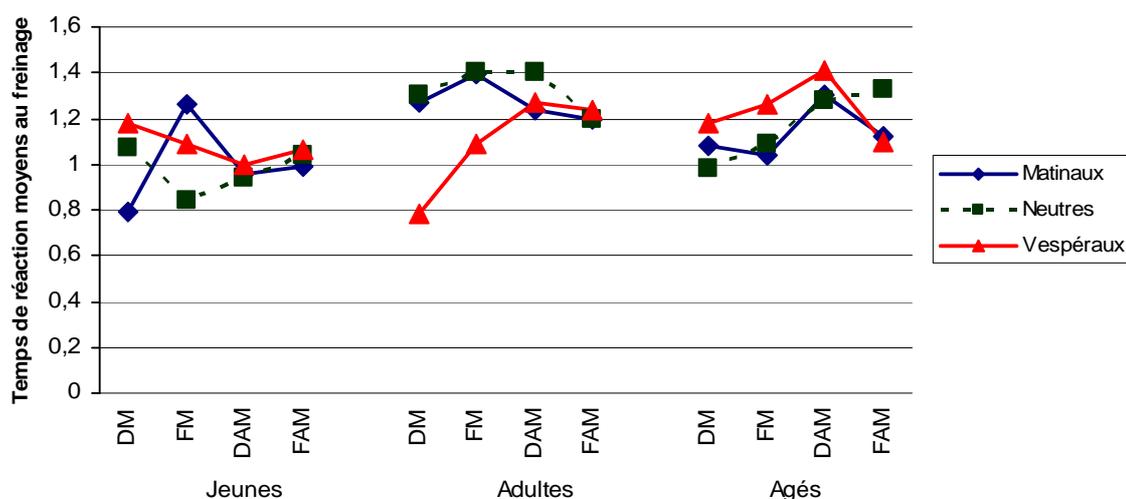


Figure 18. Profils des temps de réaction moyens des matinaux, des neutres et des vespéraux selon l'âge

c. Comparaison des temps de réaction moyens des matinaux, des neutres et des vespéraux

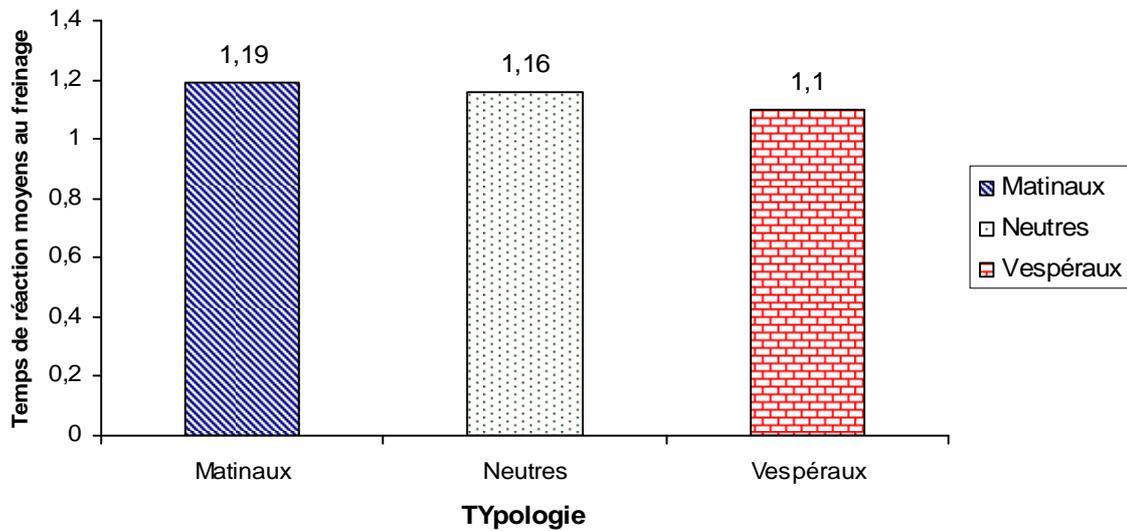


Figure 19. Temps de réaction moyens (DM+FM+DAM+FAM) des Matinaux, vespéraux et des neutres

En regroupant les types de participants sans tenir compte des tranches d'âges (J+Ad+Ag), l'analyse de variance n'indique pas de différence significative entre les temps de réaction moyens des matinaux, des neutres et des vespéraux (Figure 20) [$F(2,82)=0.72, ns$]. Les temps de réaction sont statiquement comparables. Il n'apparaît pas non plus de différence entre les trois groupes, quel que soit le moment de la journée [$F(2,75)=0.07, ns$].

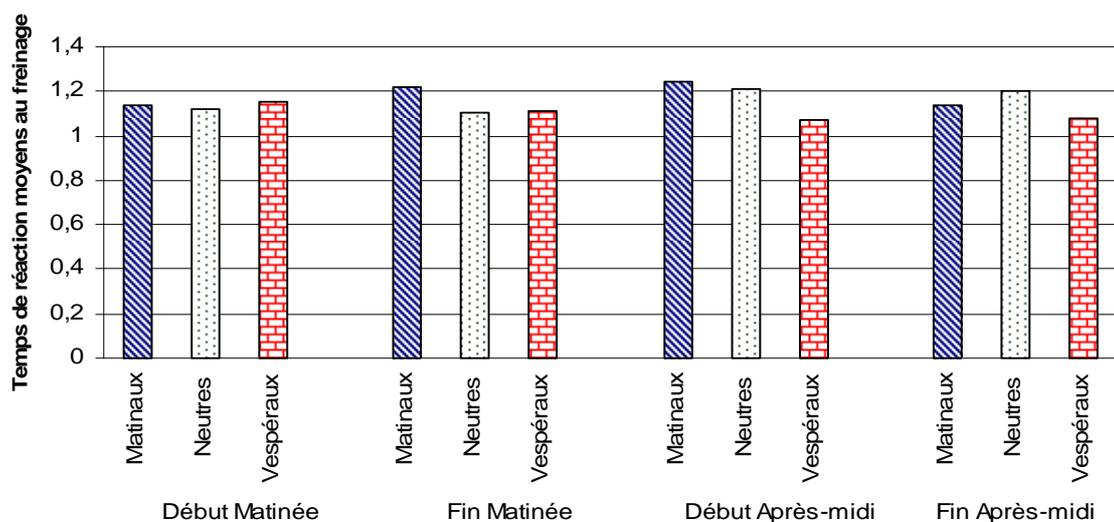


Figure 20. Temps de réaction moyens (jeunes+adultes+âgés) des matinaux, des neutres et des vespéraux selon les moments de la journée

Une comparaison intergroupes montre que, quel que soit le moment de la journée, les temps de réaction des matinaux ne se distinguent pas significativement de ceux des vespéraux (Tableau 22).

Tableau 22. Comparaison des temps de réaction moyens au freinage selon la tranche d'âge

		DM	FM	DAM	FAM
Jeunes	V/M	F = 2.34 ; ns	F = 0.73; ns	F = 0.03; ns	F = 0.10; ns
Adultes	V/M	F = 0.11 ; ns	F = 0.84; ns	F = 0.16; ns	F = 0.006; ns
Agés	V/M	F = 1.49 ; ns	F = 0.84; ns	F = 0.005; ns	F = 0.01; ns

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 75

DM : début de matinée ; FM : fin de matinée ; DAM : début d'après-midi ; FAM : fin d'après-midi

V : vespéraux ; M : Matinaux

3.3.3. Fluctuations des performances de conduite selon le sexe

a. Profils journaliers des performances journalières moyennes des hommes et des femmes

Lorsque nous prenons en compte le sexe, nous remarquons que l'effet de l'interaction sexe et moment de la journée n'est pas significatif [$F(3,76)=0.41, ns$] ; ce qui montre, toutes tranches d'âges confondues (J+Ad+Ag), que les temps de réaction ne varient pas significativement selon le sexe au cours de la journée (DM/FM : [$F(1,78)=2.02, ns$] ; FM/DAM : [$F(1,78)=0.02, ns$] ; DAM/FAM : [$F(1,78)=2.61, ns$] (figure 21).

L'effet de l'interaction sexe, tranche d'âge et moment de passation n'est pas significatif non plus [$F(1,78)=0.11, ns$] : quelle que soit la tranche d'âge, les profils journaliers des temps de réaction des hommes et des femmes (jeunes, adultes ou âgés) ne présentent aucune différence significative (DM: [$F(1,78)=1.15, ns$] ; FM: [$F(1,78)=0.76, ns$] ; DAM: [$F(1,78)=0.88, ns$] ; FAM: [$F(1,78)=1.63, ns$] (figure 20).

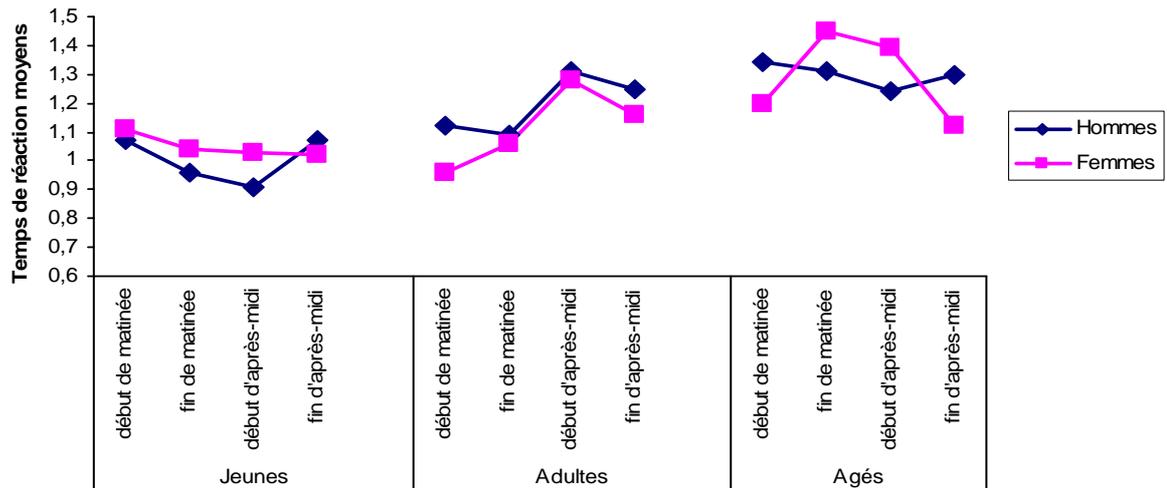


Figure 21. Profils des temps de réaction moyens des jeunes hommes/femmes, adultes hommes/femmes et âgés hommes/femmes

En somme, les temps de réaction des femmes et des hommes évoluent sensiblement de la même manière.

b. Comparaison des temps de réaction moyens au freinage des hommes et des femmes

La comparaison des temps de réaction moyens journaliers des hommes et des femmes n'indique aucune différence significative [$F(1,82)=0.11$, *ns*]. Les temps de réaction ne diffèrent pas selon le sexe.

Par ailleurs, les jeunes femmes et les jeunes hommes, tous moments de passation confondus, ont les mêmes temps de réaction moyens [$F(2,78)=0.36$, *ns*]. Idem d'une part, pour les femmes adultes et hommes adultes [$F(2,78)=1.11$, *ns*] et, d'autre part, pour les femmes et hommes âgés [$F(2,78)=0.11$, *ns*] (figure 22).

En revanche, nous avons trouvé des différences significatives entre les différentes tranches d'âge quand nous procédons à une comparaison intragroupe des temps moyens de réaction, selon le sexe (les femmes entre elles et les hommes entre eux) (Tableau 23).

Tableau 23. Comparaison des temps de réaction moyens selon le sexe et la tranche d'âge

	J/Ag	J/Ad	Ad/Ag
Hommes	$F = 14.54$; $p < .00003$	$F = 6.14$; $p < .02$	$F = 1.78$; <i>ns</i>
Femmes	$F = 9.66$; $p < .003$	$F = 0.68$; <i>ns</i>	$F = 5.21$; $p < .03$

ddl de l'effet : 1 ; ddl de l'erreur : 78
J : Jeunes ; Ad : Adultes ; Ag : Agés

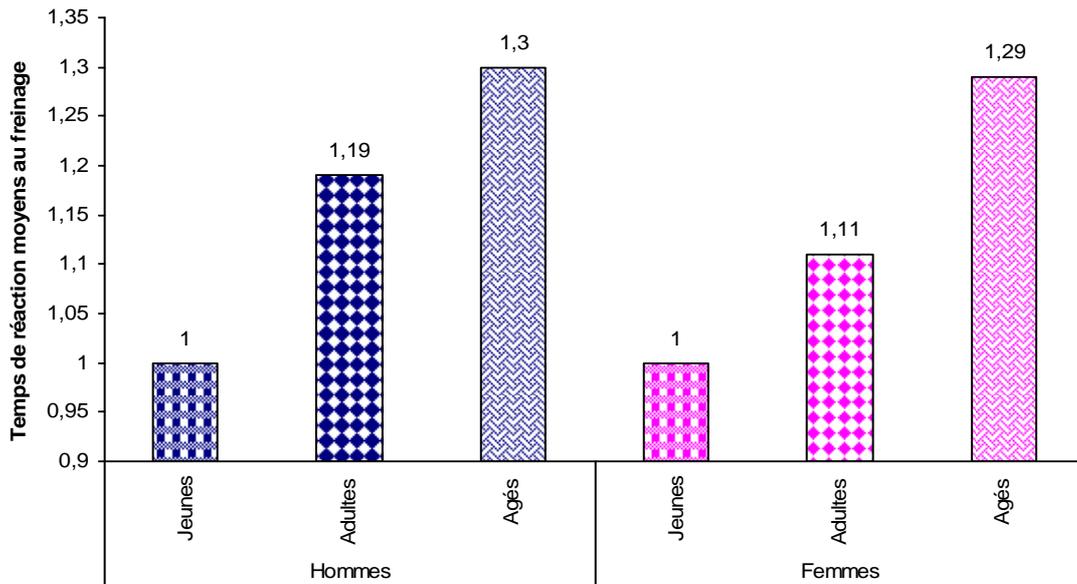


Figure 22. Comparaison intra et intergroupes des temps de réaction moyens journaliers (DM+FM+DAM+FAM) des Jeunes, des Adultes et des Agés selon le sexe

Concernant les femmes, l'effet de l'interaction tranche d'âge-sexe montre un effet significatif de l'âge sur les temps de réaction moyens : les personnes âgées freinent moins rapidement que les jeunes et les adultes : Ag/J [F(2,78)=9.66, $p < .01$], Ag/Ad [F(2,78)=5.21, $p < .05$]. Il n'existe pas de différence significative entre les temps de réaction des jeunes et des adultes [F(2,78)=0.68, *ns*]. En ce qui concerne les hommes, la comparaison planifiée entre les différentes tranches d'âge montre également un effet significatif de l'âge sur les temps de réaction moyens : les adultes semblent avoir les mêmes temps de réaction moyen que les âgés (Ad/Ag [F(2,78)=1.78, *ns*]). Les jeunes sont les plus enclins à freiner rapidement : J/Ad [F(2,78)=6.14, $p < .05$], J/Ag [F(2,78)=14.54, $p < .001$].

3.4. Discussion

L'objectif principal de notre étude était d'étudier l'effet du moment de la journée sur les performances de conduite selon l'âge et la typologie, à travers le temps de réaction au freinage. Deux hypothèses ont été posées.

La première hypothèse suggérait que les profils journaliers des temps de réaction moyens au freinage des conducteurs âgés, du fait de leur longue pratique de la conduite, pourraient être moins dépendants des variations liées au temps. Les données recueillies confirment partiellement cette hypothèse. Les profils journaliers des temps de réaction moyens au freinage des jeunes et des âgés sont comparables : stabilité au cours de la journée. Nos résultats s'accordent avec ceux de Testu (1989) qui a mis en évidence, dans des épreuves de détection visuelle, une forte similitude chez les jeunes et les âgés dans l'évolution journalière de leur rapidité de détection, contrairement à ce que l'on aurait pu supposer. Confrontés à une situation (freinage d'urgence) qui implique un processus de traitement automatique, les jeunes auraient abandonné leur mode de traitement dominant (processus contrôlé) au détriment du processus automatique (mode de traitement moins sensible aux variations temporelles et dominant chez les personnes âgées). En revanche, cette hypothèse, vérifiée pour les jeunes et les âgés, ne l'est pas pour les adultes qui connaissent une augmentation de leurs temps de réaction entre la fin de matinée et le début d'après-midi. Ce qui fait penser à une réaction postprandiale, or ce creux n'est pas constaté chez les deux autres groupes de participants. Le moins qu'on puisse dire, c'est que ce profil a tendance à ressembler à ceux que nous avons souvent observés dans d'autres études pour des tâches plus complexes qu'un temps de réaction. On peut supposer ici que les sujets ont essayé de concilier vitesse et exactitude.

Toujours dans ce même ordre de préoccupation qui cherche à montrer l'influence de l'âge sur les performances de conduite, nous avons tenté de vérifier si les temps de réaction moyens au freinage diffèrent selon l'âge. Nous validons cette hypothèse. Nos résultats indiquent une variation significative du temps de réaction au freinage selon l'âge. En effet, les jeunes mettent moins de temps pour freiner que les personnes âgées. Ce résultat vient conforter ceux déjà relevés chez des auteurs (Lauwereys, 1995 ; Makishita et Matsunaga, 2008 ; Sumida, Suzuki, Makishita, Matsunaga, 2004) dont les travaux ont porté sur les mêmes tranches d'âge que les nôtres. Ainsi, l'aptitude à la conduite décline avec l'âge, déclin lié à la diminution des performances motrices : le trajet parcouru par l'influx nerveux provoque un réflexe ; cette faculté tend globalement à diminuer avec les années, tout d'abord, parce que la vascularisation devient moins performante au niveau de la commande du système nerveux, mais aussi à cause de la baisse d'activité des muscles lors des mouvements (Hamsher et Bentone, 1977 ; Oyama, 1985). Toutefois, cet effet différentiel de l'âge ne se constate que dans la matinée et au début de l'après-midi,

contrairement à la fin d'après-midi où aucune différence significative n'est constatée entre les trois groupes. Pour (Testu, op. cite), ce profil, qui indique une diminution de la performance, correspond tout à fait à celui mis en évidence par Akerstedt et Fröberg (1976) pour une épreuve de vigilance. Aussi, le vieillissement s'accompagne de perturbations chronobiologiques caractérisées par des modifications des rythmes circadiens associées à une réduction de la qualité du sommeil (Goldenberg, 1991) ; ce qui a des répercussions notables sur la vigilance diurne et peut affecter les performances de conduite.

Notre seconde hypothèse, concernant l'effet de la typologie sur les performances de conduite, n'est pas vérifiée. Les profils journaliers des temps de réaction des matinaux, des neutres et des vespéraux sont statiquement comparables dans la matinée tout comme dans l'après-midi. Ce résultat contredit les résultats des études de Patkai (1970) portant sur de simples détections de stimuli visuels. Cependant le creux postprandial des performances de conduite (augmentation des temps de réaction entre la fin de matinée et le début d'après-midi) mis en évidence chez nos participants adultes matinaux pourrait être considéré comme un résultat intéressant, en ce sens qu'il rappelle celui trouvé par Horne et coll. (1980) chez des participants matinaux plus jeunes (18-30 ans).

Par ailleurs, les temps de réaction des matinaux ne se distinguent pas significativement de ceux des vespéraux, et ce quel que soit le moment de la journée. La prise en compte des sujets dits modérés (matinaux et vespéraux) a sans doute contribué à masquer ces différences ; rappelons que le questionnaire de typologie de Horne et d'Östberg (1977) nous avait permis d'identifier cinq types de participants : « tout à fait du matin », « du matin modéré », « d'aucun type particulier », « du soir modéré » et « tout à fait du soir ». Enfin, bien que nos tests (freinages d'urgence) implique la rapidité, nous n'avons pas observé une supériorité de performances chez les vespéraux qui, selon Caston (1993) et Bruni (1995), sont plus efficaces en termes de rapidité dans l'exécution de la tâche, contrairement aux matinaux qui sont plus efficaces en termes de précision.

En ce qui concerne l'influence du sexe que nous avons tenu à vérifier en dépit de la rareté des études qui se soient intéressées à cette variable, aucune différence significative n'a été constatée entre les hommes et les femmes. Les temps de réaction des femmes et des hommes évoluent de la même manière. La comparaison intragroupe (au sein de chaque

sexe, selon l'âge) montrant un effet vient consolider et confirmer l'influence de l'âge sur les performances de conduite.

Pour conclure, cette étude nous a permis de mettre en évidence l'effet différentiel du vieillissement sur les performances de conduite. Le moment de la journée a également une incidence sur ces performances. Cependant, la stabilité des temps de réaction observée chez les jeunes et les adultes, au cours de la journée, ne permet pas de confirmer pleinement cette influence. Il ne faut cependant pas à ignorer la réaction postprandiale des adultes, plus précisément des adultes matinaux.

Chapitre 7

ETUDE DES PROFILS JOURNALIERS D'ACCIDENTS DE LA ROUTE SELON L'AGE ET LE SEXE

Ce chapitre est consacré à l'analyse statistique des répartitions et des variations journalières des accidents de la route selon le sexe et l'âge (jeunes : 20-29 ans ; adultes : 30-59 ans ; âgés : plus de 60 ans). Cette analyse se fonde sur les grandes données de l'accidentologie (au 1^{er} janvier 2007) ou sur des études antérieures (travaux prospectifs à l'aide de techniques de recueil des connaissances). A partir de ces bases de données, nous nous proposons d'étudier les risques d'être gravement blessé ou d'être tué, puis de dégager des profils journaliers d'accidents. Nous nous référerons à ces résultats pour établir si les «pics» d'accidents correspondent aux «creux» des performances attentionnelles et/ou à ceux des performances de conduite (indiquées par les temps de réaction au freinage).

1. Méthodologie commune aux études accidentologiques

1.1. Les sources statistiques

Les statistiques sont presque toutes d'origine administrative. Il existe d'autres sources, notamment chez les assureurs et les constructeurs automobiles, mais qui ne font pas l'objet d'un regroupement ni de publications accessibles, chacune des professions concernées invoquant le secret professionnel.

L'analyse statistique, de façon générale, se fonde sur des fichiers d'accidents parmi lesquels on distingue :

- Les « études détaillées d'accidents » (EDA) sont des études de cas très poussées effectuées sur des accidents « encore en l'état » par une équipe d'astreinte.
- Les « enquêtes REAGIR » portant en principe sur tous les accidents mortels, faisant l'objet d'un examen approfondi, dans un délai court, par un groupe pluridisciplinaire.

- Le « fichier des procès-verbaux au 1/50 » élaboré par l'Institut national de recherches sur les transports et leur sécurité (INRETS).
- La « base de données sur les causes médicales de décès (BCMD) » publiant des statistiques générales de mortalité par zones (départements, région, France entière);
- Les « bulletins d'analyse d'accidents corporels de la circulation », dits BAAC incombant aux forces de police.

Comme on le constate, les fichiers d'accidents sont nombreux. Cependant, très peu sont utilisables pour des analyses statistiques. Ainsi par exemple, les « enquêtes REAGIR » sont riches d'enseignements potentiels mais ne font pas l'objet d'une utilisation au niveau national, du fait du taux de sondage faible (des accidents mortels) et très variable selon le type d'accidents (Grange, 1996). Il en est de même pour l'EDA dont le très petit nombre de cas recueilli interdit toute approche statistique. En ce sens, les données de ces deux fichiers diffèrent de celles du BCMD, publiant des statistiques générales de mortalité par zones (départements, région, France entière). En effet, ces dernières, bien que portant sur des données de mortalité à un niveau détaillé, présentent un intérêt réduit car c'est le lieu de résidence qui est pris en compte et non le lieu de l'accident ou du décès.

Seules les données des « bulletins d'analyse des accidents de la route » (BAAC) prennent en compte à la fois plusieurs facteurs, notamment les « facteurs de risques », les variations de type calendaire du trafic et de sa composition, les aléas météorologiques, les variations saisonnières, etc. D'ailleurs, l'élaboration des statistiques nationales par l'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière (ONISR) se fonde sur les BAAC. Il convient de rappeler que l'ONISR collecte, analyse et diffuse des données statistiques nationales et internationales se rapportant à la sécurité routière et publie les résultats de ses études sous la forme d'un bilan annuel. Ce bilan présente les grandes données de l'accidentologie, et les résultats détaillés par catégories d'usagers, par classes d'âge, par catégories de réseaux, complétés par diverses autres analyses conjoncturelles (types d'accidents, types d'obstacles...). Il étudie également le comportement des usagers, l'exposition au risque, son contrôle et les sanctions appliquées.

Ainsi, nous nous sommes référés, dans le cadre de notre travail, au fichier de l'ONISR portant sur le bilan annuel des accidents de la route au 1^{er} janvier 2007 : ces données sont issues d'analyses qui tiennent compte de la variabilité probabiliste. Autrement dit, des données agrégées sont fournies, avec des analyses (répétitives d'une

année à une autre) sur les pourcentages de répartition selon les heures, jours, mois, etc. Ainsi à partir des traitements provenant de tableaux prédéterminés utilisés depuis plusieurs années, on établit le bilan des accidents. Ces bilans peuvent être d'ordre départemental, régional ou national. Pour une question d'exhaustivité, nous avons opté pour le fichier portant sur les analyses au niveau national, la dispersion entre les départements ou entre les régions en France montrant des écarts irréductibles à des variations probabilistes (Orselli, 2003).

1.2. Les données : nombre de tués et de blessés

Depuis le 1er janvier 2005, afin de comparer ses résultats à ceux de ses voisins européens, la France a adopté la définition internationale du « tué » à trente jours et du blessé hospitalisé. C'est ainsi que sont désormais comptabilisées les personnes décédées sur le coup ou dans les trente jours qui suivent l'accident, contre six jours auparavant. De même, on ne parle plus de blessés graves (au moins six jours d'hospitalisation) mais de blessés hospitalisés (dont l'état a nécessité au moins 24 heures d'hospitalisation). De ce fait, les victimes d'accidents ont été réparties en deux groupes :

- Les tués à trente jours ;
- les blessés.

Des difficultés apparaissent dans l'application de la définition de la notion de « blessés hospitalisés » et de « blessés non hospitalisés » : plus de la moitié des victimes considérées comme « blessés hospitalisés » par les Forces de l'ordre ne présentent pas de blessures le justifiant; au surplus, de nombreux défauts apparaissent dans le recensement des « blessés non hospitalisés » (Laumon, 2002 ; Laumon et Chapuis, 2001). Du fait de ces biais, nous avons choisi de regrouper ces deux catégories de victimes en une seule : les blessés.

1.3. Représentation des données

De façon générale, pour une bonne représentation de la répartition des accidents, les analyses se fondent sur l'ensemble des trois indicateurs d'accidents suivants :

- **Indicateurs de pourcentage**

- nombre d'accidents ou victimes par an divisé par la population
- nombre d'accidents ou victimes divisé par le seul trafic automobile : le trafic est peu utilisé comme « indicateur d'exposition au risque ». cette non-utilisation est « théorisée » en posant que le trafic est une variable exogène sans intérêt pour l'analyse des variations du niveau de l'insécurité, par exemple pour le nombre de tués/an.
- **Indice de gravité :** « L'indice de gravité » est calculé en rapportant le nombre des accidents mortels à l'ensemble des accidents corporels (nombre d'accidents mortels divisé par nombre d'accidents corporels) ;
- **indice de sécurité globale :** « L'indice de sécurité globale » résulte de la division du nombre de tués par le trafic motorisé. Par exemple les indices de sécurité propres à chaque type d'usagers résultent de la division du nombre de tués par le trafic comme exposition au risque spécifique.

Le ratio « nombre d'accidents ou victimes divisés par la population » est le plus souvent utilisé lorsqu'on s'intéresse à une catégorie particulière, définie par âge et/ou sexe, par type d'usagers, par heure ou jour, par type de voie, etc.). « L'indice de gravité » est également très utilisé dans l'analyse des accidents de la route. De ce fait, nous avons eu recours à ces deux types d'indicateurs dans notre analyse ; analyse portant sur les données accidentologiques selon l'âge, le sexe et les moments de la journée.

2. Analyse statistique des accidents de la route en fonction de l'âge et du sexe des conducteurs

2.1. Position du problème

La tâche de conduite est soumise à un grand nombre de facteurs mal connus dont il serait illusoire de vouloir dresser une liste exhaustive. Une approche globale du système Conducteur-Véhicule-Environnement serait donc nécessaire : considérer l'ensemble que constituent le véhicule qui roule, le conducteur qui le pilote et l'environnement (la chaussée et ses abords, les obstacles fixes et aussi les véhicules et les piétons qui circulent

à proximité). Toutefois, l'objectif de notre étude étant d'étudier l'effet du moment de la journée sur les accidents selon l'âge et le sexe des conducteurs, nous nous limiterons aux causes essentiellement liées à l'état du conducteur ; celui-ci étant l'élément central sur lequel toute la conduite du véhicule repose (Vaugeois, 1995). De son état physique et/ou psychique dépend la réussite ou l'échec de l'accomplissement de cette tâche.

Les causes d'accidents liées à l'état du conducteur sont diverses. En dehors des causes apparentes et immédiates (excès de vitesse, consommation d'alcool, non-respect des règles de conduite...), il en existe d'autres telles que l'âge, le sexe, la perte ou la baisse de la vigilance ou de l'attention... On a très souvent démontré que la fréquence moyenne des accidents varie nettement avec l'âge des conducteurs. Cette fréquence est maximale chez les plus jeunes, selon Testu (1989), qui s'était appuyé sur des données statistiques afin de dégager des profils journaliers d'accidents en fonction de l'âge. Bien que ce résultat ait été confirmé dans d'autres travaux, notamment ceux d'Evans (1988 ; 2000), aux Etats-Unis, on pense plutôt que les jeunes ne seraient pas davantage victimes et/ou responsables d'accidents que les personnes âgées. Or, analysant la fréquence d'accidents au niveau de trois groupes d'âge (jeunes, adultes et âgés), Dussault (2000) trouve que la fréquence d'accidents est maximale chez les jeunes ; elle diminue et se stabilise entre 30 et 60 ans, puis elle s'élève pour atteindre chez les plus âgés un niveau voisin de celui qu'on observe chez les jeunes. On a même constaté dans les groupes d'âge extrêmes une fréquence double de ce qu'elle est aux âges moyens (Ryan et coll., 1998). Ainsi, les jeunes et les personnes âgées seraient les plus enclins aux accidents.

La fréquence élevée des accidents chez les jeunes s'explique par deux sortes de facteurs : ceux qui viennent de l'inexpérience de la conduite et ceux qui dépendent des caractéristiques propres à la jeunesse. L'une de ces caractéristiques est la prise de risque au volant (Adès et Lejoyeux, 2004 ; Assailly, 2001 ; Liu, 1998 ; McGwin et Brown, 1999). Cette prise de risque résulterait plus d'une prise de risque volontaire que d'un déficit de compétence de la conduite. Pour d'Adès et Lejoyeux (2004), il est nécessaire de prendre en compte le « jeu délibéré avec la mort ou avec le danger au volant », dans l'explication des accidents de la circulation chez les jeunes ; jeu consistant, en effet, à se livrer à des « cascades », à jouer avec la possibilité d'un accident mortel à griller le feu rouge, ou encore à conduire à contresens sur l'autoroute. Ce jeu délibéré avec le danger, selon les auteurs, représente la forme extrême, bien qu'exceptionnelle, des conduites automobiles à

risques chez les jeunes. Certaines pratiques dangereuses consistent aussi à imiter des scènes de cinéma. Le jeu du « *chicken* », avatar moderne des défis de James Dean dans « *La Fureur de vivre* », en donne une bonne illustration. Selon Hartzler (2003), ce jeu consiste à rouler à moto ou en voiture, en sens inverse face à face jusqu'à ce que le dégonflé, le « *chicken* », cède in extremis en déboîtant. Le conducteur détourne ainsi la fonction initiale du véhicule par une utilisation ludique de celui-ci : la prise de risque est alors active et délibérée.

A côté de ces actes délibérés, certaines pratiques susceptibles d'augmenter le risque d'accidents ont été également soulignées. Ce sont entre autres la vitesse excessive, le non-respect de la distance inter-véhiculaire, le changement de direction sans précaution, le changement irrégulier de file, l'inobservation de la priorité à droite, l'alcool, les drogues illicites... (Assailly, 2001 ; McKnight & McKnight, 2000). Outre de ces pratiques, certaines études statistiques indiquent que les jeunes conducteurs (moins de trente ans) sont à l'origine de deux tiers des accidents consécutifs à la somnolence au volant Prévot et Leger (2000) : ces jeunes sont, en effet, plus exposés à la somnolence du fait de la perturbation circadienne de leur profil de sommeil et de leur style de vie particulier (activités nocturnes) (Carskadon, 1990 ; Pack et coll., 1995).

D'autres recherches portant sur les conduites à risque, notamment celles McGwin et Brown (1999), de Clarke, Ward et Truman (2003), révèlent non seulement que les jeunes conducteurs sont plus enclins au risque routier mais que ceux-ci sont, le plus souvent, victimes d'un manque d'expérience. Ce qui a justifié, à n'en pas douter, la subdivision de cette catégorie d'âge par Knipling et Wan (1994 ; 1995) en deux groupes de risque : ceux, inexpérimentés et ivres qui conduisent seuls, et ceux qui roulent tard la nuit après une ingestion d'alcool.

Il y a donc un consensus pour reconnaître un sur-risque du conducteur jeune. La plupart des modèles qui tentent d'expliquer ces conduites à risques s'inscrivent généralement dans une dynamique développementale de l'adolescence. Pour certains auteurs, l'on a tendance, à cette période de la vie, à chercher à dépasser les limites parentales en transgressant les règles par des conduites à risques, à tester ses capacités à contrôler son comportement et son environnement. Ainsi, pour Assailly (1997), la conduite serait pour le jeune conducteur une situation d'expérimentation, soit pour s'émanciper de la passivité qu'il a connue dans son enfance, soit pour rompre avec un fonctionnement

antérieur correspondant aux valeurs familiales. On pourrait donc inscrire ce comportement de prise de risque dans une logique de conquête d'acquisition, d'indépendance et d'individualisation, inhérente à l'adolescence. Dans une autre étude, le même auteur (Assailly, 1990) pense, tout comme Zuckerman et Kulman (2000), que cette période de la vie correspondrait aussi au moment où l'on a tendance à accepter les risques, à les rechercher même, en ce sens où le danger procure le plaisir et apporte un bénéfice au niveau de la sensation. Certains comportements dangereux sur la route (une vitesse excessive, par exemple) détiendraient des propriétés stimulantes. Dans le même ordre d'idées, Jeammet (1994) considère que cette recherche volontaire de sensations fortes serait inhérente à des phénomènes physiologiques. En effet, les tensions psychiques et les frustrations liées aux bouleversements corporels et hormonaux de la puberté sont si fortes qu'elles peuvent s'exprimer de manière brutale et incontrôlée. Le jeune conducteur extérioriserait ses tensions par des moyens comportementaux : la conduite, notamment. En clair, la conduite à risque est vue, chez le jeune, comme liée à une structuration de la personnalité et d'une restructuration psychobiologique : les comportements à risques auraient ici une fonction de rééquilibrage de la vie psychique bouleversée par l'intensification pulsionnelle propre à cette période.

Au delà de cet aspect psychobiologique, la perception du danger pourrait être aussi une explication des comportements à risque au volant, chez les jeunes. En effet, il existe certaines preuves donnant à penser qu'il y aurait un lien important entre les accidents de la route et la perception des risques, en l'occurrence une sous-estimation des risques encourus. Ainsi par exemple, les jeunes conducteurs interrogés, dans une étude menée en 1999 par le CREDOC (Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de vie), auraient tendance à situer les limites à partir desquelles commence le danger sur la route bien au-delà des normes légales. Un jeune sur quatre pense par exemple que le danger sur autoroute ne commence qu'au-delà de 150 km/h, et celui sur la route qu'après avoir consommé quatre verres d'alcool. Pour Codol (1975), ce fait pourrait s'expliquer par le fait que les jeunes seraient animés d'un besoin de toute-puissance qui peut les amener à un déni du risque. Ils se perçoivent alors comme invulnérables, persuadés de leur maîtrise totale et de leur toute-puissance.

Les jeunes constituent donc une catégorie d'utilisateurs particulièrement touchée par les accidents de la circulation du fait de leur inexpérience et de certaines influences

comportementales liées à la jeunesse. Soulignons qu'il n'est pas facile de distinguer ces deux facteurs car l'expérience de la conduite vient généralement en même temps que l'âge. Cependant, des comparaisons entre des groupes de débutants d'âge différents, ou entre groupes de personnes du même âge mais ayant conduit plus ou moins longtemps, laissent penser que les caractéristiques de l'âge seul ont moins d'influence sur la fréquence des accidents (Lonero, 1998 ; Perez-Diaz, 1997). Par ailleurs, en ce qui concerne le taux d'accidents, l'étude de Chipman et coll. (1992) tendent à montrer des résultats contraires à ceux précédemment mis en évidence. Ces travaux montrent, en effet, que si le temps passé dans la circulation est utilisé comme une mesure de l'exposition au risque, les conducteurs âgés présentent toujours des taux d'accidents plus élevés. Dans ce sens, Fontaine et coll. (1997) prennent comme indicateur de l'exposition au risque la distance parcourue. Leurs sources (enquêtes INSEE) indiquent que les distances annuelles parcourues décroissent en fonction de l'âge, et que les personnes âgées conduisent moins en ville, et plus souvent sur autoroute et sur route de rase campagne. Le risque est défini comme le rapport du nombre d'accidents au nombre de kilomètres parcourus. Le risque relatif ainsi défini, selon les auteurs, est élevé chez les jeunes, décroît chez les conducteurs d'âge «mûr» pour remonter chez les plus âgés. Le risque paraît donc aussi élevé pour les conducteurs âgés lorsqu'on pondère en fonction du kilométrage parcouru mais l'effet de l'âge, selon Chipman et coll. (op. cite) est plus réduit.

Les recherches qui ont porté sur les accidents chez les conducteurs plus âgés semblent conclure, de façon générale, à des taux d'accidents moins élevés. Et pour cause : ces conducteurs conduisent moins que les jeunes et acceptent moins facilement le danger, contrairement aux jeunes ; même s'ils ont quelquefois des attitudes peu tolérantes et une tendance à être trop sûrs de leurs droits. Nombreux sont, par ailleurs, les conducteurs âgés qui prennent des mesures en vue de réduire les risques (reconnaissant ainsi leurs limites) et restreignent ou adaptent leur conduite, par exemple, en évitant de conduire de nuit ou dans des conditions météorologiques difficiles, ou encore en roulant plus lentement (Gallo, Rebok et Lesicar, 1999; Hakamies-Blomqvist, 1996). Dans ce sens, Madre (1997a) pense que la mobilité est nécessaire et indispensable aux personnes âgées, car elle leur garantit une qualité de vie optimale par l'accès à un large éventail d'activités familiales, culturelles, sociales, éducatives et professionnelles. Pour ces personnes, la voiture est devenue un lien social indissociable d'un mode de vie « mobile ». De ce fait, l'auteur considère que les

conducteurs âgés sont des personnes à risque ayant besoin de leur véhicule. Etant conscients de ce risque, ils limitent leurs trajets aux parcours connus, tout en respectant les règles de conduite, se déplacent autant que possible de jour, sur de petites distances. En outre, il existe quelques études qui indiquent que les conducteurs âgés qui sont en bonne santé constituent moins une menace pour autrui (Evans, 2000) et commettent moins d'erreurs dans les épreuves sur routes standardisées, comparativement aux conducteurs jeunes (Carr et coll., 1992). En somme, ces conducteurs conduisent généralement prudemment.

Bien que la conduite des personnes d'âge avancé soit quelque peu associée à une conduite plus sûre et plus prudente, plusieurs études semblent démontrer que lorsqu'ils sont impliqués dans un accident, ces conducteurs ont un risque de létalité plus élevé. Ceci pourrait être, selon Dobbs (1997), la conséquence logique de leur vulnérabilité. On pense, en effet, que les personnes âgées sont davantage susceptibles d'être blessées ou de décéder suite à un accident, et elles se mettent également moins rapidement et moins complètement de leurs blessures que les conducteurs plus jeunes. La lecture attentive de certaines études, portant sur les effets du vieillissement sur l'aptitude à conduire, montre que les difficultés rencontrées en conduisant, chez les conducteurs âgés, sont souvent explicables par un ralentissement des fonctions mentales, motrices et sensorielles, susceptible de nuire à la conduire automobile. En effet, l'âge modifie les capacités visuelles, en particulier l'acuité visuelle à courte distance, l'acuité dynamique, l'acuité mésopique ainsi que la sensibilité au contraste et l'étendue du champ visuel. Ceci est sans nul doute pénalisant pour une lecture rapide et sûre d'une information. Pour bien voir de nuit, un conducteur de 60 ans a besoin de huit fois plus de lumière qu'un conducteur de 20 ans, et la séquence « route – tableau de bord – route) prend environ quatre fois plus de temps qu'à moins de 40 ans. (Evans, 2004). La résistance à l'éblouissement diminue; le délai nécessaire pour avoir une vision nette d'un objet s'allonge et le temps d'adaptation aux conditions de mauvaise visibilité ou de nuit augmente. En ce qui concerne l'audition, la faculté de traiter les informations acoustiques diminue avec l'âge (environ 30% des personnes sont malentendantes à 65 ans) (Henderson et Burg (1973 ; 1974). La distinction de certains sons diminue (bruits du moteur, clignotant, informations sonores venant de l'extérieur, et la localisation de leur origine est plus difficile. Or, même si l'ouïe a un rôle bien moins important pour la conduite que la vision, elle peut néanmoins permettre d'éviter certains accidents (avertissement sonore donné par un autre automobiliste, détection de bruits

anormaux pouvant conduire à une panne...). A cet égard, les altérations physiologiques liées au vieillissement pourraient entraîner une inaptitude relative à la conduite, et par conséquent un taux de risque plus élevé.

Le processus de vieillissement est également associé à une diminution des capacités psychomotrices ainsi qu'à une lenteur du jugement et de la décision (Gonthier, Bouzigues et Bertrand, 1997). Autrement dit, avec l'âge, les réflexes diminuent mais aussi la mémoire et l'attention, avec des difficultés de concentration. Cela se traduit sur la route par une prise de conscience plus tardive des dangers et par des réponses plus lentes en termes de freinage et de prise de décision. D'autre part, un sentiment d'insécurité se fait souvent ressentir face à la vitesse, aux motos, aux vélos et aux camions aux abords des carrefours et des giratoires, au niveau des changements de files (Van der Hulst, Rothengatter et Meijman, 1999).

Par ailleurs, d'autres études donnent à penser que les adultes d'âge avancé, du fait de leur fragilité (baisse de résistance ou baisse de réserve physiologique), peuvent être davantage susceptibles d'avoir des problèmes de santé pouvant diminuer leur aptitude à conduire un véhicule automobile en toute sécurité (Cf. chapitre 6). Des maladies comme l'hypertension artérielle, les troubles du rythme cardiaque, l'Alzheimer dans sa phase précoce non diagnostiquée, peuvent être à l'origine d'accidents (Marin-Lamellet, 2005). De plus, les conducteurs âgés prennent souvent des médicaments pouvant engendrer des effets secondaires (comme l'endormissement, l'augmentation du temps de latence) qui rendent la conduite dangereuse (Maes et coll., 1999 ; Menzin et coll, 2001).

Aux raisons pour lesquelles les conducteurs d'âge avancé sont ciblés en tant que groupe présentant un taux de gravité élevé, il convient naturellement d'ajouter les difficultés d'adaptation aux évolutions de la circulation, car les conditions de circulation changent régulièrement et inéluctablement. De nouvelles réglementations apparaissent, les infrastructures routières se transforment, les véhicules sont plus performants et plus sophistiqués, la circulation automobile s'intensifie, etc. On a aussi constaté chez ces conducteurs des difficultés d'ordre mécanique (embrayage, rétrogradage, freinage, levier de vitesse). Ces problèmes mécaniques absorbent ainsi une grande partie de leur attention (Cox et Cox, 1998). Au surplus, des études ont montré que la conduite devient plus complexe à partir de 65 ans, en ce sens qu'à partir de cet âge, les personnes âgées apprécient moins bien les distances, les vitesses des autres. Ils ont du mal à s'insérer dans le flux de la circulation où la vitesse est devenue trop élevée pour leurs réflexes, et les

accidents aux intersections, aux sorties de stationnement, semblent être particulièrement fréquents (Zhang et coll., 1998).

Bien que le processus de vieillissement soit quelque peu associé à un ralentissement des fonctions mentales, motrices et sensorielles, on ne sait pas dans quelle mesure cela a une incidence sur l'habileté à conduire. D'ailleurs, il convient d'être prudent dans l'interprétation et l'extrapolation de ces études épidémiologiques: comme presque toutes les études sur l'implication accidentelle sont transversales, ce qui semble être un effet de l'âge pourrait en fait être partiellement expliqué par un effet de cohorte : par exemple, les études de Stutts et Martell (1992), de Stamatiadis et Deacon (1995) et de Hakamies-Blomqvist (1999) soulignent que les cohortes des générations passées ont des taux d'accidents peu élevés ; les générations ne vivent pas dans le même environnement routier et social et, par ailleurs, les conducteurs âgés d'aujourd'hui continuent de conduire plus longtemps par rapport aux conducteurs âgés d'autrefois.

Un autre facteur lié à l'état du conducteur et qui pourrait être pris en considération est le sexe. Plusieurs travaux se sont intéressés à l'influence de cette variable sur la conduite automobile (Groeger et Brown, 1989 ; Mc Kenna, 1991 ; Over, 1998). Dans le domaine de la sécurité routière, les professionnels admettent en général qu'il y a des différences entre hommes et femmes dans leurs attitudes et valeurs vis-à-vis de la sécurité routière, et dans leurs comportements dans la circulation. Dans cette optique, Sanchez (1996) a tenté de déterminer, selon le genre et l'âge, pour quelles attitudes et dans quel domaine de préoccupation ces plus grandes différences apparaissent. Pour ce faire, des groupes d'âge et de sexe ont été constitués et soumis à un questionnaire s'articulant autour de trois axes : attitudes et comportements déclarés de prise de risque, attitudes conscientes envers le risque et préoccupations comparées sur les problèmes de société. Concernant le dernier axe, les préoccupations diffèrent entre hommes et femmes par la manière dont ceux-ci les traitent : par exemple, les femmes de moins de 39 ans ne se préoccupent pas du tout des *encombrements de la circulation*, comparativement aux hommes de cette tranche d'âge. En revanche, ces derniers expriment peu ou pas de préoccupation pour les *accidents* par rapport aux femmes de plus de 40 ans et aux hommes de plus de 54 ans. Concernant les attitudes inconscientes envers le risque, les conductrices, comparativement aux conducteurs, sont plus conscientes de l'influence de toutes les variables de la sécurité

routière, notamment les questions de la publicité pour la vitesse, des besoins des piétons et des cyclistes, des effets de certains médicaments sur la route, ainsi que la nécessité de mettre correctement les clignotants avant de tourner. Enfin, les résultats révèlent que les groupes à haut risque ne sont pas les femmes mais plutôt les hommes, particulièrement les plus jeunes (moins de 39 ans) qui conduisent beaucoup plus vite et se soucient peu de leur sécurité.

Une étude américaine dirigée par Dejoy en 1990, soulignant l'influence du sexe sur les différences de perception du risque accidentel, semble corroborer quelque peu ces résultats. Cette étude indique en effet que, plus que les femmes, les hommes surestiment leurs compétences en matière de conduite et auraient tendance à sous-estimer les risques engendrés par certains comportements. L'étude d'Ulleberg (2003), sur 4397 adolescents norvégiens, s'inscrit également dans ce canevas. Cette étude avait montré que les accidents des jeunes femmes ressortent plutôt du registre de l'erreur, et ceux des jeunes hommes de l'infraction. En revanche, une étude de cohorte au Royaume-Uni (Forsyth et coll., 1995) montre que la vitesse excessive serait de loin l'infraction la plus courante tant pour les conducteurs hommes que pour les conductrices. De ce qui précède, on est tenté de préconiser une éducation routière ou une formation initiale (à la conduite) différenciée pour les deux sexes.

Par ailleurs, d'autres travaux, toujours dans le domaine de la sécurité routière, pointent ces différences liées au sexe en matière d'attitudes, d'opinions, de représentations, de valeurs, de styles de vie et de comportements. En effet, la signification et les objectifs de la conduite diffèrent fondamentalement: plaisir pour les hommes, besoin pour les femmes. La sécurité, pour soi et pour autrui, structure plus fortement les psychismes féminins. Le sexe est donc, de loin, la variable la plus déterminante sur la route, plus encore que l'âge.

Comme on le voit, il n'est pas sans intérêt de considérer le sexe comme une variable importante à prendre en compte dans l'étude des facteurs liés aux conducteurs : si l'on considère, les attitudes et les tâches reliées à la conduite automobile, il existe d'autant plus de différence entre hommes et femmes. Ainsi, il importe de vérifier si le sexe a une incidence sur les accidents, même si peu d'études se sont intéressées à l'effet de cette variable sur les fluctuations circadiennes.

En conclusion, il ressort de tout ce qui précède que l'âge et le sexe jouent un rôle important dans la survenue des accidents.

D'une part, la majorité des études visant à rendre compte des effets de l'âge font état d'un lien entre les types d'erreurs conduisant à un accident de la circulation et l'âge du conducteur. Si les jeunes conducteurs présentent des comportements dits «de prise de risque » impliquant par exemple une vitesse excessive ou la consommation d'alcool, les accidents causés par les personnes âgées sont généralement en relation avec des difficultés liées au vieillissement, notamment une baisse d'efficacité de processus perceptivo-cognitifs tels que la vitesse de traitement de l'information ou l'incapacité à partager leur attention entre les stimuli présents. Ainsi pourrait-on s'attendre à ce que la fréquence d'accidents diffère selon l'âge : *les jeunes, du fait de leur style de conduite, seraient plus victimes et impliqués dans les accidents que les personnes âgées. Ces dernières, de par leur fragilité liée au vieillissement, seraient plus victimes d'accidents graves que les jeunes et les adultes.*

D'autre part, les travaux relatifs à l'incidence du sexe révèlent que la signification et les objectifs de la conduite diffèrent selon le sexe. Cela laisse à penser que les accidents ne se répartissent pas de la même manière selon le sexe ; *les hommes, imprudents et ayant tendance à sous-estimer les risques, seraient plus enclins aux accidents, et davantage crédités de responsabilité dans ces cas, que les femmes, plus soucieuses de la sécurité routière (pour elles-mêmes et pour autrui).*

2.2. Analyse statistique des données

L'étude s'est attachée à décrire les accidents survenus en France métropolitaine au 1^{er} janvier 2007. Ces accidents sont répartis selon le sexe et les trois catégories d'âge étudiées : Jeunes (20-29 ans) ; Adultes (30-59 ans) ; Agés (60 ans et plus). Nous avons ensuite regroupé la population en fonction de ces différentes classes (âge et genre) afin de ramener le nombre de blessés et de tués aux effectifs de la classe considérée (Tableau 24).

Tableau 24. Population France métropolitaine au 1er janvier 2007 (en fonction du sexe et de l'âge)

Age	Hommes	%	Femmes	%	Population totale	%
Moins de 20 ans	7 773 986	12.63	7 429 845	12.07	15 203 831	24.70
20 à 29 ans	3 947 681	6.41	3 889 053	6.32	7 836 734	12.73
30 à 59	12 539 661	20.38	12 821 524	20.84	25 361 185	41.22
60 ans ou plus	5 645 838	9.18	7 490 734	12.17	13 136 572	21.35
Totale	29 133 180	48.60	31 631 156	51.40	61 538 322	100

Source : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques (INSEE), Bilan démographique

2.2.1. Analyse des données accidentologiques selon l'âge

a. Répartition des conducteurs victimes d'accidents selon l'âge

L'Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière (ONISR) a enregistré 120 727 victimes d'accidents dont 5 244 tués et 115 483 blessés, au 1^{er} janvier 2007. Les usagers (conducteurs + passagers) sont plus victimes d'accidents que les piétons (106 834 usagers contre 13 893 piétons). Le nombre de piétons victimes d'accidents diffère significativement de celui des usagers ($X^2=9,19$ (ddl=1); $p < .01$, Annexe 6). En ce sens, l'analyse statistique porte uniquement sur les usagers et plus précisément sur les conducteurs. Elle prend en compte tous les conducteurs de véhicules légers (Tableau 25).

Tableau 25. Répartition des conducteurs victimes d'accidents et indice de gravité selon l'âge au 1^{er} janvier 2007

Age	% population France métropolitaine	Blessés	Tués	Total victimes	%	Indice gravité
Jeunes (20- 29ans)	12.73	26 872	1 150	28 022	34.13	0.04
Adultes (30-59 ans)	41.22	40 405	1 763	42 168	51.34	0.04
Agés (+ 60 ans)	21.35	10 875	1 062	11 937	14.53	0.1
Total	75.3	78 152	3 975	82 127	100	

Source : ONISR, fichier des accidents

Les Jeunes conducteurs de 20 à 29 ans victimes d'accidents représentent 6.41% de la population (France métropolitaine), les Adultes de 30-59 ans : 20.38% et les conducteurs âgés de plus de 60 ans, 9.18%.

La figure 23 indique les accidents (corporels et mortels) en fonction de l'âge et de leur indice de gravité. Nous observons un effet significatif de l'âge sur le nombre d'accidents [$X^2=499,26$ (ddl=2); $p < .001$, Annexe 7.1], indiquant que les accidents ne se répartissent pas équitablement selon la tranche d'âge.

Tableau 26. **Comparaison des accidents de la route selon l'âge**

Jeunes/Adultes	Jeunes/Agés	Adultes/Agés
$X^2= 0.26$; ns	$X^2= 367.71$ ***	$X^2= 418.01$ ***
ddl=1	*** $p < .001$	

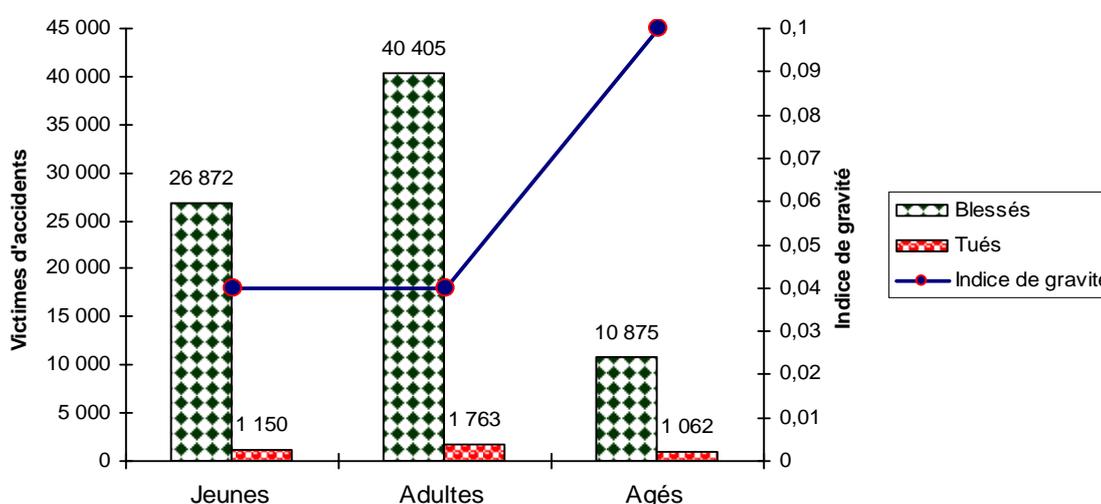


Figure 23. Répartition des conducteurs victimes d'accidents selon l'âge (au 1^{er} janvier 2007)

Le nombre d'accidents chez les jeunes et les adultes se situe au dessus de la moyenne générale. Bien que les adultes soient plus victimes d'accidents que les jeunes, il n'existe pas de différence statistique significative entre ces deux classes d'âge [$X^2=0.26$ (ddl=1); ns, Annexe 7.2]. Les personnes âgées sont moins victimes d'accidents que les jeunes [$X^2=367.71$ (ddl=1); $p < .001$, Annexe 7.3] et les adultes [$X^2=418.01$ (ddl=1); $p < .001$, Annexe 7.4].

Par ailleurs, nous avons calculé l'indice de gravité pour chaque tranche d'âge (Tableau 25). Les résultats indiquent un indice plus élevé (10% contre 5% pour toutes classes d'âge confondues) chez les personnes âgées ; soit 2,5 fois plus important que chez les jeunes et les adultes (qui présentent les mêmes indices : 0.04). Ce qui montre que si les personnes âgées sont peu impliquées dans les accidents, elles sont souvent victimes d'accidents graves.

b. Taux de responsabilité des conducteurs selon l'âge

Il convient de préciser que le terme « responsabilité » ne décrit, ici, qu'une présomption de responsabilité, qui n'a aucun lien avec les condamnations qui pourront être prononcées ensuite. Ce n'est donc pas une approche juridique. Le tableau 27 indique, selon l'âge, la responsabilité des conducteurs impliqués dans des accidents corporels et/ou mortels.

Tableau 27. Taux de responsabilité des conducteurs selon l'âge

	Conducteurs non responsables	%	Conducteurs responsables	%
Jeunes (20-29 ans)	16 309	19.86	11 713	14.26
Adultes (30-59 ans)	25 427	30.96	16 741	20.38
Agés (+ 60 ans)	5 491	6.69	6 446	7.85
Total	47 227	57.51	34 900	42.49

Source : ONISR, fichier des accidents

L'analyse du X^2 montre, toutes tranches d'âge confondues, une faible responsabilité des conducteurs (57.51% de non-responsabilité contre 42.49% du taux de responsabilité) dans les accidents de la route [$X^2=729.34$ (ddl=2); $p < .001$, Annexe 8.1]; indiquant que dans de nombreux cas, il n'est pas possible d'attribuer aux conducteurs l'entière responsabilité de l'accident, parce que de multiples facteurs ont pu intervenir ; comme l'état de la voirie ou un incident mécanique.

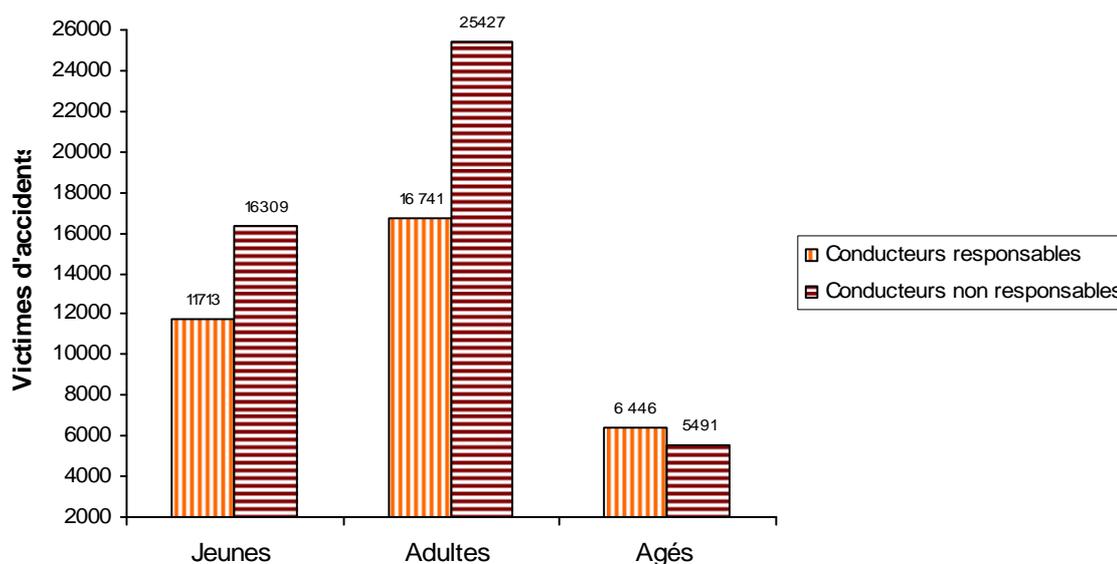


Figure 24. Répartition des conducteurs responsables et des conducteurs non responsables d'accidents selon l'âge (au 1^{er} janvier 2007)

En déclinant par classe d'âge, on peut constater que les adultes présentent un taux de responsabilité plus élevé que les jeunes [$X^2=23.29$ (ddl=1); $p <.001$, Annexe 8.2]. Seulement 14.26% des conducteurs jeunes sont jugés responsables contre 20.38% pour les conducteurs adultes. A contrario, les personnes âgées (7.85%) se distinguent par une faible responsabilité dans les accidents : moins impliqués que les adultes [$X^2=502.59$ (ddl=1); $p <.001$, Annexe 8.3] et les jeunes [$X^2=776.74$ (ddl=1); $p <.001$, Annexe 8.4].

2.2.2. Analyse des données accidentologiques selon le sexe

a. Répartition des conducteurs victimes d'accidents selon le sexe

Les hommes représentent 48.60% de la population (France métropolitaine) contre 51.40% de femmes (tableau 27). Toutefois, même moins nombreux que celles-ci, les conducteurs sont plus souvent victimes d'accidents de la route : le taux de victimes d'accidents des hommes diffère significativement de celui des femmes, avec un taux de 62.54% contre 37.46% pour les femmes [$X^2=298.35$ (ddl=1); $p <.001$, Annexe 9].

Tableau 27. Taux de victimes (conducteurs) et indice de gravité selon le genre

Genre	% Population France métropolitaine au 01/01/07	Blessés	Tués	Total victimes	%	Indice gravité
Hommes	29 359 194	48 359	3000	51 359	62.54	0.06
Femmes	24 201 311	29 793	975	30 768	37.46	0.03
TOTAL	53 560 505	78 152	3 975	82 127	100	

En ce qui concerne l'indice de gravité, les femmes restent les moins exposées avec un indice de 0.03 contre 0.06 pour les hommes : soit un facteur de risque 3 fois plus faible que la moyenne (Figure 25).

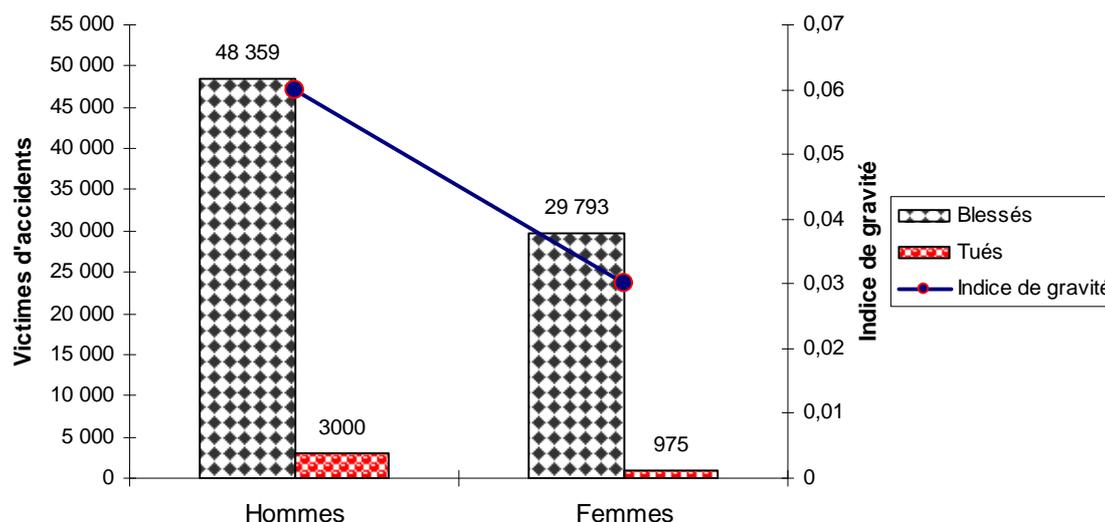


Figure 25. Répartition du nombre de victimes selon le sexe

b. Taux des responsabilités des conducteurs selon le sexe

Nous avons regroupé les victimes d'accidents selon le sexe afin d'étudier l'influence de cette variable sur la responsabilité (Tableau 28).

Tableau 28. Taux de responsabilité des conducteurs selon le sexe

Responsabilité	Conducteurs non responsables		Conducteurs responsables	
		%		%
Hommes	18 048	21.98	33 311	40.56
Femmes	455	0.55	30 313	36.91
Total	18 503	22.53	63 624	77.47

Source : ONISR, fichier des accidents

Selon le sexe, les taux de responsabilité se répartissent différemment [$X^2=12\,491.82$ (ddl=1); $p < .001$, Annexe 10]. On constate une légère sur-responsabilité des conducteurs masculins: 40.56% de conducteurs sont crédités de la responsabilité des accidents, contre 36.91% pour les conductrices (Figure 26). Toutefois, une comparaison intragroupe révèle que celles-ci, prises séparément, voient leur responsabilité engagée dans la plupart de leurs accidents (avec une sur-implication de 36.91% contre 0.55% de non-responsabilité).

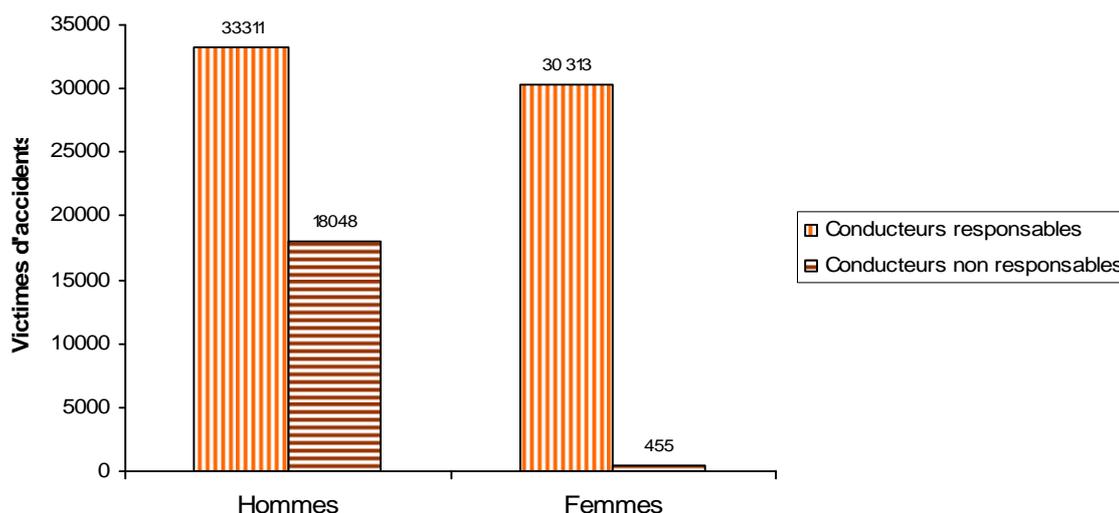


Figure 26. Répartition des conducteurs responsables et des conducteurs non responsables d'accidents selon le sexe (au 1^{er} janvier 2007)

2.2.3. Répartition des victimes d'accidents selon le sexe et la tranche d'âge

Les accidents corporels et mortels des hommes et des femmes, selon la tranche d'âge, sont présentés dans le tableau 29. Les 6 classes d'âge ainsi obtenues sont : les conducteurs jeunes hommes (6.41%) et jeunes femmes (6.32%) ; les conducteurs adultes hommes (20.38%) et adultes femmes (20.84%) ; les conducteurs âgés hommes (9.17%) et âgés femmes (12.17%). L'analyse statistique montre que les accidents se répartissent différemment selon les différentes classes d'âge [$X^2= 945.85$ (ddl=2); $p < .001$, Annexe 11].

Tableau 29. Taux de victimes et indice de gravité selon le genre et l'âge

Age	Genre	Population France métropolitaine au 01/01/07		Blessés	Tués	Total victimes		Indice gravité
			%				%	
Jeunes (20-29 ans)	Hommes	3 947 681	6.41	17 799	972	18 771	22.86	0.05
	Femmes	3 889 053	6.32	9 073	178	9 251	11.26	0.02
Adultes (30-59 ans)	Hommes	12 539 661	20.38	25 389	1 378	26 767	32.59	0.05
	Femmes	12 821 524	20.84	15 016	385	15 401	18.75	0.03
Agés (+ 60 ans)	Hommes	5 645 838	9.17	5 171	650	5 821	7.09	0.13
	Femmes	7 490 734	12.17	5 704	412	6 116	7.45	0.07

Source : ONISR, fichier des accidents

Par classe d'âge, le nombre de tués et de blessés par rapport aux effectifs de la classe considérée montre que le pic d'accidents se situe entre 30 et 59 ans chez les conducteurs adultes (32.59%). et les conducteurs jeunes (22.86%). 18.75% pour les conductrices adultes, et 11.26% pour les conductrices jeunes. Les conducteurs âgés ont les plus faibles taux d'accidents (7.09%) mais sont les plus exposés, avec un indice de gravité 2.17 fois plus fort que la moyenne générale.

Quelle que soit la tranche d'âge, l'indice de gravité est plus élevé chez les hommes que chez les femmes (figure 27). Par ailleurs, une comparaison intragroupe (concernant le sexe) montre une augmentation de cet indice avec l'âge.

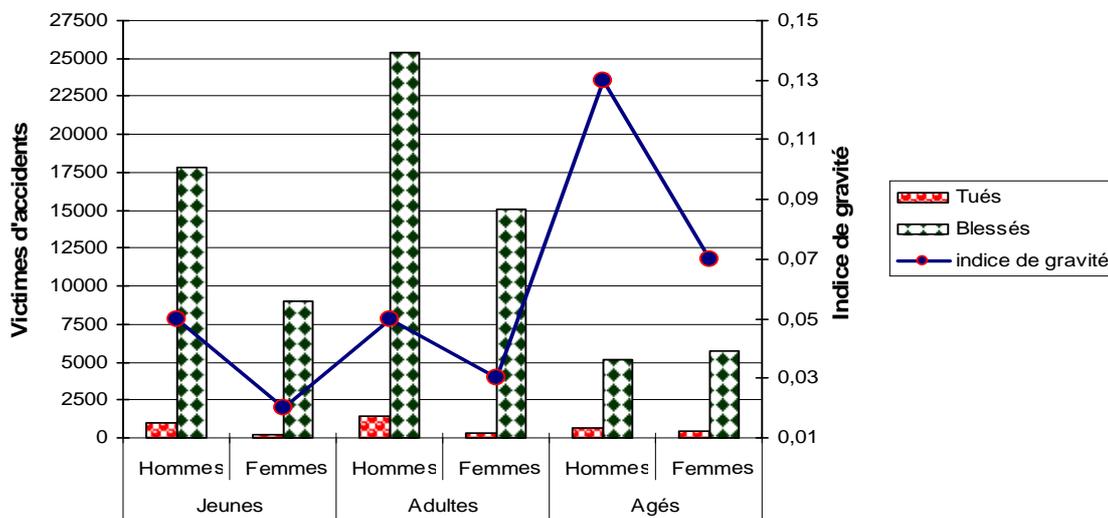


Figure 27. Répartition des conducteurs victimes d'accidents selon le sexe et la tranche d'âge

2.3. Discussion

Notre étude visait à mettre en évidence, à travers une approche quantitative, l'effet différentiel de l'âge, du sexe, du moment de la journée, sur les accidents de la route. Pour ce faire, nous nous sommes référés à des données accidentologiques récentes (Observatoire National Interministériel de Sécurité Routière 2007) pour répartir les accidents en fonction de ces différentes variables. Les indices de gravité et les taux de responsabilité (pour les variables âge et genre) ont été calculés.

L'analyse concernant la répartition des victimes d'accidents selon l'âge montre que le nombre d'accidents chez les jeunes, les adultes et les âgés ne se distribue pas équitablement. En d'autres termes, l'âge a une influence sur les accidents : les conducteurs âgés sont moins fréquemment victimes d'accidents que les jeunes et les adultes. Ce nombre moins élevé d'accidents chez les conducteurs âgés est confirmé par les études de Van der Linden et Meulemans (1995), de Madre (1997a), de Gallo et coll. (1999) selon lesquelles de nombreux conducteurs de plus de 60 ans, face aux changements liés à l'âge, seraient prudents, conduiraient moins fréquemment que les autres conducteurs et adopteraient des stratégies adaptatives (circulation aux heures creuses, adaptation de la vitesse, conduite réduite par mauvais temps). Cela explique sans doute le taux de responsabilité plus faible que nous avons trouvé chez ces conducteurs. Nos résultats sont également conformes à ceux trouvés par Liu (1998), McGwin et Brown (1999), Assailly (1990 ; 2001) et Clarke et coll. (2005) pour qui, du fait de l'inexpérience et de certaines influences comportementales liées à la jeunesse, les jeunes conducteurs sont plus enclins au risque routier et, par voie de conséquence, seraient plus victimes d'accidents. Ainsi et par exemple, une enquête québécoise de Lee-Gosselin (1995) sur la durée et les rythmes des trajets montre que la vitesse moyenne de déplacements décline avec l'âge : 16-19 ans = 40 km/h, 20-64 ans 37 km/h et 65 ans et plus = 34 km/h. A cet effet, nous nous attendions à une diminution du taux de responsabilité ou d'implication avec l'âge : or cette hypothèse n'est que partiellement vérifiée.

Le nombre d'accidents des jeunes ne diffère pas de celui des adultes (tranche des 30 à 59 ans) qui présentent un taux de responsabilité plus élevé. Ce résultat est en désaccord avec celui de Fontaine et Hubert (1997). Ces auteurs avaient en effet trouvé, au contraire, un taux d'implication plus élevé dans les deux extrémités de l'échelle d'âge des conducteurs, et les valeurs les plus basses se retrouvaient chez les adultes. Cette sur-implication dans les accidents chez ces conducteurs d'âge moyen pourrait s'expliquer par leur plus forte mobilité (Madre, 1997b), avec des déplacements obligatoires liés au travail (Benlahrech et coll., 2001). Ces conducteurs, constituant la tranche d'âge la plus active, passeraient, par jour, plus d'une heure (70 min) en déplacements tous modes confondus (Gallez et coll., 1997).

Il semble donc que les jeunes et les adultes sont plus victimes et sur-impliqués dans les accidents que les conducteurs âgés. Ces derniers semblent toutefois, selon nos résultats, être davantage plus victimes d'accidents (plus) graves. Cette gravité est confirmée par

l'analyse des bordereaux d'analyse des accidents corporels de la circulation (Fontaine, 2003) et par l'analyse du registre des victimes d'accidents de la circulation du Rhône, qui permet de détailler la gravité et la nature des lésions par mode (Chiron et coll., 2000 ; Lafont et Laumon, 2003). Les jeunes conducteurs auraient une meilleure résistance physique aux chocs et les conducteurs âgés seraient plus vulnérables ; vulnérabilité constatée dans de nombreux pays (Evans 1991 ; OCDE, 2001) et liée à une plus grande fragilité lors d'atteintes corporelles (Assailly, 2002). Malgré les stratégies de compensation qu'elles peuvent adopter, la baisse des capacités mentales, motrices et sensorielles des personnes âgées augmenterait leur mise en cause dans les accidents mortels et corporels. (Evans, 2004, Van der Hulst, Rothengatter et Meijman, 1999).

Notre hypothèse concernant l'influence du sexe est en partie vérifiée. Le nombre d'accidents des hommes diffère significativement de celui des femmes : celles-ci sont moins victimes d'accidents et restent les moins exposées. Nous pouvons rapprocher ces résultats de ceux de Sanchez (1996) : les hommes seraient imprudents et auraient tendance à sous-estimer les risques, contrairement aux femmes qui sont soucieuses de la sécurité routière, non seulement pour elles-mêmes mais pour autrui. Les hommes de 30 à 59 ans ont les taux les plus élevés d'accidents et ont les mêmes taux de risque que les jeunes conducteurs. Ce qui reflète probablement leur plus grande présence sur les routes : les hommes de 20-64 ans, selon Lee-Gosselin (1995), effectuent en moyenne 3,1 déplacements, tandis que les femmes de la même tranche d'âge en font 1,9. Ces résultats correspondent bien aux constats de Dejoy (1990), soulignant l'influence du sexe sur les différences de perception du risque accidentel. Les hommes surestiment leurs compétences en matière de conduite et commettraient beaucoup d'infractions.

Ainsi, il apparaît que les femmes semblent être les usagers auxquels la responsabilité est le moins souvent imputée. Toutefois, si l'on s'intéresse séparément aux accidents produits dans ces deux groupes de conducteurs (hommes et femmes), les conductrices, plus particulièrement les femmes âgées, sont significativement plus souvent présumées responsables. Cette présomption de responsabilité est confirmée dans l'étude d'Ulleberg (2003) qui avait montré que les accidents des femmes âgées ressortent, pour la plupart, du registre de l'erreur.

Par ailleurs, l'analyse de nos données a mis en évidence un indice de gravité extrêmement plus élevé chez les personnes âgées, le risque de gravité des hommes étant

deux fois plus fort que celui des femmes. Ces valeurs plus élevées de gravité chez les conducteurs âgés, comparées à celles des conductrices de leur génération, se retrouvent dans les résultats des études de Chipman et coll. (1993) et de Fontaine (2003) qui avaient montré que les femmes ont, quel que soit leur âge, un risque d'accident inférieur à celui des hommes, pour un même temps passé sur route. Cela proviendrait de vitesses de parcours différentes : les hommes âgés conduisent beaucoup plus vite que les femmes de la même catégorie d'âge, avec une vitesse moyenne de parcours (38 km/h) supérieure à celle des femmes (31 km/h).

Cette analyse des données disponibles en France sur la survenue d'accidents de conducteurs (jeunes, adultes ou âgés) a mis en évidence l'influence de l'âge et du sexe sur les accidents de la route. Les conducteurs jeunes âgés de 20 à 29 ans et les conducteurs d'âge moyen (30 à 59 ans) sont plus victimes d'accidents que les personnes âgées. Celles-ci, bien que se distinguant par une faible responsabilité dans les accidents, sont surreprésentées dans les accidents mortels plutôt que dans les accidents moins graves. Par ailleurs, les femmes sont moins victimes d'accidents et restent les moins exposées, à l'exception des femmes de plus de 60 ans, chez qui, tout comme chez les hommes de leur catégorie d'âge, le taux de tués est plus important.

3. Analyse statistique des variations temporelles des accidents de la route

3.1. Position du problème

Plusieurs travaux se sont intéressés à la dimension temporelle des accidents. Ces travaux se fondent pour la plupart sur des statistiques d'accidents journaliers tout en rapportant les taux de ces accidents, soit au nombre d'habitants, soit au volume de trafic horaire, soit encore aux temps ou aux kilomètres parcourus.

Pokorny et coll. (1981) ont étudié 944 dossiers d'accidents concernant des conducteurs d'autobus d'une compagnie sur une période de 5 ans. En observant le nombre d'accidents survenant lors des 5 services de la journée de travail (qui s'étalent de 5h à 1h),

les auteurs constatent que les conducteurs ayant commencé leur poste le plus tôt sont aussi ceux qui ont le plus fort taux d'accidents, ceci en moyenne avec des pointes dans les 3 premières heures de leur service. Ces résultats semblent mettre en exergue la relation que l'on peut introduire entre le risque d'accident, le type de poste et l'heure de début du poste, même si des difficultés se sont présentées en ce qui concerne la répartition horaire des différents roulements de postes, notamment l'intrication entre les amplitudes des différents postes. Prokop et Prokop (1955), pour leur part, avait trouvé, dans leur échantillon de conducteurs, que ceux qui se sont endormis au volant sont ceux qui étaient en service soit entre 23 heures et 5 heures du matin (58%) soit entre 12 et 15 heures (25%), laissant les 17% restants se répartir sur les 13 autres heures du cycle restantes. Bien que confrontée à l'impossibilité de contrôler un paramètre important, le trafic aux différentes heures, l'intérêt de cette étude est d'avoir apporté des éléments plus précis par rapport aux rythmes circadiens de la distribution des accidents. Hamelin (1987) confirme cette idée de répartition circadienne en rapprochant les taux d'accidents du volume de trafic horaire : les périodes horaires entre 23h et 6h semblent ainsi particulièrement dangereuses.

Par ailleurs, dans une étude, sur les conducteurs de trains, Kogi et coll. (1971) montrent que les accidents qui impliquent l'endormissement sont beaucoup plus fréquents pendant les heures de nuit que pendant les heures de jour, tandis que par exemple les accidents concernant les heurts d'obstacles voient leur fréquence la plus élevée se situer pendant les heures de jour. Les études expérimentales d'Ackersted et coll. (1985) et de Torsvall et Ackersted (1987) corroborent ces résultats. Ces études avaient permis en effet de mettre en relation les variations de l'état d'éveil évalué à partir d'analyses encéphalographiques, avec d'une part des omissions de réponses à la signalisation présentée et, d'autre part, des perturbations de l'action motrice du conducteur sur le système de sécurité utilisé dans les cabines de train. Une autre étude menée sur les pilotes montrait que la vigilance est à son minimum minimum à la fin de la nuit (Sestier, 1995). Il a donc été proposé qu'une envolée transatlantique, par exemple, se termine en soirée, ou aux petites heures du matin, plutôt qu'à la fin de la nuit, vers 6h ou 8h du matin. En outre, en interrogeant par téléphone des conducteurs automobiles, Connors et coll, (2002) ont retrouvé que le fait de conduire entre 2h et 5h du matin, comparé aux autres périodes de la journée, entraînait un risque multiplié par 5,6.

Les données précédemment obtenues montrent surtout l'importance relative des accidents de nuit et de début de matinée (entre 23h et 8h), moments au cours desquels

apparaissent des assouplissements (Lavie et coll., 1986; Léger et Paillard, 1997). Ces assouplissements sont à l'origine de grands nombres d'accidents. Cependant les taux de ces accidents sont différents selon l'année d'étude et le pays : en Angleterre, 15 à 25% (Horne et Reyner, 1995) ; en Nouvelle Zelande, 19% (Connors et coll, 2002) ; 34% en France, 19% en Australie et 13% au Canada (Prévot et Leger, 2000). Aux États-Unis, elle représente 1 à 3% de tous les accidents de véhicules et elle est à l'origine de cinquante-six mille accidents annuels, entraînant mille cinq cent cinquante décès (Lyzniki et coll., 1998).

Les études en laboratoire et sur véhicule, notamment celles de Dingès (1992) ont révélé que la somnolence détériore la performance de conduite, puisqu'elle s'accompagne d'un allongement du temps de réaction, d'un ralentissement des processus d'intégration de l'information avec une baisse de la mémoire à court terme, et d'une réduction des performances mentales. Tout cela pourrait être à l'origine d'une nette augmentation du risque d'accident, surtout en cas d'excès de vitesse. Gruau (2002) a montré qu'une amélioration de la qualité du sommeil a une incidence sur la vigilance diurne et sur la performance de conduite. Dans cette perspective, des études associent ces accidents consécutifs à la somnolence au volant, à l'altération de la vigilance ou à la baisse d'attention, laissant penser ainsi à une relation étroite entre les fluctuations de ces différents processus physiologiques et psychologiques et celles des accidents par somnolence au volant. Pour Richardson (1982), Strogatz et coll. (1987), les fluctuations circasémiennes de la vigilance correspondent à des variations cycliques similaires à celles qui sont représentées dans les différentes phases du sommeil. Le premier pic de propension au sommeil se situe l'après-midi (vers 15h 30) et le second au milieu de la nuit. Folkard (1990) et Gadbois (1990), qui ont travaillé sur les rythmes de performances circadiennes, associent la plus grande fréquence des erreurs et des accidents à ces périodes du nyctémère, les mesures sur les latences d'endormissement démontrant un maximum de besoin de sommeil à ces moments-là. Ces périodes correspondent aussi à des moments de baisse de performance, d'autant que les variations du niveau de vigilance et le cycle veille/sommeil s'accompagnent de fluctuations des performances (MonK, 1982 ; Fröberg, 1977).

L'hypovigilance ou la baisse d'attention au volant n'est pas seulement liée à la somnolence. Elle s'observe davantage dans des situations de conduite durant de longues périodes ou sur longue distance. Dans ce contexte, la fatigue est considérée comme une

cause aussi importante que l'endormissement au volant. Il existe certaines preuves donnant à penser que altération de la vigilance et fatigue sont liées et que l'une ou l'autre serait due à la distance parcourue ou au temps de conduite avant l'accident, ou encore à la charge de travail des conducteurs (par exemple chargement, déchargement, etc., pour les conducteurs professionnels). Brown (1994) observe (selon différentes performances, perceptions et indices) les comportements de conduite de six conducteurs entre le matin et l'après-midi sur un circuit urbain. Les sujets ont effectué des conduites de longue durée (en continu pendant 7 heures), et des conduites de courte durée. Les résultats indiquent une augmentation du nombre de fautes de conduite entre le matin et l'après-midi chez les sujets qui ont conduit en continu, montrant ainsi les effets liés aux tâches de conduite de longue durée. Un autre auteur comme Greenshields (1963, cité par Grillon, 1985) avait déjà rapporté une forte corrélation entre l'évolution de la fréquence des presque-accidents et le temps de conduite.

Toutes ces études mettent ainsi en évidence le rôle fatal de la fatigue dans les trajets comportant une longue durée. Dans d'autres études en conduite réelle, cette fatigue est considérée comme une sensation d'épuisement, de lassitude et de somnolence. Elle est aussi considérée comme un facteur majeur de risque d'accidents de la circulation, car susceptible de multiplier par 1.6 le risque de causer un mort dans la collision (Dawson et Reid, 1997). Selon des études épidémiologiques, ce facteur accidentogène est lié à 10% des accidents en France et serait très dangereux pour la conduite puisqu'il peut amener jusqu'à l'endormissement au volant, et provoquer un accident (Philip et coll. (1999). Les travaux se rapportant à l'impact de la privation de sommeil sur la conduite automobile attestent ces résultats : les conducteurs non privés de sommeil, peuvent conduire 1000 km avec 4 courtes pauses sans présenter de déviations latérales alors que lorsque les mêmes sujets sont en restriction de sommeil on note une dégradation très importante des performances (Philip et coll., 1996, 2001). Lafont (1990) distingue trois sortes de fatigues : la fatigue visuelle (diminution du champ visuel et baisse de l'acuité visuelle) ; la fatigue musculaire se faisant sentir dans la nuque, la face, les muscles du rachis dorsolombaire et ceux des membres inférieurs ; et enfin la fatigue nerveuse. Cette dernière est due à la monotonie de divers stimuli (auditif : ronronnement régulier du moteur ; visuel : paysage souvent peu changeant), et aboutit à une élévation du seuil d'excitabilité corticale. Selon l'auteur, cette distinction est importante dans la mesure où elle permet de repérer les « signes précurseurs

de la fatigue » : picotement dans les yeux, mouvements fréquents sur son siège, raideur de la nuque.

Il est vrai que la fatigue s'observe dans la conduite en général et qu'elle est toujours considérée comme un facteur de risque. Il importe cependant de noter que les phénomènes de durée de conduite sont des informations qu'il est souvent difficile d'obtenir, de sorte que les travaux sur les accidents sont le plus couramment réalisés dans le cas de la conduite professionnelle. Celle-ci comporte sur le plan de l'organisation de la tâche, des aspects tout à fait différents de ce qu'est la conduite non professionnelle. De plus, la fiabilité de l'opérateur humain est sujette à question dans ce type d'analyse. Ce fait est clairement illustré par la relation inverse entre la fatigue et la conduite à laquelle a abouti l'étude de Potts (1954, cité par Grillon, op. cite) chez des conducteurs de poids lourds, sur des trajets d'à peu près 9 heures.

Qu'il s'agisse d'enquêtes menées par certaines associations, notamment l'Association pour la Sécurité sur les Autoroutes (ASSECAR) et l'Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes (ASFA), d'études statistiques (Folkard, 1997 ; Lenne et coll., 1995 ; Muzet, 2000), d'études expérimentales (Sauvignon (1992 ; 1995), toutes soulignent la place prépondérante d'une altération de la vigilance ou d'une baisse d'attention dans la genèse des accidents. On est donc tenté de dire que la fréquence des accidents a un rapport avec l'altération de la vigilance et la baisse de l'attention. Les études de Harris (1977) portent sur la fréquence des accidents de conducteurs de poids lourds où seul leur véhicule est impliqué. Ces études montrent que la fréquence des accidents des camionneurs, quand cet accident met en cause leur seul véhicule (heurt d'un arbre, bascule dans un fossé, etc.), est maximum pendant la nuit bien que la circulation soit alors la moins dense. Rappelons que le même auteur et ses collaborateurs (Harris et coll. (1972), étudiant les accidents de la route des conducteurs professionnels, avaient constaté que les accidents des véhicules seuls sont deux fois et demie plus fréquents entre minuit et 8 heures que la distribution du trafic ne le laisserait attendre. La baisse de vigilance semble être l'explication principale de ce maximum car, selon les auteurs, lorsque l'on considère les accidents entre deux véhicules, leur nombre est proportionnel à la densité de la circulation. Ce phénomène d'accidents de véhicules seuls intervient dans une proportion qui, selon les années, varie de 25 à 27% (Lafont, 1990). Une analyse, par le même auteur (Lafont, op. cite), du nombre de véhicules impliqués dans les accidents mortels dans les trajets sur autoroute au cours des années

1986-1989 a permis de mettre en évidence que 60% des cas d'accidents mortels ne mettent en cause qu'un seul véhicule. Langlois (1985), analysant des accidents survenus sans collision, avait déjà repéré que la moitié des accidents de ce type se produisent sur un tronçon en ligne droite.

Les liens entre la vigilance des conducteurs et les accidents de la route semblent donc établis, en ce sens que la fatigue, l'hypovigilance ou la somnolence, qui sont des indices d'une baisse de vigilance, altèrent les éléments de la performance de conduite. Cette relation pourrait ainsi faire penser à des liens entre vigilance et sûreté de conduite. Sauvignon (1992) a mené une étude auprès de 10 conducteurs de train, dans des conditions monotones pendant une durée de 4h. Cette étude avait pour objectif d'établir une relation entre une baisse de la vigilance et un comportement moteur spécifique (action volontaire des membres inférieurs sur une commande, en l'occurrence). Les résultats montrent une relation entre l'évolution de l'état de vigilance et la force moyenne évaluée au pied de l'opérateur. Lors des phases de baisse de vigilance déterminée objectivement, il est observé une variation du comportement moteur (en particulier une diminution de l'effort exercé sur la commande). Milosevic (1978, cité par Sauvignon, 1995) trouve, pour sa part, qu'il existe une corrélation directe entre la baisse de la performance (détectée par l'augmentation du nombre d'erreurs au cours d'une tâche prescrite) et l'augmentation de l'activité thêta, caractéristiques d'une hypovigilance plus sévère.

En clair, nous retiendrons que la somnolence au volant, l'inattention, la fatigue, liées à la baisse de la vigilance pendant la conduite de longue durée, sont des éléments importants dans l'occurrence des variations nyctémérales des accidents. Toutefois, cela n'autorise pas à ignorer les conflits de trafic, les facteurs liés à la mobilité, qui varient différemment d'une période à une autre. Il est vrai que ces facteurs sont très mal connus dans leurs détails, mais ils constituent des facteurs «d'exposition au risque» et le volume de leur augmentation est évidemment un facteur d'augmentation du nombre d'accidents et de victimes (Orselli, 2003). De plus, l'effet météorologique, la saisonnalité (mois d'hiver, de printemps, d'été et d'automne) sont autant de facteurs à prendre en compte. Par exemple, dans une analyse statistique des variations spatio-temporelles des accidents de la route, Orselli (op. cite) montre que les mois d'hiver traditionnellement faiblement accidentogènes, sont suivis d'une lente progression au cours du printemps avec un maximum pendant les trois mois d'été et une lente décroissance à l'automne. Cette analyse ne

montre pas seulement la difficulté de comparer directement un mois au mois précédent mais aussi l'intérêt qu'il y a à prendre en compte cette saisonnalité dans l'explication des variations des accidents.

En ce qui concerne les variations temporelles des accidents, il apparaît que les accidents évoluent différemment selon le nyctémère. La nuit et le début de matinée semblent être les moments où les conducteurs présentent une tendance à une plus forte élévation d'accidents. En accord avec ces données, on postule qu'au cours du nyctémère, les taux d'accidents se répartissent différemment. *Ainsi, le nombre d'accidents de nuit devrait être plus élevé que celui des accidents journaliers.* De plus, des liens entre ces moments (périodes nocturnes) et l'altération de la vigilance, la baisse de l'attention, la somnolence et la fatigue ont pu être établis. *De ce fait, nous nous attendons à ce que nos données accidentologiques révèlent des accidents de nuit plus graves que ceux de jour, avec des indices de gravité plus élevés.*

Par ailleurs, il ressort que la fréquence des accidents a un rapport avec l'altération de la vigilance ou la baisse de l'attention. De ce fait, nous pensons que s'il existe des périodes où le niveau d'attention s'abaisse pour des raisons chronobiologiques et où l'on constate un pic accru d'accidents, on pourrait s'attendre, en laboratoire, à un lien entre l'évolution des performances attentionnelles et celles des performances de conduite à ces périodes données. *En clair, l'hypothèse est donc de supposer qu'il existe un lien entre les profils journaliers des performances attentionnelles et ceux des performances de conduite.*

3.2. Analyse statistique des variations nyctémérales des accidents de la route

L'analyse porte sur 85 018 accidents corporels et mortels survenus en France métropolitaine au 1^{er} janvier 2007. D'une part, en référence aux horaires classiquement retenus dans les études chronopsychologiques et, d'autre part, vu l'objectif de notre travail visant à comparer les profils d'accidents à ceux mis en évidence dans la première partie de notre travail (partie expérimentale), les accidents ont été répartis en deux grandes périodes : la journée, comprenant le début de matinée (6-9h), la fin de matinée (9-12h), le début d'après-midi (12-15h), la fin d'après-midi (15-18h) ; et la nuit : 18-21h, 21-0h, 0-3h,

3-6h ; ceci afin de ramener le nombre d'accidents aux périodes de la classe considérée. Nous avons ensuite calculé l'indice de gravité et le pourcentage d'accidents selon ces différents moments (tableau 30).

Tableau 30. Variations nycthémerales des accidents de la route au 1^{er} janvier 2007

Moments	Blessés	Tués	Victimes	%	Indice de gravité (%)
6 - 9h (DM)	9543	545	10 088	12	0.06
9 - 12h (FM)	11303	553	11 856	14	0.05
12 -15h (DAM)	13207	563	13 770	16	0.04
15 - 18h (FAM)	17749	918	18 667	21	0.05
18-21h	15708	850	16 558	19	0.05
21-0h	6251	496	6 747	8	0.08
0-3h	3572	389	3 961	5	0.11
3-6h	2976	395	3 371	4	0.13
Total	80309	4709	85 018	100	

Source : ONISR, fichier des accidents

DM : Début de matinée ; FM : Fin de matinée ; DAM : Début d'après-midi ; FAM : Fin d'après-midi

Selon les périodes de la journée, les taux d'accidents se répartissent différemment [$X^2= 514.35$ (ddl=7); $p <.001$, Annexe 12.1], indiquant que les accidents dépendent du moment de la journée et de la nuit. La figure 27 indique que ces accidents présentent une montée en puissance au cours de la journée, avec une valeur maximale en fin d'après-midi (DM/FM : [$X^2= 6.23$ (ddl=1); $p <.01$, Annexe 12.2] ; FM/DAM: [$X^2= 5.08$ (ddl=1); $p <.05$, Annexe 12.3] ; DAM/FAM : [$X^2= 12.5$ (ddl=1); $p <.001$, Annexe 12.4]. Après une stabilité relative entre 18h et 21h ($X^2= 0.85$, ns), ces taux semblent chuter progressivement toute la nuit pour atteindre une valeur minimale entre 3 et 6 h du matin (Cf. Annexes : 12.5 ; 12.6 ; 12.7 ; 12.8).

Par ailleurs, on constate que le nombre d'accidents diurnes est plus élevé que celui des accidents nocturnes [$X^2= 182.94$ (ddl=1); $p <.001$ (Annexe 13)]. Toutefois, les conducteurs semblent être plus victimes d'accidents graves pendant la nuit avec un indice de gravité 5 fois plus fort que la moyenne, et qui croît de façon exponentielle jusqu'au lever du jour.

Tableau 31. Evolution nycthémerale des accidents de la route au 1^{er} janvier 2007

Journée X^2	DM/FM 6.23 **	FM/DAM 5.08*	DAM/FAM 12.5****	
Nuit X^2	FAM/18-21h 0.85, ns	18-21h/21-0h 43.32****	21-0h/0-3h 20.05****	0-3h/ DM 6.85****

* $p <.05$; ** $p <.01$; *** $p <.001$ ddl de l'effet : 1 ddl de l'erreur = 1

DM : début de matinée (6-9h) ; FM : fin de matinée (9-12h) ; DAM : début d'après-midi (12-15h) ; FAM : fin d'après-midi (15-18h)

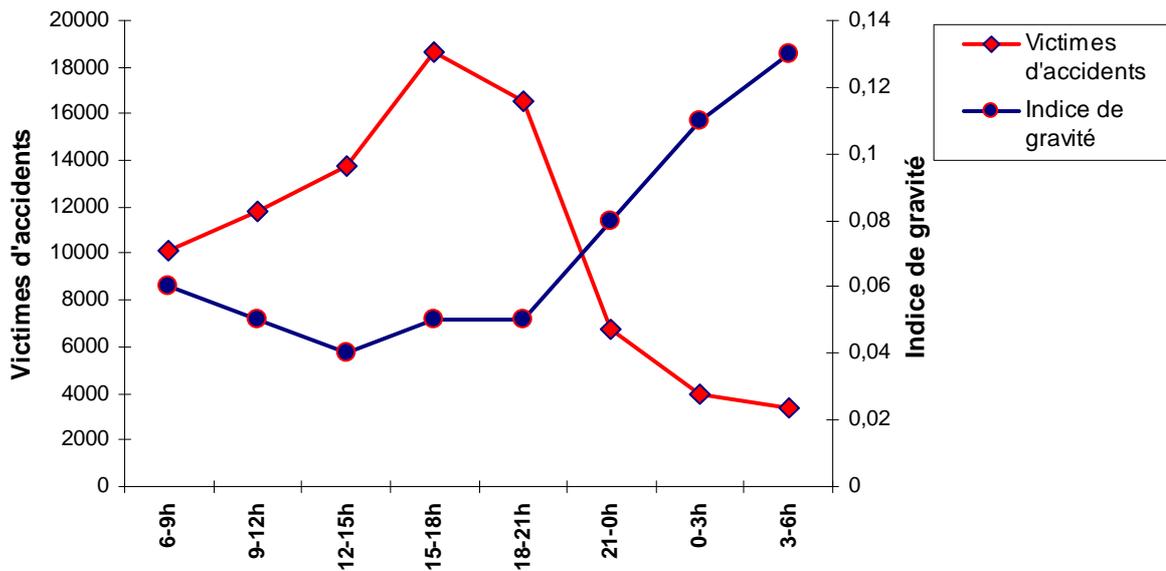


Figure 28. Profils d'accidents de conducteurs victimes d'accidents au cours du nyctémère (au 1^{er} janvier 2007)

3.3. Analyse globale des profils journaliers d'accidents de la route et des profils de performances journalières attentionnelles et de conduite

3.3.1. Analyse des profils de performances journalières attentionnelles et des profils journaliers d'accidents

L'analyse se fonde sur la comparaison des profils journaliers d'accidents de la route (au 1^{er} janvier 2007) avec ceux des performances attentionnelles déjà mis en évidence dans l'étude expérimentale (Cf. Etude de l'effet du moment de la journée sur les performances attentionnelles). En d'autres termes, il s'agit de savoir si ces deux profils évoluent de la même façon au cours de la journée. Pour des raisons d'ordre pratique et méthodologique (participants à l'étude différents des victimes d'accidents, variations de type calendaire du trafic et de sa composition, etc..), une étude de type corrélationnel n'a pu être réalisée. En conséquence, pour des raisons de lisibilité et de compréhension, les profils journaliers d'accidents et de performances attentionnelles sont respectivement établis à partir, d'une part, des pourcentages d'accidents et, d'autre part, des pourcentages de scores moyens obtenus aux tests d'attention, en débuts de matinée et d'après-midi et en fins de matinée et d'après-midi (Tableau 32).

Tableau 32. Pourcentage des accidents et des performances attentionnelles au cours de la journée

	Moments de la journée			
	DM	FM	DAM	FAM
% conducteurs victimes d'accidents	18.6	21.8	25.3	34.3
% performances attentionnelles (scores moyens)	24.8	24.8	24.6	25.8

DM : Début de matinée ; FM : Fin de matinée ; DAM : Début d'après-midi ; FAM : Fin d'après-midi

Pour la description des profils, nous nous référons aux analyses déjà effectuées dans l'étude expérimentale (pour les performances attentionnelles) et dans l'étude statistique précédemment réalisée. Ainsi, l'analyse des variations des performances journalières attentionnelles a mis en évidence une élévation des performances en fin d'après-midi après une stabilité depuis le début de matinée jusqu'en début d'après-midi, tandis que le taux d'accidents augmente progressivement jusqu'en fin d'après-midi (Figure 29).

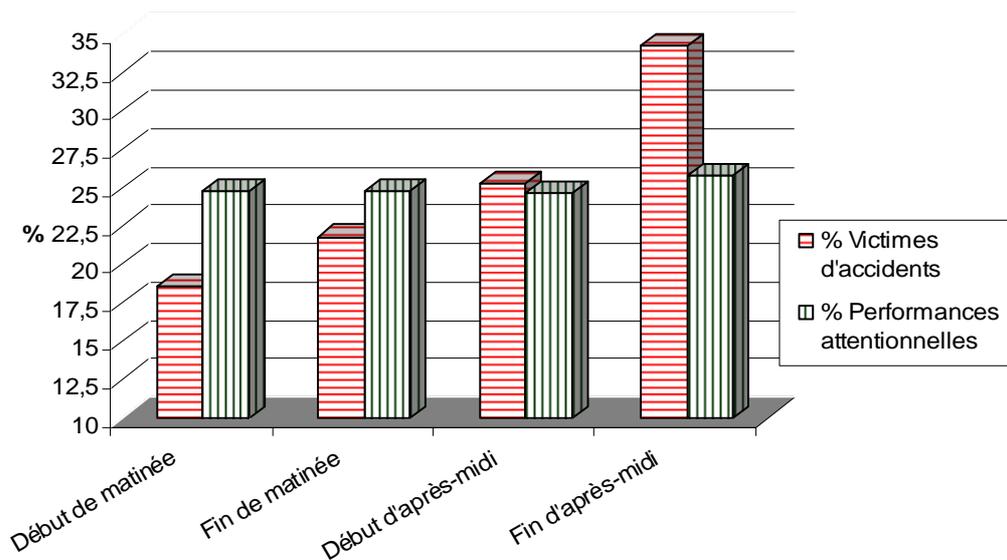


Figure 29. Répartition journalière des performances attentionnelles et des accidents de la route (en pourcentage)

Ainsi, les deux profils présentent des valeurs maximales qui coïncident en fin d'après-midi. Par ailleurs, les résultats indiquent qu'à certains moments de la journée, les profils des accidents et des performances attentionnelles se trouvent en opposition de phase. Autrement dit, les périodes de fortes capacités attentionnelles semblent correspondre à celles où le taux d'accidents présente une valeur minimale (en début de matinée) et, inversement, les périodes de pic d'accidents coïncident avec les moments où

les conducteurs obtiennent de moins bonnes performances attentionnelles (plus marquées en fin d'après-midi).

Sur la base de ces observations, on est tenté de dire que les profils journaliers d'accidents et ceux des performances attentionnelles évoluent différemment ou, du moins, qu'ils évoluent en sens inversé. Une étude corrélationnelle entre les profils journaliers de performances attentionnelles et ceux de performances de conduite déterminés en laboratoire pourrait, de façon inductive, donner une idée beaucoup plus précise sur l'évolution journalière de ces profils précédemment mis en évidence.

3.3.2. Analyse des profils de performances journalières attentionnelles et de conduite

Nous voulons établir une corrélation entre les profils de performances attentionnelles et ceux des performances de conduite, à différents moments de la journée. Il convient de rappeler que ces deux profils ont été mis en évidence à partir des scores moyens obtenus aux tests d'attention et des temps de réaction moyens au freinage, en début de matinée (6-9h), en fin de matinée (9-12h), en début d'après-midi (12-15h) et en fin d'après-midi (15-18h). En fait, nous avons tenté d'apprécier au mieux les performances journalières attentionnelles (à des tests de barrage de nombres) de conducteurs dont en parallèle nous analysons la dérive du comportement moteur (indiqué par le temps de réaction) lors d'une tâche de conduite simulée (cf. Etude expérimentale).

Les résultats des corrélations sont présentés dans le tableau 33. De manière générale, nous constatons que la liaison entre les performances attentionnelles moyennes et les temps de réaction moyens au freinage est négative et que les deux variables sont significativement corrélées en fin de matinée et en début d'après-midi. Ce qui indique qu'il existe, à ces moments précis, un lien entre ces deux variables : les conducteurs freinent rapidement (temps de réaction moyens faibles) lorsqu'ils sont attentifs (performances attentionnelles élevées) et, inversement, ceux-ci sont moins prompts à réagir au freinage (temps de réaction moyens élevés) lorsqu'ils sont moins attentifs (performances attentionnelles faibles) (Figure 30).

Tableau 33. Corrélation entre les profils de performances attentionnelles et ceux de conduite

		Temps de réaction au freinage			
		DM	FM	DAM	FAM
Performances attentionnelles	DM	- 0.14			
	FM	- 0.19	- 0.22*		
	DAM	- 0.06	- 0.21	- 0.26*	
	FAM	- 0.14	- 0.34*	- 0.30*	- 0.21

*corrélations significativement marquées à $p < .05$

DM : Début de matinée ; FM : Fin de matinée ; DAM : Début d'après-midi ; FAM : Fin d'après-midi

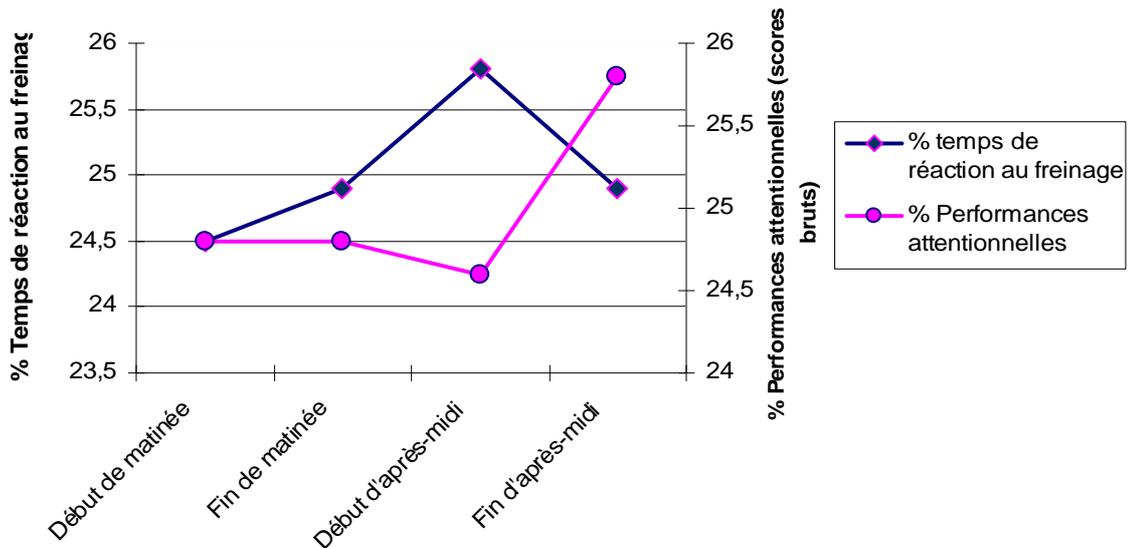


Figure 30. Variations journalières des performances attentionnelles et des temps de réaction au freinage

Toutefois, les résultats de l'analyse de régression montrent une liaison plus faible à ces moments indiqués (fin d'après-midi et début de matinée), indiquant qu'une variation des performances attentionnelles, à ces moments, ne permet pas véritablement de prévoir une variation des performances de conduite : fin de matinée [R^2 ajusté = .04, $p < .05$] ; début d'après-midi [R^2 ajusté = .05, $p < .02$].

3.4. Discussion

Notre étude visait à mettre en évidence l'effet différentiel du moment de la journée sur les accidents de la route. Aussi, sur la base de données récentes, nous nous sommes proposé d'analyser les répartitions de ces accidents, à travers une approche

chronopsychologique, afin d'établir si les «pics» d'accidents correspondaient aux « creux » des performances attentionnelles ou de conduite.

Notre hypothèse selon laquelle la fréquence des accidents se répartit différemment au cours du nyctémère semble être vérifiée. Toutefois, contrairement à notre attente, les conducteurs sont plus fréquemment victimes d'accidents pendant la journée que la nuit. De plus, nos résultats précisent que le pic d'accidents quotidien se situe en fin d'après-midi (15-18h). Cela semble être quelque peu en contradiction avec les résultats des recherches déjà réalisées (Folkard, 1997), dans lesquelles il avait été observé plus d'accidents de la route en début d'après-midi (13-16h) et en début de matinée; plages horaires appelées par Lavie (1986) « portes du sommeil », du fait qu'elles correspondraient à des périodes du rythme biologique au cours desquelles la probabilité d'endormissement est élevée. Si le maximum des accidents, dans notre étude, se situe à une période favorable au maintien du niveau d'éveil - la fin d'après-midi est considérée par Lavie (op. cite) comme étant une « zone interdite du sommeil »-, on peut effectivement penser que la répartition des accidents est liée à l'activité des sujets, au nombre et à la durée de leurs déplacements, à l'intensité du trafic (Cf. Orselli, 2003). Il est à noter également que la fin d'après-midi coïncide avec les heures de fin de service et la fatigue. La coïncidence du « pic » de circulation journalière et donc avec la fatigue accentue alors le risque d'accidents pour ceux qui circulent à ce moment-là.

En outre, nos résultats indiquent que les accidents sont plus graves la nuit, bien que moins fréquents, l'indice de gravité augmentant progressivement jusqu'en début de matinée. Ces données vont dans le sens de notre hypothèse relative au taux de létalité plus élevé la nuit, et semblent concorder avec les études ayant porté sur l'interaction entre les accidents de la route et le sommeil des conducteurs (Lenne et coll., 1998; Pack et coll., 1995). Dans ces études, il apparaît, en effet, que la majorité des accidents les plus graves se produisent pendant les périodes physiologiques de somnolence (en moyenne entre 1 h et 6h du matin), la période située entre 4h et 6h étant la plus dangereuse. Ainsi, la nuit et le début de matinée, horaires compatibles avec le profil circadien de la somnolence, seraient des périodes de forte propension au sommeil. Or il est bien établi que la somnolence détériore la performance de conduite, puisqu'elle s'accompagne d'un allongement du temps de réaction, d'un ralentissement des processus d'intégration de l'information et d'une réduction des performances mentales (Dinges, 1992 ; Gruau, 2002). Ce qui pourrait être à

l'origine d'une nette augmentation du risque d'accident. Par ailleurs, il semble que ces périodes correspondraient aux activités ludiques des jeunes, à leurs déplacements (trajets entièrement réalisés entre 22h et 6h) mais aussi au moment où ceux-ci sont fréquemment victimes d'accidents graves (Brendel et coll., 1990 ; Lee-Gosselin, 1995). Il ressort que ces accidents sont liés à la somnolence, à la consommation d'alcool, et/ou de substances hypnotiques, mais aussi possiblement à une vulnérabilité accrue de ces sujets à la privation de sommeil.

Par ailleurs, la description des profils journaliers d'accidents de la route et de ceux des performances attentionnelles indiquent des horaires d'occurrence d'accidents en opposition de phase avec les performances attentionnelles des conducteurs à certains moments de la journée : ces déphasages semblent plus accentués en début de matinée et en fin d'après-midi ; en revanche, les taux de performances attentionnelles moyennes et les taux d'accidents semblent se répartir équitablement en fin de matinée et en début d'après-midi.

Au vu de ces observations, nous avons été amenés à postuler l'hypothèse selon laquelle il existe un lien entre les profils journaliers des performances attentionnelles et ceux des performances de conduite. Cette hypothèse est partiellement vérifiée : d'après les résultats des tests statistiques, la fin de matinée et le début d'après-midi sont les moments où l'évolution des performances attentionnelles et celle de conduite est liée significativement. De plus, cette liaison est négative, indiquant que les périodes de fortes capacités attentionnelles correspondent à celles où les performances de conduite présentent une valeur minimale et, inversement, les périodes de pic de performances de conduite coïncident avec les moments où les conducteurs obtiennent de moins bonnes performances attentionnelles. Plus précisément, en fin de matinée et en début d'après-midi, les conducteurs sont disposés à freiner hâtivement (temps de réaction moyens faibles) lorsqu'ils sont attentifs (performances attentionnelles élevées) et, inversement, ceux-ci sont moins prompts à réagir au freinage (temps de réaction moyens élevés) lorsqu'ils sont moins attentifs (performances attentionnelles faibles). Nos données confirment ainsi les études expérimentales, effectuées notamment sur simulateurs de conduite ou en situation de conduite réelle, mettant en évidence une relation entre la baisse de la vigilance et le comportement moteur (action volontaire des membres inférieurs sur une commande, en occurrence) (Gruau et coll., 2000 ; Haraldsson coll., 1990 ; Muset, 2000 ; Sauvignon,

1992). Nos résultats se rapprochent aussi des études accidentologiques (Horne et Reyner (2001). Sauvignon, 1995) qui, s'appuyant sur la proportion d'accidents occasionnés par le manque de vigilance, avaient trouvé des liens entre la vigilance, la sûreté de conduite et les accidents de la route ; horaires d'occurrence se situant en moyenne dans les intervalles de 13h à 16h. De façon générale, ces liens mis en évidence sont expliqués par le rôle indéniable de l'attention (sous toutes ses formes) dans l'activité de conduite : concentration en ce qui concerne le suivi d'un véhicule (attention maintenue), sélection des informations les plus pertinentes à la conduite (attention sélective), détection simultanée de la présence, de la vitesse et de la direction d'un objet dans l'environnement (attention partagée)...

Toutefois, l'étude des liaisons, moment après moment, entre les performances attentionnelles et celles de conduite montre des liaisons statistiquement significatives mais plus faibles en fin de matinée et en début d'après-midi. Ce qui indique qu'à ces moments précis, les performances de conduite sont conditionnées par le niveau d'attention mais aussi que si le niveau d'attention diminue ou augmente, la probabilité que le conducteur freine promptement ou moins rapidement est peu élevée. Ces résultats semblent éclairer ceux précédemment mis en évidence à savoir l'importance certaine des capacités attentionnelles dans la tâche de conduite, et leur lien inextricable avec cette activité ; ce lien étant beaucoup plus prévisible aux moments où la circulation est moins intense : en fin de matinée et en début d'après-midi. La faible liaison, à ces moments précis, pourrait s'expliquer par le fait que la conduite automobile est une activité complexe qui n'est pas seulement influencée par les phénomènes chronobiologiques et chronopsychologiques. Elle relève, par ailleurs, de facteurs exogènes, notamment l'environnement (la chaussée et ses abords, les conditions météorologiques, etc.) ainsi que le véhicule qui roule (usures des composants, capacités d'adhérence, etc.).

En définitive, le moment de la journée semble avoir un effet différentiel sur les accidents de la route, avec un pic quotidien en fin d'après-midi. Toutefois, les conducteurs semblent être plus victimes d'accidents graves pendant la nuit et en début de matinée, périodes où la plupart des rythmes biologiques se trouvent à leur minimum. L'étude des liaisons entre l'évolution journalière des performances attentionnelles et celles de la conduite montre que la fin de matinée et le début d'après-midi sont les moments où une diminution du niveau de l'attention induit une augmentation du temps de freinage et,

inversement, un faible niveau d'attention entraîne une diminution du temps de freinage. Ce lien qui paraît plus faible est probablement influencé par d'autres variables liées à l'environnement et au véhicule.

Conclusion

Depuis plusieurs années, les études accidentologiques tendent à montrer que les accidents ne se distribuent pas au hasard dans l'échelle des vingt-quatre heures ni dans celle de l'année, et que le risque d'être victime d'un accident varie suivant des rythmes circadiens et annuels. Certaines recherches, plus récentes, réalisées en laboratoire ou en situation réelle de conduite, qui éclairent cette rythmicité, démontrent l'importance relative de certains « signes précurseurs de la baisse d'attention », notamment la fatigue, l'hypovigilance et la somnolence. D'autres recherches soulignent l'influence des fluctuations de nos facultés psychomotrices et cognitives qui conditionnent la conduite automobile. Ainsi, on relie les résultats issus de conditions expérimentales à une analyse des accidents où un facteur de faibles capacités attentionnelles ou de baisse de performances de conduite pourrait être inféré. L'intérêt de ces études est d'avoir mis en évidence l'étroite corrélation entre les profils d'accidents et ceux des performances attentionnelles et de conduite. Cependant, l'effet de certains paramètres liés au conducteur, sur l'évolution de ces performances, a le plus souvent été négligé. Or, le rythme des capacités attentionnelles et psychomotrices mobilisées en situation de conduite pourrait présenter des différences interindividuelles importantes : l'âge, le sexe, la typologie matinalité/vespéralité peuvent être des facteurs susceptibles d'influencer ces différents profils.

En conséquence, nous avons jugé nécessaire d'examiner en laboratoire, à différents moments de la journée, les profils des performances attentionnelles (obtenues aux tests d'attention) et ceux des performances de conduite (indiquées par le temps de réaction au freinage), chez des conducteurs répartis selon la typologie comportementale, le sexe et l'âge : conducteurs âgés (plus de 60 ans), conducteurs adultes ou d'âge moyen (30-59 ans) et conducteurs jeunes (20-29 ans).

L'ensemble des données concernant les performances attentionnelles confirme un effet du moment de la journée sur l'évolution de ces performances. Nous avons trouvé que cette variation devient constante et stable avec l'âge. En effet, les performances attentionnelles des adultes sont sensiblement au même niveau au cours de la journée, et globalement plus stables chez les personnes âgées; seuls les jeunes connaissent une variation journalière de leur niveau d'attention. L'observation de ces différents profils témoigne ainsi d'une structuration globale de la rythmicité attentionnelle, avec l'avancée en âge. Ce phénomène de maturation nous avait amené à supposer que la capacité

attentionnelle d'un individu change en fonction de l'âge. Cette prédiction n'a toutefois pas été validée : les performances attentionnelles diminuent avec l'âge ; et ceci, quel que soit le moment de la journée. Par ailleurs, cette diminution, selon l'âge, se constate au niveau des performances de conduite : les conducteurs jeunes mettent moins de temps pour freiner que les conducteurs âgés. Les performances moindres (attentionnelles et de conduite), ainsi constatées chez ces personnes âgées pourraient ainsi être l'une des explications de leur mise en cause dans les accidents graves, que nous avons observée dans l'étude statistique portant sur les profils d'accidents.

En outre, la vespéralité et la matinalité, qui constituent un paramètre essentiel du rythme veille/sommeil, ont un impact sur ces variations périodiques attentionnelles. Les résultats indiquent que les performances des matinaux, quelle que soit la tranche d'âge, présentent une stagnation (fluctuations moins marquées) toute la journée, tandis que celles des vespéraux fluctuent selon un profil classique : stabilité des performances dans la matinée, chute au début de l'après-midi, puis élévation à la fin de l'après-midi. Ces différents profils suggèrent, d'un point de vue pratique, que les matinaux seraient susceptibles de présenter une organisation temporelle adaptée aux exigences de la vie socioprofessionnelle normale, alors que les vespéraux seraient moins sensibles à certains systèmes d'organisation de travail, notamment le travail posté, du fait de la grande flexibilité de leurs capacités attentionnelles.

Les profils de performances attentionnelles semblent également se différencier selon le sexe : si les performances des hommes baissent légèrement au cours de la journée, celles des femmes, en revanche, progressent tout au long de la journée. Cette élévation progressive, chez les femmes, expliquerait la supériorité du niveau moyen de leurs performances journalières attentionnelles par rapport à celui des hommes.

Enfin, la comparaison de l'évolution journalière des performances attentionnelles avec celle des performances de conduite, moment après moment, indique une corrélation négative entre ces deux profils, à la fin de la matinée et au début de l'après-midi. Si ces résultats semblent éclairer ceux précédemment mis en évidence, à savoir l'importance certaine des capacités attentionnelles dans la tâche de conduite et leur lien étroit avec cette activité ; ce lien est cependant faible à ces moments précis. La faible liaison mise en évidence traduit le fait que la conduite automobile est une activité complexe, qui ne relève pas exclusivement des phénomènes chronobiologiques et chronopsychologiques. D'ailleurs, l'étude statistique des accidents de la route, qui illustre de façon éloquente cette

complexité, montre un pic d'accidents quotidien se situant en fin d'après-midi, moment correspondant à une période classiquement considérée comme favorable au maintien du niveau d'éveil.

Cette recherche nous a donc permis de saisir l'importance de la dimension chronopsychologique de la conduite automobile et des accidents de la route. D'une part, la description des profils de performance selon les caractéristiques individuelles étudiées pourrait fournir des informations intéressantes dans le cadre de réflexions menées sur les moments propices pour une bonne conduite, et sur les tranches horaires défavorables ou reconnues comme difficiles. Certaines questions relatives à l'organisation et à la gestion des systèmes d'horaires de travail des conducteurs dans les sociétés de transports, en fonction de la typologie comportementale ou de l'âge de ceux-ci, pourraient ainsi y trouver des éléments de réponse. D'autre part, l'étude des rythmes des accidents pourrait contribuer à l'amélioration des programmes de prévention visant à réduire l'accidentologie, et susciter l'attention des spécialistes et des autorités compétentes dans l'élaboration des messages des campagnes de sécurité routière.

Cependant, ces résultats doivent être considérés avec prudence, en ce sens que la conduite automobile est un système dynamique, un ensemble formé d'éléments intimement liés et qui interagissent en permanence : le conducteur, le véhicule et l'infrastructure. Le conducteur sur lequel repose l'essentiel de nos données n'est donc qu'un élément de cet ensemble. Par ailleurs, les mesures utilisées sont sans doute à améliorer : certes, l'analyse simultanée des fluctuations des capacités attentionnelles et des réactions motrices a mis en pleine lumière le rôle indéniable de l'attention dans la conduite automobile, mais l'idéal serait d'établir une relation entre l'évolution journalière de ce processus psychologique et les profils journaliers d'accidents de la route : pour ce faire, il aurait fallu, pour une même population, disposer de données portant à la fois sur les performances attentionnelles et de conduite, et sur les accidents de la route.

A l'issue de l'analyse de l'activité de conduite (Cf. chapitres 1 et 2), il ressort que la conduite automobile est une tâche diversifiée. Il apparaît donc nécessaire et indispensable d'orienter les recherches futures vers une approche multifactorielle englobant à la fois des indicateurs psychophysologiques classiques qui rendent compte de la vigilance (analyse spectrale de l'EEG), des indices comportementaux (fréquence et amplitude des coups de volant, de frein ou d'accélérateur...) et des indices cinématiques (maintien de la vitesse du

véhicule et de sa trajectoire ; temps passé par celui-ci sur la limite de sa voie, etc.). Cela pourrait, à n'en pas douter, contribuer à réduire les divergences de conception des notions de vigilance, attention, activation psychophysique, fatigue du conducteur automobile et performances en conduite.

Des efforts méthodologiques importants paraissent également nécessaires. Il est tout à fait possible de substituer aux traitements simples utilisés ici d'autres traitements plus poussés et performants, notamment en ce qui concerne la simulation de la conduite : l'expérimentation sur un simulateur de conduite pourrait, en effet, offrir l'avantage de reproduire le plus fidèlement possible les conditions de conduite : simulation de sons et de mouvement en réponse aux actions du conducteur. D'un autre point de vue, une analyse simpliste de la conduite, selon des études expérimentales, montre que celle-ci comporte à la fois la monotonie, la répétition des mêmes signaux, un effort physique réduit et qu'elle est autorégulée, ce qui l'apparente aux tests de barrage de nombres utilisés, dans notre étude, pour la mesure des performances attentionnelles. Nous savons, par ailleurs, que ces tests psychométriques sont des tests à « composantes sensorielle et motrice » ou du moins, comme l'indiquait Gates (1916), des tests impliquant des tâches perceptivo-motrices, étant donné qu'elles exigent vitesse et exactitude (temps de réaction, justesse et rapidité des mouvements). Nous savons aussi que la plupart des tests psychométriques sont analysables selon deux critères : la vitesse et l'exactitude de la réponse. Or, il apparaît que ces deux paramètres peuvent ne pas présenter la même variation circadienne (Beugnet-Lambert et coll. (1988)). Il nous paraît donc pertinent, dans le cadre de l'évaluation de ces performances attentionnelles, d'utiliser des épreuves psychotechniques et neuropsychologiques beaucoup plus élaborées, notamment le Cognitive Behavioral Driver's Inventer Inventory (CBDI), le Drive ABLE Compétence Screen, qui évaluent non seulement les capacités perceptivo-motrices et la rapidité du contrôle moteur, mais aussi d'autres capacités telles que le jugement, le raisonnement non verbal, les fonctions exécutives et l'attention (sous toutes ses formes).

De plus en plus, des chronobiologistes et des chronopsychologues font remarquer qu'il existe des différences dans les données de chronopsychologie, selon qu'elles ont été obtenues sur le terrain ou en laboratoire, compte tenu du fait que sur le terrain, les rythmes y sont rendus complexes par des aspects situationnels et motivationnels qui ne sont pas contrôlables, contrairement aux situations de laboratoire. Peut-être serait-il possible de vérifier ce point de vue, en reproduisant nos expériences dans des situations naturelles de

conduite (en zone rurale, en agglomération ou hors agglomération, sur autoroute, sur bretelle d'accès, etc.), voire auprès de conducteurs professionnels.

En dernier lieu, l'intérêt de l'étude accidentologique portant sur des données récentes (au 1^{er} janvier 2007) est d'avoir apporté des éléments plus précis par rapport aux rythmes circadiens de la distribution des accidents ; cette idée de répartition circadienne souffre cependant de la rareté de données statistiques d'accidents journaliers par rapport au volume de trafic horaire, aux temps ou aux kilomètres parcourus.

Bien que confrontés à l'impossibilité de contrôler ces paramètres importants mais mal connus dans leurs détails, l'analyse des profils d'accidents et des risques de gravité a mis en avant le rôle prépondérant de l'âge et du sexe des conducteurs dans la genèse des accidents, et a permis de différencier les vulnérabilités en fonction de ces caractéristiques individuelles. Toutefois, ne perdons pas de vue que ces données accidentologiques ne concernent que la France (métropolitaine), et se limitent aux conducteurs de véhicules légers victimes d'accidents. A cet égard, dans la perspective d'investigations futures, il est évident que des études menées dans d'autres pays et sur l'ensemble des usagers permettraient de nuancer les statistiques, et même d'apprécier le poids de certains facteurs, tels que les différences de culture, les habitudes de mobilité, la qualité des infrastructures...

Bibliographie

- Adès J. et Lejoyeux M. (2004). Conduites de risque. *EMC – Psychiatrie*, 1(3), 201-215.
- Akerstedt, T., Fröberg, J.F. (1976). Interindividual differences in circadian patterns of catecholamine excretion, body temperature, performance and subjective arousal, *Biological Psychology*, 4, 4, 227-292.
- Akerstedt, T., Torsvall, L., Gillberg, M. (1985, Septembre). Sleepiness : continuous EEG and EOG measures in the field and laboratory, in *Proceedings of the CEE workshop electroencephalography in transport operations*, Gundel ed., Cologne, DEVL, 1-
- Allen, G.F. (1985). *Les chemins de fer*, Paris, Bordas.
- Allene, J., Scott, M.D. (2000). Shift work and health, *Primary care: Clinics in Office Practice*, 27, 4, 1057-1078.
- Alm, H., Nilsson, L. (1994). Changes in driver behaviour as a function of hands-free mobile phones: a simulator study. *Accident Analysis and Prevention*, 26, 441-451.
- Anderson, N.D., Craik, F.M., & Naveh-Benjamin, M. (1998). The attentional demands of encoding and retrieval in younger and older adults: evidence from divided attention cost. *Psychology and Aging*, 13, 405-423.
- Andlauer, P., Metz, B. (1955). Variations nyctémérales de la fréquence horaire des accidents du travail, *Archives des maladies professionnelles*, 14, 86-94.
- Arcand, M., Godbord, C., Lessard, L., (1997). *Conduite automobile*. In M. Arcand, R. Hebert Edisem. PP 751 – 762.
- Arditi, J., Bourdon, J.H., David, J.M., Lanze, L., Thirion, X., and Jouglard, J. (1993). Benzodiazepine levels in drivers involved in traffic accidents, 22 (16), 765-766.
- Aschoff, J. (1954). Zeitgeber des tierischen *Tagestperiodik*. *Naturwissenschaften*, 41, 49-56.
- Aschoff, J. (1960). Exogenous and endogenous components in circadian rhythms. *Cold spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 5, 11-27.
- Aschoff, J. (1965). *Circadian clocks*. Amsterdam, North Holland Publishing, co.
- Ashkenazy, I-E., Reinberg, A., Bickova-Rocher, A., Ticher, A. (1993). The genetic background of individual variations of circadian rhythm periods in healthy human adults, *Am. J. Hum. Gen.*, 52, 1250-1259.
- Ashkenazy, I-E., Reinberg, A., Motohashi, H. (1997). Interindividual difference in flexibility of human temporal organisation: pertinence to jet lag and shift work, *Chronobiology International*, 14, 99-113.

- Assailly J-P (1990). Le risque accidentel à l'adolescence et sa prévention. Vol. II Le concept de risque et la genèse du risque accidentel chez les jeunes. *Rapport I.N.R.E.T.S., n°131*.
- Assailly J.P. (1997). *Les jeunes et le risque*. Paris, Vigot.
- Assailly J.P. (2001). Sur la route, les conduites à risque... *Revue Toxibase, n°2*.
- Assailly J.P. (2002). Le suivi des conducteurs âgés. *Rapport final de convention DSCR/INRETS*.
- Assailly, J.-P., Biecheler. M.-B. (2002). Conduite automobile, drogues et risque routier. *Synthèse INRETS, 42*.
- Association des Sociétés Françaises d'Autoroutes (ASFA) (1992). Baisse de vigilance du conducteur et pratiques pour y remédier, *Bulletin des Autoroutes Françaises (ASSECAR)*, Avril 1992, n°35.
- Atchley, P., Dressel, J. (2004). Conversation limits the functional field of view. *Hum Factors, 46*, 664-673.
- Baddeley, A.D (1996). Exploring the central executive. The Quaterly. *Journal of Experimental Psychology, 49*, 5-28.
- Baddeley, A.D., Bressi, S., Della Sala, S., Logie, R.H., Spinnler, H. (1991). The decline of working memory in Alzheimer's disease. A longitudinal study. *Brain and cognition, 41*, 87-108.
- Barjonet, P.E. (1990). Appartenances socioculturelles, styles de vie et participation à la sécurité, Actes du symposium international. *Le comportement des conducteurs dans un contexte social*, Editions paradigme, 163-171.
- Barjonet, P.-E., Cauzard, J.-P., (1987). *Styles de vie et comportements sociaux à l'égard du risqué. Perception différentielle du risque*, (Arcueil), Rapport de recherche INRETS.
- Barthe, B., Gadbois, C., Punier-Poulmaire, S., & Queinnec, Y. (2005). Travailler en horaires atypiques. In P. Falzon (Eds). *Traité d'ergonomie*. Paris: PUF.
- Bategat, D., Lagarde, D., Navelet, Y., Binder, M. (1999). Evaluation de la capacité d'attention chez 10000 enfants scolarisés âgés de 8 à 11 ans. *Archives de pédiatrie, 6*, 406-415.
- Benlahrech, N., Le Ruyet, A., Livebardon, C., Dejeammes, M. (2001). *La mobilité des personnes âgées, Analyse des enquêtes ménages déplacements*. Rapports d'étude CERTU, Lyon, France.

- Benoit, O. (1982). Le rythme-veille sommeil : facteurs principaux de son organisation, *Tempo Médical*, 109, 15-20.
- Benoit, O. (1984). Le rythme circadien veille-sommeil- in Benoit, O., *physiologie du sommeil*, Paris : Masson, 63-84.
- Benoit, O., Foret, J. (1995). *Le sommeil humain*, Paris: Masson.
- Beirness, D.J. (2005). *Distracted driving: the role of survey research*. International Conference on Distracted Driving : Toronto.
- Berthelon, c., Mestre. D., Pottier, A., Pons, R. (1998). Is visual anticipation of collision during self-motion related to perceptual style? *Acta Psychologica*, 98,1-16.
- Berthelon, C. (2001). Influence des caractéristiques visuelles de la chaussée sur l'anticipation de collision et l'estimation de sa propre vitesse lors de l'arrivée à un carrefour, In : Cavallo. V.. Berthe/on. C. (Eds), *Facteurs perceptifs dans les activités de transport*. Actes INRETS, 82, 41-49.
- Besson, J., Pecker, R. (1962). *Répartition horaire des accidents du travail à l'EDF*. VII èmes journées nationales de Médecine du travail, Paris, Masson, pp. 184-190.
- Beugnet-Lambert, C. (1988). Etude épigénétique des rythmes d'activités psychologiques chez l'enfant, et son application en psychologie de l'éducation, in Leconte, P. et coll., *Chronopsychologie. Rythmes et activités humaines*, Lille : Presse Universitaire de Lille : 131-256.
- Beugnet-Lambert, C., Lancry, A., Leconte, P., (1988). *Chronopsychologie, rythmes et activités humaines*. Lille: PUL, 342 p.
- Bianco, M., Bressoux, P. (1999). Les effets d'un aménagement du temps scolaire sur les acquis des élèves à l'école élémentaire. *Enfance*, 4, 397-415.
- Billiard, M. (1998). *Le sommeil normal et pathologique*. Paris: Masson.
- Billon-Descarpentries, J. 1997). Environnement éducatif familial, sommeil et performances attentionnelles. *Revue Internationale de Pédiatrie*, 282, 3-11.
- Bjerner, B., Swensson, A. (1953). Shiftwork and rhythm. *Acta Med. Scandinavia*, suppl 278, 102-107.
- Blake, M.J.F. (1967). Time of day effect on performance in a range of tasks. *Psychonomic science*, 9, 349-350.
- Blake, M.J.F. (1971). Temperament and time of day, in Colquhoun W.P., *Biological rhythms and human performance*, New York, Academic Press.

- Bloch, V. (1966). Les niveaux de vigilance et l'attention, in Fraisse, P. et coll., *Traité de psychologie expérimentale*, Paris : PUF, 1973, 3, 83-130.
- Bloch, V. (1973). *Les niveaux de vigilance et l'attention*. Paris: PUF., vol. III, 83-130.
- Boden, M. (1979). *Jean Piaget*. New York: Viking.
- Bond, C.F., Titus, L. (1983). Social facilitation: A meta-analysis of 241 studies, *Psychological Bulletin*, 94, 2, 265-292.
- Bouati, N., (1999). Chronopsychologie des personnes âgées, Paris : L'Harmattan.
- Bougrine, S. et al. (1997). Sleep and fatigue in rapid rotation: Effects of Morningness Eveningness type, age and sex for highway operators, *Chronobiology International*, 14 (suppl. 1), p. 22.
- Bourdon. (1926). *L'intelligence*. Paris: Librairie Félix Alcan.
- Brendel, D.H., Reynolds, C.F., Jennings, J.R., Hoch, C.C., Monk, T.H., Berman, S.R., Hall, F.T., Buysee, D.J. & Kupfer, D.J. (1990). Sleep stage physiology, mood and vigilance responses to total sleep deprivation in healthy 80 year olds and 20 year olds. *Psychophysiology*, 27, 677-685.
- Brookhuis. K., (1998). How to measure driving ability under the influence of alcohol and drugs, and why. *Human Psychopharmacology Clinical and Experimental*. 13,564-569.
- Broughton, R.J. (1994). La vigilance et la somnolence, *Le sommeil normal et pathologique*. Billard, M., 142-158. Paris: Masson.
- Broughton, R.J., and Hassan, J. (1995). Topographic EEG mapping during drowsiness and sleep onset. *J. Clin. Neurophysiol.*, 12, 372-386.
- Brown, F.M. (1982). Rhythmicity as an emerging variable for psychology. In: Brown, F.M. (Eds), *Rhythmic aspects of behaviour*, 3-38. London: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Brown, I.D. (1994). Driver fatigue. *Human Factors*, 36, 298-314.
- Browne, R.C. (1949). The day and night performance of teleprinter switchboard operators. *Occupational psychology*, 23, 121-126.
- Bruni, H. (1995). Catégories temporelles et fluctuations diurnes de l'attention, *Vigilance et transports: aspects fondamentaux, dégradation et prévention*. Lille :PUL.
- Bruyer, R., van der Linden, M., Rectem, D. & Galvez, C. (1995). Effects of age and education on the Stroop interference. *Archives de Psychologie*, 63, 257-267.

- Buck, A., Tobler, I., Borbely, A.A. (1989). Wrist activity monitoring in air crew members: a method for analysing sleep quality following transmeridian and north-south flights, *J. Biol. Rhythms*, 4, 1, 93-105.
- Buijs, R.M., and Kalsbeek, A. (2001). Hypothalamic integration of central and peripheral clocks. *Nature*, 2 (7), 521-526.
- Burg, A. (1967). An investigation of the relationships between dynamic visual acuity, static visual acuity, and driving record: general findings. N° 67-24 department of engineering, University of California.
- Burg, A. (1971). Vision and driving: a report on research. *Human factors* 13 (1): 79-87.
- Buysse DK, Reynolds CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. (1989). The Pittsburgh sleep quality index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 28: 193- 213.
- Cabon, P., Mollard, R., Coblentz, A. (1995). Sommeil et vigilance des conducteurs de train. In : Vallet' M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p.221-228
- Callard, D., Davenne, D., Gauthier, A., Lagarde, D., and Van Hoecke, J. (2000). Circadian rhythms in human muscular efficiency: continuous physical exercise versus continuous rest. A crossover study. *Chronobiol Int* 17:(5) 693-704.
- Camus, J-F. (1996). *La psychologie cognitive de l'attention*. Paris : Masson & Armand Colin.
- Camus, J-F. (2003). L'attention et ses modèles, *Psychologie française*, 48, 5818.
- Carr, D. et coll., (1992). The effect of age on driving skills, *J. Am. Geriatr. Soc.*, 40, 567.
- Carskadon M. (1990). Adolescent sleepiness: increased risk in a high-risk population, *Driving*, 5(4)-6(1), p. 317-328.
- Catani, M. et Verney, P. (1986). Se ranger des voitures. Les mecs de Jaricourt et l'auto-école. Paris : Méridiens klincksieck, coll. sociologique au quotidien.
- Cavallo. V., Mestre, D., Berthelon, C. (1997). Time-to-collision judgments: visual and spatio-temporal factors. In; Rothengatter, J.A., Carbonell Vaya. E.I. (Eds.), *Traffic and transport psychology; theory and application*. Elsevier Science Publisher, Pergamon Press, 97-112.
- Chabrol A. (2000). La sécurité routière: un enjeu de santé publique majeure, *Bulletin de l'Ordre des Médecins*, dossier sécurité, p. 5-16.

- Charaa N. (1998). *Typologie du sommeil*, Thèse de médecine, Faculté de Médecine, Sousse, Tunisie, n° 1195.
- Challamel, M.J., Clarisse, R., Levi, F., Laumon, B., Testu, F., Touitou, Y. (2001). *Rythmes de l'enfant. De l'horloge biologique aux rythmes scolaires*. Paris : Inserm.
- Chance, M.R.A., et Larsen, R.R. (1976). *The social structure of attention*. New York: Wiley.
- Charman, W. N. (1985). Visual standards for driving. *Ophtal. Physiol. Opt.* 5 (2): 211-220.
- Chenel, Y. (1986). *Les chemins de fer*, « Que-Sais-Je », Paris : P.U.F.
- Chipman, M.L., McGregor, C.G., Smiley, A.M., Lee-Gosselin, M. (1993). The role of exposure in comparisons of crash among different drivers and driving environments. *Accident Analysis & Prevention*, 25 (2), 207-211.
- Chiron, M., Gedegbeku, B., Charnay-Collet, P., N'Diaye, A., Vergnes, I. (2000). Victimes d'accidents de la circulation âgées de 65 ans et plus : apport du registre des victimes d'accidents de la circulation du Rhône. ONISR, Grands thèmes de la sécurité routière en 2000. *La documentation Française*, Paris, 98-100.
- Clarisse, R., Testu, F., Maintier, Alaphipe, D., Le Floc'h, N., Janvier, B. (2004). Etude comparative des durées et des horaires du sommeil nocturne d'enfants de cinq à dix ans selon leur âge et leur environnement socio-économique. *Archives de pédiatrie*, 11, 85-92.
- Clarke D.D., Ward P., Truman W. (2005). Voluntary risk taking and skill deficits in young driver accidents in the UK. *Accident Analysis & Prevention*, 37(3), 523-529.
- Cloninger Cr. (1987). A systematic method for clinical description and classification of personality variants. *Arch. Gen. Psychiatry*, 44, 573-588.
- Clot, J., Esteve, D., Muzet, A., Chan M. (1992, mai). *Evaluation de la vigilance des conducteurs*, Rapport LAAS, N°92195, Toulouse.
- Coblentz, A. (1989). *Vigilance et performance de l'Homme dans les systèmes automatisés*. A. Coblentz ed. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 324p. (Natio ASI Series D): *Behavioural and Social Sciences*, vol. 49).
- Coblentz, A. (1991). *Influence de l'automatisation sur la vigilance des pilotes d'avion de transports au cours de vols de longue durée. Phase II: variabilité des états de vigilance au cours des vols de longue durée*. Paris: LAA, 102 (Doc. A-A, 269-291).
- Codol J.P. (1975). On the so-called superior conformity of the self behaviour: Twenty experimental investigations. *European Journal of Social Psychology*, 5, 457-501.
- Colquhoun, W.P. (1971). *Circadian variations in mental efficiency*. London: Academic.

- Connors, J.R., et coll., (2002). Driver sleepiness and risk of serious injury to car occupants: population based case control study. *BMJ*, 324 (7346), 1125-11235.
- Consiglio, W., Driscoll, P., Witte, M., Berg, W.P. (2003). Effects of cellular telephone conversations and other potential interference on reaction time in braking response. *Accident Analysis & Prevention*, 35, 495-500.
- Corbé, C. (1994). Réglementation visuelle pour la conduite automobile, *Réalités Ophtalmologiques* 15: 33-35.
- Costelle, D. (1978). *Histoire de l'aviation*, Paris: Larousse.
- Cox, A.B., Cox, D.J. (1998). Compensatory driving strategy of elder's people may increase driving risk, *J. Am. Geriatric Soc.*, 46, 1058-1059.
- Daigneault, S., Braun, C. M. J., & Whitaker, H. A. (1992). Early effects of normal aging on perseverative and non-perseverative prefrontal measures. *Developmental Neuropsychology*, 8, 99-114.
- Davies, D.R., Parasuraman, R., (1982). *The psychology of vigilance*. Academic Press.
- Dawson, D., Reid, K. (1997). Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature*, 388 (6639), 235.
- Debilly, G., (1991). Rythme activité-repos du personnel navigant aérien. Journée d'étude de l'INRETS, *Le maintien de la vigilance dans les transports*, Editions Paradigme, 185-190.
- De Degier, J.J. (1995). Estimation of psychotropic drugs secondary effects on the vigilance. In : Va!let' M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 101-110.
- De Joy, D.M. (1990). Spontaneous attributional thinking following near-miss and loss-producing traffic accidents. *Journal of Safety Research*, 21(3), 115-124.
- De Keyser, V., (1989). L'erreur humaine, *La recherche*, 1444-1455.
- Delhomme, P., Villieux, A. (2005). Adaptation française de l'échelle de colère au volant D.A.S. : quels liens entre colère éprouvée au volant, infractions et accidents de la route déclarés par de jeunes automobilistes ? *European review of applied psychology*, 3, 55, 187-205.
- Delhomme, P., Villieux, A. (2008). Colère au volant, colère générale et situations de conduite génératrices de colère : une étude par carnet de bord, *Bulletin de psychologie*, Tome 61 (2), N°494, 115-129.

- Delvolvé, N. (2005). *Tous les élèves peuvent apprendre. Aspects psychologiques et ergonomiques des apprentissages*. Paris : Hachette Education.
- Desir, D., Van Cauter, E., Refetoff, S., Fang, V.S., Goldstein, J., (1983). Hormonal changes after jet-lag in normal man. *Adv. Biol. Psychiatr.* 11, 60-63.
- De Terssac, G., Queinnec, Y., Thon, P., (1983). Horaires de travail et organisation de l'activité de surveillance, *Le Travail humain*, 46, 1, 65-79.
- Dinges D. (1992). Adult napping and its effects on ability to function, In: Stampi C. (editor), Why we nap? Evolution, chronobiology, and functions of polyphasic and ultrashort sleep, Birkhauser éd., Boston, Etats-Unis, p. 118-134.
- Dinges, D. (1995). An overview of sleepiness and accidents, *Sleep Res.*, 4(2), 4-14.
- Dobbs, A.R. (1997). Evaluating the driving competence of dementia patients, *Alzheimer Disease and associated disorders*, 11 (1), 8-12.
- Dogniaux, A. (1978). Approche quantitative et qualitative d'un problème de sécurité industrielle, *Journal of Occupational Accidents*, 1, 311-330.
- Domont, A., Meslier, Y., Catilina, P. ((1994).. Presbytie, capacité visuelle et conduite automobile, *Le Concours Médical*, 29.10.
- Duffy, E. (1962). *Activation and behaviour*, New York, J. Wiley.
- Duffy, J.F., Kronauer, R.E., Czeisler, C.A. (1996). Phase-shifting human circadian rhythms: influence of sleep timing, social contact and light exposure, *J. Physiol.*, 495, 289-297.
- Duchek, J.M., Hunt, L., Ball, K., Bukles, V., Morris, J.C. (1997). The role of selective attention in driving and dementia of the Alzheimer type. *Disease and Associated Disorders*, 11 (Suppl.1), 42-47.
- Dussault C. (2000). Le nouveau système graduel à la conduite au Québec, Fondements et résultats préliminaires, *Recherche Transports Sécurité*, n° 67, p. 7-20,
- Ebbinghaus, H. (1964). *Memory*. New-York : Dover Publications.
- Enns, J.T. (1990). The development of attention: Research and theory. *Advances in psychology*, 69, Amsterdam: North-Holland.
- Evans, L. (1988). Older driver involvement in fatal and severe traffic crashes. *Journal of Gerontology: social science*, 43, 6, 186-193.
- Evans, L. (1991). *Traffic safety and the driver*. Van Nostrand Reinhold, New York, Etats-Unis.

- Evans, L. (2000). Risks older drivers face themselves and threats they pose to other road user, *Int. J. Epidemiol.*, 29, 315.
- Evans, L. (2004). *Traffic Safety*. Science Serving Society: Bloomfield Hills.
- Estur, P. (1987). *Longs cours: navires et marins*, Versailles: Pen Duck.
- Faverge, J.M., Olivier, M., Delahaut, J., Stephaneck, P. et Falmagne J.C. (1967). *L'ergonomie des processus industriels*. Bruxelles, Ed. de l'institut de Sociologie de l'ULB.
- Fayada C., Coutier L. (1995). Les capacités d'attention des conducteurs de train, In : Vallet M., Khardi S., (Sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 213-219,
- Feunteun, P. (2000). Fluctuation journalière de la vigilance en milieu scolaire chez les élèves de 6 à 11 ans. Effets de l'âge et du niveau scolaire ; effets de synchroniseurs sociaux, *revus de psychologie de l'éducation*, 1, 75-91.
- Fevre-Montange, M., Van Cauter, E., (1981). Effect of jet-lag on hormonal patterns II, Adaptation of melatonin circadian periodicity. *J. Clin. Endocrino. Metabol.*, 52, 4, 642-649.
- Filors, C.W. (1996, February). The original "twenty-four hour society": issues of fatigue and accidents at sea. In: *Proceedings of the Second International Conference on Fatigue and Transportation*, Fremantle, Australia, 11-16.
- Findley, L.J., Fabrizio, M., Thommi, G., Suratt, P.M. (1989). severity of sleep apnea and automobile crashes. *New Eng. J. Med.*, 320, 868-869.
- Fisk, J.E. & Sharp, C.A. (2004). Age-related impairment in executive functioning: updating, inhibition, shifting and access. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26(7), 874-890.
- Folkard, S. (1975). Diurnal variation in logical reasoning. *British Journal of Psychology*, 66, 1, 1-8.
- Folkard S., (1979). Time of day and level of processing. *Memory and cognition*, 7, 247-252.
- Folkard S., (1990). Circadian performance rhythms: some practical and theoretical implications, *Phil. Trans. R. Soc. Lond*, 327, p. 543-553.
- Folkard S., (1997). Black times: temporal determinants of transport safety, *Accident Analysis & Prevention*, 29(4), 417-30.

- Folkard S., Knauth, P., Monk T.H., Rutenfranz, J. (1976). The effect of memory load on the circadian variation in performance efficiency under a rapidly rotating shift system – *Ergonomics*, 19: 479-488.
- Folkard, S., Monk, Th. (1980). Circadian rhythms in human memory. *British journal of psychology*, 71, 295-307.
- Folkard S., Monk T.H., Bradbury R., Rosenthal J. (1977). Time of day effects in school children's immediate and delayed recall of meaningful material- *British Journal of Psychology*; 68 : 45-50.
- Fontaine, H.,Hubert, J.-P. (1997). Evolution de l'usage de l'automobile et du risque d'accident. *Recherche Transports Sécurité*, 57, 7-20.
- Fontaine, H. (2003). Age des conducteurs de voiture et accidents de la route. Quel risque pour les séniors ? *Recherche Transports Sécurité*, 79, 107-120.
- Forsythe, E., Maycock, G. & Sexton, B (1995). *Cohort study of learner and novice drivers: Accidents, offences and driving experience in the first three years of driving*. Project Report 111, Transport Research Laboratory. Crowthorne.
- Fortin, A. (1980). Une nouvelle façon de concevoir le monde. *Possibles*, vol. 4, no 3-4, 179-191.
- Fotinos, S., Testu, F. (1996). *Aménager le temps scolaire*. Paris : Hachette éducation.
- Fraisse, P. (1980). Eléments de chronopsychologie. *Le travail humain*, 43, 353-372.
- Fraisse, P. (1983). Les rythmes de la vigilance et des activités, in H. Montagner, *les rythmes de l'enfant et de l'adolescent*, Paris, Stock, Laurence Pernoud, 163-174.
- Fröberg, J. (1977). Twenty-four-hour Patterns in Human performance, subjective and physiological variables and differences between Morning type and Evening type subjects, *Biological Psychology*, 5, p. 119-134.
- Gabaude, C. (1998). Capacités visuo-attentionnelles des conducteurs âgés *Ann. Med. Trafic*, 3, 12-25.
- Gabaude, C., Pauzie, A. (1997). Le conducteur âgé: capacités fonctionnelles, tests d'évaluation, sécurité routière, *Rapport LESCO, n°9010*.
- Gadbois, C. (1990). Dimensions temporelles de l'action et fiabilité des systèmes socio-techniques, Ch III, in : J. Leplat et G. De Terssac, *les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes*, pp. 159-187, Octares, Toulouse.
- Gadbois, C., Prunier- Poulmaire, S., (1998). Le temps du procès : une activité cognitive à l'épreuve des heures et des jours. *Droit et cultures*, 36, 95-111.

- Gadbois, C., Gaudart, C., Guyot-Delacroix, S., Laville, A., Prunier-Poulmaire, S., Pueyo, V., & Weill-Fassina, A. (2000). Les temporalités dans le travail : effets et régulations. *Psychologie du travail et des organisations*, 6 (1-2), 45-67.
- Gallez, C., Orfeuill, J.-P., Polacchini, A. (1997). L'évolution de la mobilité quotidienne : croissance ou réduction des disparités ? *Recherche Transports Sécurité* (n°56), 27-42.
- Gadbois, C., Queinnec, Y. (1984). Travail de nuit, rythmes circadiens et régulation des activités, *Le travail humain*, 47, 3, 195-225.
- Gallo, J.J., Rebok, G.W., Lesicar, S.E. (1999). The driving habits of adults 60 years and older. *J. Am. Geriatric Soc.*, 47, 335-341.
- Gates, A.I. (1916). Variations in efficiency during the day, together with practice effects, sex differences and correlations, *University of California Publications in Psychology*, 2, 1-156.
- Ghata, N.J. (1991). Les donneurs de temps familiaux. In : Montagner (Eds), *les rythmes de l'enfant et de l'adolescent, ces jeunes en mal de temps et d'espace*, 185-188. paris : Stock, Laurence Pernoud.
- Gilles, P. (1999). *Psychologie différentielle*, Collection Grand Amphi, Breal.
- Girodet, J. (1976). *Grand dictionnaire de la langue française*, Paris : Bordas.
- Giscard, P.-H. (1967). *Conduite automobile et sécurité*, Paris, Ed. Presses Universitaires de France.
- Godard, A. (1972). *L'automobile dans la société*, Ed. de l'université de Bruxelles.
- Goel, N., Kim, H., Lao, R. (2005). Gender differences in polysomnographic sleep in young healthy sleepers, *Chronobiology International*, 22, 5, 905-915.
- Goffman, E. (1973). La mise en scène de la vie quotidienne [2. les relations en public]. Editions de Minuit.
- Goldenberg, F. (1991). Le sommeil du sujet normal. *Neurophysiologie clinique*, 21, 267-279.
- Gonthier, R., Bouzigues, J.-B., Bertrand, J.C. (1997). Problématiques posées aux médecins des commissions médicales primaires dans le cadre de leur formation, *Revue de Gériatrie*, 22, 353-358.
- Grange, B. (1996). Rapport du groupe de travail relatif à la procédure REAGIR, Conseil général des ponts et chaussées, *Affaire n°95-22-3*.

- Grau J.-Y, Amalberti R. (1995). Les erreurs d'attention en pilotage d'avion: un problème différent des pertes de vigilance, In : Vallet M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 189-197.
- Gresset, J., Meyer, F. (1994). Risk of automobile accidents among elderly drivers with impairments or chronic diseases. *Revue Canadienne de Santé Publique*, 85, p.282.
- Grillon, F (1985). *La vigilance et ses variations lors d'une conduite de longue durée : le cas de la conduite automobile*. Thèse de Psychologie. Ecole Pratique des Hautes études. Paris : France.
- Groeger, J.A. (2002). Trafficking in cognition: applying cognitive psychology to driving, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5, 235–248
- Groeger, J.A. Brown, I.D. (1989). Assessing one's own and others' driving ability: influence of sex, age and experience, *Accident Analysis and Prevention*, 21, 155-168.
- Gruau S., (2000, Octobre). Hypovigilance diurne et dégradation de l'aptitude de conduite automobile chez la personne âgée: Effets de la resynchronisation des rythmes circadiens par l'activité physique, *Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité routière*, Journée spécialisée INRETS.
- Gruau S., (2002). *Modification des rythmes circadiens chez la personne âgée par l'activité physique. Evaluation de ces effets sur le rythme de la température, le rythme veille-sommeil et les performances diurnes en conduite automobile simulée*. Thèse de doctorat : Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives. Université de Caen : France
- Hadj-Mabrouk A. (1999). *Chronobiologie de la vigilance et des performances appliquée au domaine des transports terrestres*, Thèse de médecine, Faculté de médecine de Sousse, Tunisie.
- Hadj-Mabrouk A., Hadj-Mabrouk, H., Dogui, M. (2001). Chronobiologie de la vigilance : approche d'application dans le domaine de la sécurité routière. *Recherche Transports Sécurité*, 73, 3-26.
- Haider, M., Spong, P., Lindsley, D.B. (1964). Attention, vigilance and cortical evoked potentials in humans. *Science*, 145, 180-182.
- Hakamies-Blomqvist, L. (1996). Research on older drivers: a review. *IATSS Research*, 20 (1), 91-101.

- Hakamies-Blomqvist, L., Henriksson, P. (1999). Cohort effects in older drivers' accident type distribution: are older drivers as old as they used to be. *Transportation Research Part F2*, 131-138.
- Halberg, F. (1979). Les rythmes biologiques et leurs mécanismes : base du développement de la chronopsychologie et de la chrono-ethnologie. In Fraise, P. et coll., *Du temps biologique au temps psychologique*. Paris : PUF.
- Halberg, F., Reinberg, A. (1967). Rythmes circadiens de basses fréquences en physiologie humaine. *Journal de physiologie*, 59, 1bis, 117-200.
- Halberg, F., Sifre, M., Engei, M., Hillman, D., Reinberg, A. (1965). Etude en libre cours des rythmes circadiens du pouls, de l'alternance veille-sommeil et de l'estimation du temps pendant les deux mois de séjour souterrain d'un home adulte jeune. *C.R. Acad. Sc. (Paris)*, 260, 1259-1262.
- Hamsher, K.S., Benton, A. L. (1977). The reliability of reaction time determinations. *Cortex*, 13: 306-310.
- Hancock. P.A., Verwey. W.B. (1997). Fatigue, workload and adaptive driver systems. *Accident Analysis & Prevention*. 29. 495-506.
- Haraldsson, P-O, Carenfelt, c., and Laurell. (1990). Driving vigilance simulator test. *Acta Otolaryngological*, 110, 136-140.
- Harris, W. (1977). Fatigue circadian rhythm and truck accidents In "*Vigilance*" col. R. MCKIE NATO conference series.
- Harris, W., Mackie, R.R., Abrams, C., Buckner, D.N., Harabedian, A., O'hanlon, J.F., Starks, J.R. (1972). *A Study of the relationships among fatigue, Hours of service and safety of operations of truck and bus drivers*. Report 1727 - 2 - PB 213, 963 Human Factors Research Inc.
- Hartzler B. and Fromme K. (2003). Cognitive-behavioural profiles of college risk-takers with Type II and psychopathic personality traits. *Addictive Behaviours*, 28, 315-326.
- Haug, H., & Eggers, R. (1991). Morphometry of the human cortex cerebri and corpus striatum during aging. *Neurobiology and Aging*. 12(4), 336-338.
- Head, H. (1923). *The conception of nervous and mental energy II: vigilance: A physiological state of the nervous system*. British
- Heintz J.-G., (1992). Vigilance et attention, quels rapports avec la sécurité ferroviaire? *Revue générale des chemins de fer*, 11, 15-24.

- Henderson, R., Burg, A. (1973). *The role of vision and audition in truck and bus driving*, TML 5260, Santa Monica.
- Henderson, R., Burg, A. (1974). *Vision and audition in driving*. Final report DOT HS 801265, Santa Monica.
- Hildebrandt, G., Stempel, H. (1977). Chronobiological problems of performance and adaptation capacity, *Chronobiologia*; 4, 103-115.
- Hingson, R., Winter, M. (2003). Epidemiology and consequences of drinking and driving. *Alcohol: research & health*, 27, 1, 63-78.
- Honma, K., Honma, S., Nakamura, K., Sasaki, M., Endo, T., Takahashi, T. (1995). Differential effects of bright light and social cues on reentrainment of human circadian rhythms, *Am. J. Physiol.*, 268, 528-535.
- Horne, J.A., Brass, C.G. & Pettitt, A.W. (1980). Circadian performance differences between morning and evening “type”. *Ergonomics*, 23, 29-36.
- Horne, J.A, Ostberg, O. (1977). A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness. *International Journal of Chronobiology*. 4, 97-110.
- Horne, J.A, Reyner, L.A. (1995). Sleep related vehicle accident. *BMJ*, 310 (6979), 565-567.
- Horne, J.A, Reyner, L.A. (2000). Sleep-related vehicle accidents: some guides for road safety policies, *Transportation Research Part F4*, 63-74.
- Horrey, W.J, Wickens, C.D. (2004). Driving and side task performance: the effects of display clutter separation and modality. *Human Factors*, 46, 611-624.
- Huisman, D., Vergez, A. (1961). Les grandes fonctions de la psychologie. *Encyclopédie de la psychologie, Tome I*, 93-132.
- Huteau, M. (1987). *Style cognitif et personnalité- la dépendance/indépendance à l'égard du champ*. Lille: Presses Universitaires de Lille.
- Isingrini, M., & Vazou, F. (1997). Relation between fluid and frontal lobe functioning in older adults. *The International Journal of Aging and Human Development*, 45, 99-109.
- INSERM (2001). *Rythmes de l'enfant. De l'horloge biologique aux rythmes scolaires*. Les Edition Inserm. Paris.
- Iversen, H., Rundmo, T. (2002). Personality, risky driving and accident involvement among Norwegian drivers. *Personality and Individual Differences*, 33, 1251–1263.
- Janvier, B., Testu, F. (2005). Développement des fluctuations journalières de l'attention chez des élèves de 4 à 11 ans, *Enfance*, 2, 155-170.

- Jeammet P. (1994). Dépendance et séparation à l'adolescence, point de vue psychodynamique. In: D. Bailly and J. Venisse, Editors, *Dépendance et conduites de dépendance*, Masson, Paris, 134–144.
- Jean-Guillaume, D. (1974). *Du retentissement du poste scolaire sur l'équilibre rythmique et physiologique de l'enfant prépubère*. Besançon, (Thèse de médecine).
- Johns, M. W. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: the Epworth sleepiness scale. *Sleep* 14 (6) 540-5.
- Johnson, C. A., Casson, E. J. (1995). Effects of luminance, contrast, and blur on visual acuity. *Optometry and vision science*, 72(12): 864-869.
- Johnston, A.W. Cole, B. L., Jacobs, R. J. Gibson, A. J. (1976). Visibility of Traffic Control Devices: Catering for the Real Observer. *Ergonomics*, 19 (5), 591-609.
- Khaldi S., Hernandez-Gress, N. (2000). Validation d'un nouveau système hybride de diagnostic de l'état de vigilance du conducteur, *Recherche Transports Sécurité*, n°66, 101-114.
- Khaldi S., Olivier, D. et Vallet M. (1995). La vigilance en conduite automobile réelle. Une analyse pseudo-quantitative des signaux physiologiques et cinématiques. Presses Universitaires de Lyon, p. 259-263.
- Keegan, D. (1996). Road Citizenshy, *Recoveris*, vol. 7, n°2.
- Kerkhof, G. A. (1985). Interindividual differences in the human circadian system: a review. *Biol. Psycholo.*, n°20, P83-112.
- King, Y., Parker, D. (2008). Driving violations, aggression and perceived consensus, *Revue européenne de psychologie appliquée*, 58, 43–49.
- Klein, R., Armitage, R. (1979). Rhythms in human performance: 1 ½ hours oscillation in cognitive style. *Science*, 204, 1326-1328.
- Kleitman, N. (1963). *Sleep and wakefulness*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kleitman, N., Hoffman, H. (1937). The establishment of the diurnal temperature cycle. *American journal of physiology*, 119, 48-54.
- Knipling R, Walter W. (1995). Us NHS research: vehicle-based drowsy driver detection, In : Vallet M., Khaldi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 317-326.

- Knipling R, Wan J. (1994). Crashes and fatalities related to driver drowsiness/fatigue, Research Note from the Office of Crash Avoidance Research, *National Highway Traffic Safety Administration*, Washington.
- Koutedakis, Y. (1995). Seasonal variation in fitness parameters in competitive athletes. *Sports Med*, 19: 373-392.
- Kozena, L., Frantik, E., Horvath, M. (1995). Vigilance impairment after a single dose of benzodiazepines. *Psychopharmacology*, 119. 39-46.
- Laberge-Nadeau, C, Maag, U., Bellavance, F., Lapierre, S.D., Desjardins, D., Messiers, S., Saïidi, A. (2003). Wireless telephones and the risk of road crashes. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 649-660.
- Labiale G. (1995). L'attention et la charge mentale: Applications aux informations de navigation dans la voiture, In : Vallet M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 249-258.
- Lafont, P. (1990). Un exemple d'enjeu de la vigilance : la circulation sur autoroute. In Vallet, M. (sous la direction de), *Le maintien de la vigilance dans les transports*, Edition Paradigme, 23-29.
- Lafont, S., Laumon, B. (2003). Vieillesse et gravité des atteintes lésionnelles des victimes d'accidents de la circulation routière. *Recherche Transports Sécurité (n°79)*.
- Lagarde D. et al. (2000, octobre). Conséquences d'une perturbation du rythme veille/sommeil, *Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité routière*. Journée spécialisée INRETS.
- Lajunen, T., Parker D. (2001). Are aggressive people aggressive drivers? A study of the relationship between selfreported general aggressiveness, driver anger and aggressive driving. *Accident Analysis and Prevention*, 33(2), 243–255.
- Lajunen T., Summala H. (2003). Can we trust self-reports of driving? Effects of impression management on driver behaviour questionnaire responses. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 6 (2), 97–107.
- Lancry, A. (1986). *Mémoire et vigilance: approche chronopsychologique différentielle*; Thèse de Doctorat d'Etat; Université de Lille III.
- Lancry, A., (1988). L'apport de la chronopsychologie à la psychologie du travail, in Leconte P., et coll., *Chronopsychologie. Rythmes et activités humaines*; Lille : Presse Universitaire de Lille, p 275.

- Langlois, J. (1989). Capacités visuelles et conduite d'un véhicule "bien voir pour bien conduire". *Document intermédiaire*, Normandie.
- Langlois, P.H., Smolensky, M.H., Hsi, B.P., Weir, FW. (1985). Temporal patterns of reported single-vehicle car and truck accidents in Texas, U.S.A. during 1980-1983, *Chronobiology International*, 2, 2, 131-140.
- Laplanche, J., Pontalis (1994). *Vocabulaire de la psychanalyse*, Paris: PUF.
- Laude, G. (1974). *Des aspects physiologiques de la vie préscolaire*. Besançon, Thèse de médecine.
- Laumon, B., (2002). *Analyse des biais dans la connaissance épidémiologique des accidents de la route en France*, *Epidémiologie et Santé Publique*, 50 : 277-285.
- Lauwereys, J.P. (1995). La réduction de la mobilité des conducteurs âgés. *La revue de gériatrie*, 20 (10), 635-646.
- Lavie P. et al. (1986). Frequency of sleep related traffic accidents and hour of the day, *Sleep Res.*, 15, p. 175.
- Leconte, P. (1988). De rythmes biologiques aux rythmes psychologiques. In : Leconte, P., Lambert, C., Lancry, A. (Eds). *Chronopsychologie : rythmes et activités humaines* (pp 17-130). Lille : Presse Universitaire de Lille.
- Leconte, P. et Lambert, C. (1990). *La chronopsychologie*, coll. Q-S-J. Paris : PUF.
- Leconte, P., Lambert, C. (1991). *Les rythmicités de l'efficienc e attentionnelle : apports théoriques et réflexions pratiques*. Habilitation à diriger des recherches, Université de Lille III.
- Leconte, P. et Lambert, C. (1994). Fonctionnement attentionnel et chronopsychologie : quelques données actuelles chez l'enfant de maternelle et primaire. *Enfance*, 4, 408-414.
- Leconte, P., Lambert, C. (1995). *La chronopsychologie*, 2ème Edition, coll. Q-S-J. Paris : PUF.
- Lee-Gosselin, M. E.H. (1995). Une journée de conduite: durée et rythmes des trajets automobiles. In Va!let' M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 277- 286.
- Lefebvre, C. (1988). *Cours de psychologie et de psychopédagogie sur la conduite automobile*. Documents destinés aux stagiaires du BAFM. Nevers : ENSER (EFCASER).

- Lefebvre (1996). La conduite automobile : un espace potentiel pour l'apprentissage, la socialisation, l'insertion, *Revue Pratiques Psychologiques*, 2, 12-20.
- Le Floc'h, N., (2005). *Approche écosystémique des rythmicités attentionnelles de l'enfant. Etude des effets des aménagements du temps scolaire, des loisirs collectifs et du travail parental sur les niveaux et les variations de l'attention de l'enfant de 5 à 10 ans. Thèse de Psychologie*. Université François Rabelais. Tours : France.
- Léger, D., Paillard. M. (1997). Sommeil et accidents. *Confrontations et psychiatriques*, 38,283-308.
- Lehmann, G. (1962). *Biological cycles and performances of work*, New York, p. 385.
- Lehman, M.N, Silver, R., and Bittman, E.L. (1991). anatomy of suprachiasmatic nucleus grafts, *Suprachiasmatic nucleus: the mind's clock*, 349-374. Oxford University Press.
- Lenne, M.G. et al. (1998). Interactive affects of sleep deprivation, time of day, and driving experience on a driving task, *Sleep*, vol. 21, n°1.
- Leplat, J., (1985). *Erreur humaine, fiabilité humaine dans le travail*, A. Colin, Paris.
- Leplat, J. (2000). *L'analyse psychologique de l'activité en ergonomie : aperçu sur son évolution, ses modèles et ses méthodes*, Octarès Ed., 164 p.
- Leplat, J., Montmollin, M. (2001). *Les compétences en ergonomie*, Octarès Ed.
- Le Quéau, P., Olm, C., (1999). Accidents de la route : une minorité de jeunes prend tous les risques, *Consommation et modes de vie (CREDOC°*, n°138.
- Levine N. et al. (1995). Daily fluctuations in Honolulu motor vehicle accidents, *Accident Analysis & Prevention*, 27(6), p. 785-96, décembre.
- Lieberman, H.R., Wurtman, J.J ; (1989). Circadian Rythms of Activity in Healthy Young and Elderly Humans. *Neurobiol. Aging*, 10, 259-265.
- Lieury, A., Boujon, Jan (1996). *Manuel de psychologie de l'éducation et de la formation*. Paris : Dunod.
- Lisper, H.-O., Ericsson, S. (1973). Effects of signal frequency on increase in reaction time in a 10-minute auditory monitoring task, *Journal of Experimental Psychology*, 98 (2), 316-319.
- Livingstone, M. (1990). Segregation of form, colour, movement and depth processing in the visual system: anatomy, physiology, art, and illusion. In Cohen, B., Bodis Wollner, editor. *Vision and the brain*, 119-138. Raven Press Ltd, New York.
- Liu J.Y. (1998). Teenage driving fatalities, *J. Pediatr. Surg.*, 33(7), 1084-1088.

- Loewenstein, R.J., Weingartner, H., Gillin, J.C., Kaye, W., Ebert, M. and Mendelson, W.B.. (1982). Disturbance of sleep and cognitive functioning in patients with dementia, *Neurobiology of aging*, 3, 371-377.
- Logie, R.H., Cocchini, G., Della Sala, S., Baddeley, A.D. (2004). Is there a specific executive capacity for dual task coordination? Evidence from Alzheimer's disease. *Neuropsychology*, 18 (3), 504-513.
- Lohr, B., Siegmund, R. (1999). Ultradian and circadian rhythms of sleep-wake and food-intake behaviour during early infancy. *Chronopsychology international*, 16, 129-148.
- Lonero, L.P. (1998). Risk mentality: why drivers take the risk they do. And how can we help ? *Communication au World Traffic Safety Symposium* (New York Auto Show).
- Loriot, J. (1990). Les anomalies fonctionnelles de la vision et les accidents de la route. *L'opticien lunetier* 443: 29-32.
- Lovsund, P., Hedin, A. and Tornros, J. 1991. Effects on driving performance of visual field defects: a driving simulator study. *Accid. Anal. and Prev.* 23(4): 331-342.
- Lussier, F. Flessas, J. (2003). Le développement de l'attention chez l'enfant et l'adolescent. *Psychologie française*, 48, 1, 71-88.
- Lyzniki J.M, et al. (1998). Sleepiness, driving, and motor vehicle crashes, Council on scientific Affairs, *J. of the American Medical Association (JAMA)*, 279(23), 1 908-1 913.
- Madre, J.-L., (1997a). Comment se déplacent les personnes âgées et/ou les handicapés ? *Recherche Transport et Sécurité*, 56, 87-94.
- Madre, J.-L., (1997b). L'enquête transports. *Recherche Transports Sécurité*, 56, 6-8.
- Maes, V., Grenez, O., Charlier, c., Smer. H., Verstraete, A., Wenning, R. (1999). Classification of medicines according to their influence on driving ability. *Acta Clinica Belgica*, 1, 82-88.
- Magnin, P. (1990). Le sommeil et le rêve. Paris : PUF.
- Makishita, H., Matsunaga, K. (2008). Differences of drivers' reaction times according to age and mental workload, *Accident Analysis and prevention*, 40 (20), 567-575.
- Malaterre, G. (2000). Risqué et sécurité sur la route, *Projet*, n°261, 73-82.
- Malaterre, G., Fontaine, H. (1990). Evaluation a priori des aides au maintien des aides de la vigilance. In Vallet, M. (sous la direction de), *Le maintien de la vigilance dans les transports*, Edition Paradigme, 73-80.

- Manly, T., Aderson, V., Nimmo-Smith, I. Turner, A., Watson, P., & Robertson, I.H. (2001). The differential assessment of children's attention: the Test of Everyday Attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD Performance. *Journal of the Child Psychology and Psychiatry*, 42, 1065-1081.
- Manly, T., Robertson, I.H., Aderson, V., Nimmo-Smith, I. (1999). *TEA-Ch: the test for Everyday Attention for Children*. England: Thame Valley Test Company Limited.
- Marais, J.-G. (1970). L'aviation commerciale « Q-S-J », Paris : PUF.
- Marckworth, J.-F. (1969). *Vigilance and habituation : a neuropsychological approach*, Penguin Books.
- Marin-Lamellet, C. (1993). *Eléments de réflexion sur l'interface conducteurs âge-système d'aide à la navigation : expression du vieillissement sur la prise et le traitement d'informations visuelles en situation d'attention partagée*. Thèse de Chimie et Biologie. Université Claude Bernard-Lyon 1. Lyon : France.
- Marin-Lamellet, C. (2005). Déficiences attentionnelles dans la maladie d'Alzheimer et Conduite automobile, *Revue Neurologique*, 161 (12), 2, 118-119.
- Marottoti, R., Drickamer, M. (1993). Psychomotor mobility and the elderly driver, *Clin. Geriatr. Med.*, 9, 403.
- Matier, K., Wolf, L.E., Halperin, J.M. (1994). The psychometric properties and clinical utility of a cancellation test in children. *Developmental neuropsychology*, 10, 165-180.
- Mattmann, P., Loepfe, M., Scheitlin, T., Schmidlin, D., Gerne, M., Strauch., I., Lehmann. D., Borbely, A.A. (1982). Day-time residual effects and motor activity after three benzodiazepine hypnotics. *Drug Research*, 32 (1), 461-465.
- McCartt A.T. (1996). The scope and nature of the drowsy driving problem in New York State, *Accident Analysis & Prevention*, 28(4), p. 511-517.
- McCartt, A.T., Hellinga, L.A., Braitman, K.A (2005). *Cell phones and driving: Review of Research*. Insurance institute for Highway Safety: Arlington.
- McDowd, J.M., & Craik, F.I.M. (1988). Effects of aging and task difficulty on divided attention performance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14, (2), 267-280.
- McEvoy, S.P., Stevenson, M.R., Woodward, C.H., Palamara, P., Cercarelli, R. (2005). Role of mobile phones in motor vehicle crashes resulting in hospital attendance: a case-crossover study. *BMJ*, 331, 428-432.

- McGwin G. & Brown D.B. (1999). Characteristics of traffic crashes among young, middle-aged, and older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 31(3), 181-198.
- McKenna, F.P., Stanier, R.A., Lewis, C. (1991). Factors underlying illusory self-assessment of driving skill in males and females, *Accident Analysis & Prevention*, 23, 45-52.
- McKnight, A.J. & McKnight, A.S. (1993). The effect of cellular phone use upon driver safety. *Accident Analysis & Prevention*, 25, 259-265.
- McKnight, A.J. & McKnight, A.S. (2000). *The behavioural contributors to highway crashes of youthful drivers*. 44th Annual Proceedings Association for the Advancement of Automotive Medicine, Chicago.
- Menini, C. (1989). La vigilance. Document ronéotypé. Université Paris-Sud.
- Menzin, J., Lang, K.M., Levy, P., Levy, E. (2001). A general model of the effects of sleep medications on the risk and cost of motor vehicle accidents and its application to France. *Pharmacoeconomics*, 19 (1), 69-78.
- Michon, J.A. (1989). Eplanatory pitfalls and rule-based driver models. *Accidents Analysis and prevention*, 21, 341-353.
- Minet, F. (1996). *L'analyse de l'activité et la formation des compétences*, Paris, Editions L'Harmattan, 156 p.
- Minors, D.S., Waterhouse, J.M. (1981). *Circadian rhythms and the human*, Bristol, Wright and Sons Public.
- Miyake, A., Friedman, N.P., Emerson, M.J., Witzki, A.H., Howerter, A. & Wager, T.D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41 (1), 49-100.
- Moll, I., Buccafusca, G.C., Juillerat Van der Linden, A.-Cl. (2000). Les aspects cognitifs de la conduite automobile et leur évaluation chez les personnes âgées et les patients Alzheimer, *Médecine et Hygiène*, 58, 903-906.
- Mollard, R., Cabon, H., Coblenz, A., Fouillot, M., Benaoudia, Speyer, J.-J. (1995). Prévention de l'hypovigilance et gestion des repos des pilotes d'avions long-courriers. In Vallet' M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 179--188.

- Mollard, R., Coblentz, A., Cabon, H., (1999). Détection de l'hypovigilance chez les conducteurs de train. In Vallet' M., *le maintien de la vigilance dans les transports*, Editions Paradigme, 65-71.
- Monk, T.H., Leng, V.C. (1982). Time of day effects in simple repetitive tasks: some possible mechanisms, *Acta Physiologica*, 51, 207-221.
- Monk, T.H., Leng, V.C. (1986). Interaction between inter-individual and inter-task differences in the diurnal variation of human performance, *Chronobiology International*, 3, 3, 171-177.
- Monk T.H. et coll. (1983). Task variables determine which biological clock controls circadian rhythms in human performance, *Nature*, 304, p. 543-545.
- Monk T. H. et coll. (1985). Circadian factors during sustained performance: Background and methodology, *Behaviour Research, Instruments & Computers*, 17(1), 19-26.
- Monk T.H. (2008). Shift work and circadian rhythms, *Sleep Medicine Clinics*, 3, 1, 13-24.
- Monot, A. (1996). Traitement de l'information visuelle : aspect monoculaire. *Cours de la Maîtrise d'Optométrie*, Orsay.
- Montagner, H. (1980). Les rythmes de vie de l'enfant et de l'adolescent. *Rapport de synthèse du Colloque du Syndicat National des Instituteurs et Professeurs d'Enseignement Général de Collège*. Paris.
- Montplaisir J. et al. (1995). Performances des hypersomniaques à un test de stimulation de conduite automobile, In : Vallet M., Khaldi S. (sous la direction de), *vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 23-29.
- Moore, R.Y ; (1983). Organisation and function of a Central Nervous System Circadian Oscillator: The suprachiasmatic nucleus. *Fed. Proc*, 42: 2783-2789
- Moore-Edde, M. C., Sulzman, F.M., Fuller, CA. (1982). *The clocks that time us*. Cambridge and London; Harvard University Press.
- Most, S.B, Astur, R.S. (2007). Feature-based attentional set as a cause of traffic accidents, *Visual Cognition*, 15 (2), 125-132.
- Muzet A. (2000, Octobre). Hypovigilance et conduite automobile, in *Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité routière*. Journée spécialisée INRETS.
- Neboit, M. (1983). *Etude de l'exploration visuelle du tableau de bord d'une automobile*, Rapport sur contrat Renault / ONSER n°70320110.

- Novak R., Auvil-Novak S. (1996). Focus group evaluation of night nurse shift work difficulties and coping strategy, *Chronobiology International*, 13(6), p. 457-463.
- OCDE (2001). *Vieillesse et transports, Concilier mobilité et sécurité*. Publication OCDE.
- ONISR (2007). *La sécurité routière en France, bilan de l'année 2006*. La documentation Française, Paris.
- Orselli, J. (2003). *L'analyse statistique des variations spatio-temporelles des accidents de la route*, Conseil général des ponts et chaussées n°2002-0153-01, France, 205 p.
- Over, R. (1998). *Women behind the Wheel, Review of literature relating to male and female drivers*, Federal Office of Road Safety.
- Oyama, T. (1985). Background and the present status of reaction times studies. Japan, *Journal ergonomic*, 21 (24), 57-64.
- Pack A. (1995). Characteristics of crashes attributed to the driver having fallen asleep; *Accident, Analysis & Prevention*, 27(6), p. 769-775.
- Page, V. (1995). Jeunes conducteurs, apprentissage anticipé de la conduite et accidents de la route, in les cahiers de l'Observatoire National Interministériel de sécurité routière, *Etudes et évaluations*, 2, pp 15-55.
- Parasuraman, R. (1979). Memory load event rate control sensitivity decrements in sustained attention. *Science*, 205, 924-927.
- Park, D.C., Smith, A.D., Dudley, W.N. & Lafronza, V. (1989). The effects of age and a divided attention task presented during encoding and retrieval on memory, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and cognition*, 15, 1185-1191.
- Parker D, West R, Stradling S, Manstead AS (1995). Behavioural characteristics and involvement in different types of traffic accident. *Accident Analysis and Prevention*, 27(4), 571-81.
- Parot, R.D.F. (1991). *Dictionnaire de psychologie*. Paris : PUF.
- Patkai, P. (1971). Interindividual differences and diurnal variations, in alertness performance and adrenaline excretion. *Acta Physiologica Scandinavia*, 81, 35-46.
- Penin, R. (1998). *Du temps à ménager*. Cahors : Milan.
- Peretti-Waltel, P. (2000). *Sociologie du risque*. Paris : Edition Armand Colin.
- Perez-Diaz C. (2002). Le choix du risque. In: J.L. Venisse, D. Bailly and M. Reynaud, Editors. *Conduites addictives, conduites à risques : quels liens, quelle prévention ?* Masson, Paris

- Pervanchon-Simonnet, M. (1990). Etre magrébine et conduire : un permis social d'exister. In : *le comportement des conducteurs dans un contexte social*, Actes du symposium international des 16-18 mai 1989, 557-563, Caen : Paradigme.
- Pervanchon-Simonnet, M., Khoudour L., Delmas D. (1991). La voiture dans l'imaginaire des jeunes européens. *Rapport INRETS n° 137*, Arcueil : INRETS.
- Petit, E. (1991). *Nouvelle histoire mondiale de l'aviation*, Paris : Albin Michel.
- Philip, P., et coll. (1996). Determinants of sleepiness in automobile drivers. *J Psychosom Res.*, 41(3), 279-288.
- Philip, P., et coll. (2001). Fatigue, alcohol, and serious road crashes in France: factorial study of national data. *Bmj*, 322(7290), 829-830.
- Philip, P., Sagaspe, P., Moore, N., Taillard, Charles, A. Guilleminault, Bioulac, B. (2005). Fatigue, sleep restriction and driving performance, *Accident Analysis and Prevention*, 37, 473-478.
- Piaget, J. (1956). *Les stades de développement intellectuel de l'enfant à l'adolescent*. Paris: PUF.
- Piéron, H. (1963). *Vocabulaire de la psychologie*. Paris : PUF.
- Pittendrigh, C-S. (1960). Circadian rhythms and the circadian organisation of living systems. Cold Spring Harbor, Symp *Quant. Biol., Long Island, Biol. Assoc. NY*, 25, 159-182.
- Planque S. (1995). Baisse de vigilance et conduite automobile sur piste. In Vallet M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 327-340.
- Pokorny, M.L., Van Leuwen, P. (1981). Analysis of traffic accident data (from bus drivers). An alternative approach. I et II, in: Reinberg, Vieux et Andlauer (eds), *Night and Shift work : biological and Social Aspects..*
- Pottier, A., (2000). Sources d'information internes et externes à l'habitacle et distribution de l'attention en conduite automobile, *Rapports INRETS n°231*. Arcueil : INRETS.
- Poppele E., Aschoff J.c., Giedke H. (1970). Tagesperiodische Veränderungen der Reaktionszeit bei Wahlreaktionen - *eitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychology* ; XVII: 537-552.
- Pouey-Mounou, L. (1983). *Les transports dans notre vie*, Paris : Chiron.
- Prévot E., Leger, D. (2000). Accidents et somnolence diurne: aspects épidémiologiques et réglementaires. In *Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité routière*. Journée spécialisée INRETS.

- Prokop, O., Prokop, L. (1955). Ermüdung und Einschlafen am steuern. *Dtsch-Z-Gerichtl-Med*, 44, 343-355.
- Querrioux-Coulombier, G. (1989). Variations journalières de la sélection thématique au cours de la lecture. *L'Année Psychologique*, 89, 27-36.
- Querrioux-Coulombier, G., Gil, R. (1991). Variations journalières des composantes des potentiels évoqués. *Neurophysiologie clinique*, 21, 75-84.
- Querrioux-Coulombier, G. (1995). Chronopsychologie et ergonomie. *Psychologie Française*, 40, 27-34.
- Quimby, A., Causard, J.-P. (1996). Comportement déclaré de conduite, *Les conducteurs européens et la sécurité routière* (ouvrage collectif), Editions Paradigmes, 155-184.
- Racle, G. (1986). *La science des rythmes et la vie quotidienne*. Paris : Reitz.
- Randazzo, A.C. (1998). Cognitive function following acute sleep restriction in children ages, 10-14, *Sleep*, 21, 861-868.
- Raz, N., Gunning-Dixoll, F. M., Head, D., Dupuis, J. H., & Acker, J. D. (1998). Neuroanatomical correlates of cognitive aging: evidence from structural magnetic resonance imaging. *Neuropsychology*, 12(1),95-114.
- Redelmeir, D.A., Tibshirani, R.J. (1997). Association between cellular telephone calls and motor vehicle collision. *New England Journal of Medicine*, 336, 453-458.
- Reinberg, A. (2003). Chronobiologie médicale, chronothérapeutique. Paris : Flammarion.
- Reinberg, A., Andlauer, P., Guillet, P., Nicolai, A., Vieux, N., Laporte, A. (1980). Oral temperature circadian rhythm amplitude, ageing and tolerance to shift-work. *Ergonomics*, 23, 1, 55-69.
- Reinberg, A., Andlauer, P., Vieux, N. (1981). Tolérance au travail posté : une approche chronobiologique, *Le travail Humain*, 44, 1, 55-69.
- Reinberg, A., Ghata, J. (1978). *Les rythmes biologiques*. Paris : PUF (3^{ème} édition).
- Reinberg, A., Ghata, J. (1982). *Les rythmes biologiques*, 4^{ème} édition, Paris : PUF.
- Reinberg, A. E., Touitou, Y. (1996). Synchronization and dyschronism of human circadian rhythms. *Pathol. Biol.*, 44, 487-495.
- Renouard, J.M., 1996). Les représentations de la délinquance routière chez les conducteurs condamnés, *Questions pénales*, CESDIP, n°IX.
- Reuchlin, M. (1993). *Psychologie*. Paris : PUF.
- Richard, A. (1997). *Le cartable en sixième : son poids, son contenu*. Grenoble : CHU de Grenoble, mémoire pour le diplôme d'état de masseur-kinésithérapeute.

- Richard, J.-F. (1974). *Attention et apprentissage*. 1^{ère} édition. Paris : PUF
- Richard, J.F. (1980). *L'attention*. Paris: PUF.
- Richard, J-F. (2003). Editorial, *Psychologie française*, 48, 1, 2-3.
- Richardson G. et al. (1982). Circadian variation of sleep tendency in elderly and young adult subjects. *Sleep*, 5, p. 82-94.
- Riedel, W.J., Vemleeren, A., van Boxtel, M.P.J., Vuurman. E.F.P.M., Verdhey, F.R.J., Jolies. J., Ramaekers, J.G. (1998). Mechanisms of drug-induced driving impairment: a dimensional approach, *Human Psychopharmacology Clinical and Experimental*, 13, 549-563.
- Robbe, H., (1998). Marijuana's impairing effects on driving are moderate when taken alone but severe when combined with alcohol. *Human Psychopharmacology Clinical and Experimental*, 13, 570-578.
- Roche, M (1980). *La conduite des automobiles*. Q.S.J. Paris : PUF.
- Rogé. J., Pebayle, T., Muzet,. A. (2001). Variations of the level of vigilance and behavioural activities during simulated automobile driving. *Accident Analysis & Prevention*. 33.181-186.
- Rousseau, J., Latéa, M. (1958). *Histoire mondiale de l'automobile*, Paris : Hachette.
- Ruttenfranz, J., Aschoff, J., & Mann, H. (1972). The effects of cumulative sleep deficit, duration of proceeding sleep period and body temperature on multiple choice reaction times. In: Colquhoun, W.P. (Ed). *Aspect of human efficiency, diurnal rhythm and loss of sleep* (217-228). London: The English University Press.
- Ryan, G.A. (1998). Age-related changes in drivers' crash type, *Accident Analysis & Prévention*, 30(3), p. 379-387.
- Salthouse, T .A. (1996). The processing speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103, 403-428.
- Sanchez, F. (1996). Influence de l'âge et du sexe sur les attitudes et les comportements déclarés selon les pays, *Les conducteurs européens et la sécurité routière* (ouvrage collectif), Editions Paradigmes, 135-154.
- Sarmany, I. (1984). Interacting features of cognitive style (field dependence-independence) and operator's simulated work during a 24 hour cycle, II, Morning and evening type, *Studia Psychologica*, 26, 4, 323-330.
- Sauvignon (1992). *Approche objective de l'état de vigilance du sujet humain : relation avec le comportement moteur et incidence sur la mise au point d'un système de*

sécurité appliqué à la conduite ferroviaire. Thèse de Doctorat d'état ès-Sciences Naturelles, Paris, 330 p.

- Sauvignon (1995). Variation de la vigilance et détection du début du sommeil : étude de la convergence des approches physiologique et comportementales. In Vallet M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 39-48.
- Sestier, F. (1995). Problèmes de la vigilance chez les pilotes de ligne, In : Vallet' M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 173-177.
- Shanon, B. (1979). Yesterday, today and tomorrow. *Acta Psychologica*, **43**, 469-476,
- Sherwood. N., (1998). A critical review of drugs and driving. *Behavioural research in road safety*. VIII, 11, 49-58.
- Shiffrin, R.M., Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning automatic attending and general theory, *psychological Review*, 84, 2, 127-190.
- Siffre, M. (1963). *Hors du temps*. Paris : Julliard.
- Sikorski, J. (1879). Sur les effets de la lassitude provoqués par les travaux intellectuels chez les enfants d'âge scolaire, *Annales d'hygiène publique*, 2, 458-464.
- Simpson H. (1995). Blood alcohol concentration levels and risk of collision. In : Vallet M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 71-80.
- Soussignan, R. Koch, P. (1985). Rhythmical stereotypies (leg-swinging) associated with reductions in heart-rate in normal school children, *Biological Psychology*, 21, 3, 161-167.
- Sperandio. J.-C. (1984). *L'ergonomie du travail mental*. Paris: Masson.
- Stamadiadis, N., Deacon, J., (1995). Trends in highway safety: effects of an aging population on accident propensity. *Accident Analysis and Prevention*, 27 (4), 443-459.
- Stephane, F.K., and Zucker, I. (1972). Circadian rhythms in drinking behaviour and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesion. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 69 (6), 1583-1586.
- Stevens, A., Minton, R. (2001). In-vehicle distraction and fatal accidents in England and Wales. *Accident Analysis and Prevention*, 33, 539-545.

- Strayer, D.L., Johnson, W.A. (2001). Driven to distraction: dual-task studies of simulated driving and conversing on cellular phone. *Psychol Sci.*, 12, 462-466.
- Strogatz S. et al. (1987). Circadian pacemaker interferes with sleep onset at specific times each day: role in insomnia, *Am. J. Physiol.*, 253, p. 172-178,
- Stutts, J., Martell, C. (1992). Older driver population and crash involvement trends, 1974-1988. *Accident Analysis and Prevention*, 24 (4), 317-327.
- Sümer, N. (2003). Personality and behavioural predictors of traffic: testing a contextual mediated model. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 949-964.
- Sumida, S., Suzuki, Y., Makishita, H., Matsunaga K. (2004). A study of automobile driver' braking reaction times according to age bracket. *Transport. Automo.. Eng. Japan*, 35 (3), 209-214.
- Sylverstone, T. (1988). The influence of psychiatric disease and its treatment on driving performance, *Int. Clinic. Psychopharm.* 3, 59.
- Szekely, C., Piette, F., Sebbane, G. (1993). Age et chronobiologie. *La Revue de Gériatrie*. Tome 18, N°9.
- Szlyk, J. P., Severing, K. and Fushman, G. A. (1991). Peripheral visual field loss and driving performance. AAA Foundation for traffic safety,
- Taliercio, A. (1997). *Approche chronopsychologique de l'attention sélective à partir du modèle de Van der Heijden (1992)*. Thèse de Psychologie. Université François Rabelais. Tours : France.
- Testu, F. (1982). *Les variations journalières et hebdomadaires de l'activité intellectuelle de l'élève*. Paris : Editions du centre National de la Recherche Scientifique.
- Testu, F. (1984). Rythmicité scolaire, nature de la tâche et dépendance-indépendance à l'égard du champ, *L'Année Psychologique*, 84, 4, 507-523.
- Testu, F. (1988). Apprentissage et rythmicités scolaires. *Le Travail humain*, 51, 4, 363-376.
- Testu, F. (1989). vieillissement, fluctuations journalières de la vigilance et accidents de la route. In *la psychologie du vieillissement*, Actes du symposium des 3 et 4 mars 1989, 154-170. Université François Rabelais. Tours : France.
- Testu, F. (1993). *Etude des rythmes scolaires en Europe*, Rapport DEP, ministère de l'Education nationale, Paris.
- Testu, F. (1994). Quelques constantes dans les fluctuations journalières et hebdomadaires de l'activité intellectuelle des élèves en Europe. *Enfance*, 4, 389-400.
- Testu, F. (1995). *Chronopsychologie et rythmes scolaires*. Paris : Masson.

- Testu, F. (1998). Chronobiologie de l'enfant, chronopsychologie scolaire et aménagements du temps, *Psychologie et éducation*, 35, 15-29.
- Testu, F. (2000). *Chronopsychologie et rythmes scolaires* (4^{ème} éd). Paris: Masson.
- Testu, F. (2008). *Rythmes de vie et rythmes scolaires : aspects chronobiologiques et chronopsychologiques*. Paris: Masson.
- Testu, F., Alaphilippe, D., Chasseigne, G., Chèse, M.-T. (1995). Variations journalières de l'activité intellectuelle d'enfants de 10-11 ans en fonction des conditions psychosociologiques de passation d'épreuves, *L'Année Psychologique*, 247-266.
- Testu, F., Baille, J. (1983). Fluctuations journalières et hebdomadaires dans la résolution de problèmes multiplicatifs par des élèves de CM2, *L'Année Psychologique*, 83, 109-120.
- Thayer, R.E. (1967). Measurement of activation through self report, *Psychological Reports*; 20, 663-678.
- Torsvall, L., Akerstedt, T. (1979). Shift work and diurnal type: a questionnaire study. *Chronobiologia*, 6, 163.
- Torsvall, L., Akerstedt, T. (1987). Sleepiness on the job: continuously measured EEG changes in train driver, *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 66, 502-511.
- Touitou, Y., Motohashi, Y., Reinberg, A., Touitou, C., Bourdeleau, P. et coll. (1990). Effect of shift work on the secretory night-time patterns of melatonin, prolactin, cortisol and testosterone, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60, 288-292.
- Ulleberg P., Rundmo T. (2002). Risk-taking attitudes among young drivers: the psychometric qualities and dimensionality of an instrument to measure young drivers' risk-taking attitudes. *Scandinavian Journal of Psychology*, 43, 197-209.
- Ulleberg P., Rundmo, T. (2003). Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. *Safety Science*, 41(5), 425-443.
- Van der Hulst, M., Rothengatter, T., Meijman, T. (1999). The effects of reduced visibility and time pressure on drivers' distance keeping behaviour. In: Gale. A.G. et coll. (Eds). *Vision in vehicle VII*. Elsevier Science Publisher, Pays-Bas. 311-318.
- Van der Linden, M., Meulemans, T. (1995). Le fonctionnement cognitif de la personne âgée. *Services médicaux du travail : les travailleurs âgés*, Diegem : Ced. Samsom, 113-141.

- Vaugeois, P. (1995). Effets de la vigilance sur la performance en conduite automobile. In Vallet M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 415-421.
- Vermeil, G. (1984). *La Fatigue à l'école*. Eds E.S.F., 4^{ème} édition.
- Vernon, H.M. (1921). *Industrial fatigue and efficiency*. London : Routledge.
- Vincenot, H. (1983). *Du char à bancs au TGV : 150 ans de trains de voyageurs en France*, Paris : la vie du rail.
- Vingilis, E. (1995). Drinking-driving behaviour, In: Vallet M., Khardi S. (sous la direction de), *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention*, Presses Universitaires de Lyon, p. 89.
- Vogel, G.W. (1981). The relationship between endogenous depression and REM sleep, *Psychiatric Annals*, 11, 21-26.
- Waller, J. (1992). Research and other issues concerning effects of medical condition on elderly drivers, *Hum. Factors*, 3, 34,
- Webb, W.B., Friel, J. (1971). Sleep stage and personality characteristics of natural long and short sleepers, *Sciences*, 171, 587-588.
- Wecker, N.S., Kramer, J.H., Hallam, B.J. & Delis, D.C. (2005). Mental flexibility: age effects on switching, *neuropsychology*, 19 (3), 345-352.
- Wehr, T.A., Gillin, J.C., Goodwin, F.K. (1980). Sleep and circadian rhythm in depression, in Chases, M.H. and Weitzman, E.D., *Sleep disorders: basic and clinical research*, Spectrum Publications.
- Wells-Parker, E., Williams, M. (2002). Enhancing the effectiveness of traditional interventions with drinking drivers by adding brief individual intervention components, *Journal of studies on alcohol*, 63, 6, 655-664.
- West, R.L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120, 272-292.
- Wever, R.A. (1971). *Economie et société*. Paris: Edition Plon.
- Wever, R.A. (1979). *The circadian système of man*, New York, Berlin, Springer-Verlag.
- Winch, W.H. (1911). Mental fatigue during the school day as measured by arithmetical reasoning. *Bristish Journal of Psychology*, 4, 315-341.
- Wonnacott, T., Wonnacott, R. (2000). *“Introductory Statistics for Business and Economics”*, Edition John Wiley.

- Wright, DB. (2003). Making friends with your data: improvising how statistics are conducted and reported. *British Journal of Educational Psychology*, 73, 123-136.
- Xypas, C. (2001). *Stades du développement affectif selon Piaget*, L'Harmattan.
- Zazzo (1982). Les conduites adaptatives en milieu scolaire, Intérêt de la comparaison entre les garçons et les filles, *Enfance*, 267-282.
- Zhang, J., Frase, S., Lindsay, J., Clarke, K., Mao, Y. (1998). Age-specific patterns of factors related to fatal motor vehicle traffic crashes: Focus on young and elderly drivers, *Public Health*, 112, 289-295.
- Zuckerman, M., Kulman, D.M. (2000). Personality and risk taking: common biosocial factors. *Journal of Personality*, 68 (6), 999-1029.

Annexes

Pour chacune des questions ci-dessous, cochez s'il vous plaît la modalité de réponse la plus appropriée.

	Oui, tous les jours	Oui, 1 à 2 fois/semaine	Oui, < 1 fois/semaine, mais plusieurs fois/mois	oui, < 1 fois/mois	non, jamais
Consommation d'alcool ?					
Prise de médicaments (antidépresseurs, anxiolytiques, sédatifs, hypnotiques...)?					
Consommation de drogue ?					
Est-ce que vous fumez ?					

Annexe 2 : QUESTIONNAIRE 1

Les questions suivantes ont trait à vos habitudes de sommeil pendant le dernier mois seulement. Vos réponses doivent indiquer ce qui correspond aux expériences que vous avez eues pendant la majorité des jours et des nuits au cours des derniers mois. Répondez s'il vous plaît à toutes les questions.

Pendant le mois dernier :

1. À quelle heure êtes-vous habituellement allé vous coucher le soir? _____
2. Combien vous a-t-il habituellement fallu de temps (en minutes) pour vous endormir chaque soir? _____
3. À quelle heure vous êtes vous habituellement levé le matin?
4. Combien d'heures de sommeil effectif avez vous eues chaque nuit? (Ce nombre peut être différent du nombre d'heures que vous avez passé au lit)._____

Pour chacune des questions ci-dessous, cochez s'il vous plaît la modalité de réponse la plus appropriée.

5. Pendant le mois dernier, avec quelle fréquence avez-vous eu des troubles du sommeil parce que vous ...	Pas au cours du dernier mois	Moins d'une fois par semaine	Une ou deux Fois par semaine	Trois ou quatre fois par semaine
a) n'avez pas pu vous endormir en moins de 30 minutes				
b) vous êtes réveillé au milieu de la nuit ou précocement le matin				
c) avez dû vous lever pour aller aux toilettes				
d) n'avez pas pu respirer correctement				
e) avez toussé ou ronflé bruyamment				
f) eu trop froid				
g) eu trop chaud				
h) eu de mauvais rêves				
i) eu des douleurs				
j) pour d'autre(s) raison(s). Donnez une description en bas de page s'il vous plaît.				
k) Combien de fois le mois dernier avez-vous eu des difficultés à dormir à cause de cela?				
6. Pendant le mois dernier, combien de fois avez-vous pris des médicaments (prescrits par votre médecin ou achetés sans ordonnance) pour faciliter votre sommeil?				
7. Pendant le mois dernier, combien de fois avez-vous eu des difficultés à demeurer éveillé pendant que vous conduisiez, preniez vos repas, étiez occupé dans une activité sociale?				
	Pas du tout un problème	Seulement un tout petit problème	Un certain problème	Un très gros problème
8. Pendant le mois dernier, à quel degré cela a-t-il représenté un problème pour vous d'avoir assez d'enthousiasme pour faire ce que vous aviez à faire?				
	Très bonne	Assez bonne	Assez mauvaise	Très mauvaise
9. Pendant le mois dernier, comment évalueriez-vous globalement la qualité de votre sommeil ?				

Pour la question 5 j), si d'autres raisons sont à l'origine de troubles du sommeil, décrivez-les ci-dessous et notez leur fréquence dans le tableau précédent :

Annexe 3 : QUESTIONNAIRE 2

Instructions:

1. Lisez attentivement chaque question avant d'y répondre.
2. Répondez à toutes les questions.
3. Répondez aux questions dans l'ordre.
4. Vous pouvez répondre aux questions les unes indépendamment des autres. Ne revenez pas en arrière pour vérifier votre réponse.
5. Pour les questions à choix multiples, mettez une croix devant une seule réponse. Pour les échelles, placez une croix au point approprié.
6. Répondez à chaque question aussi sincèrement que possible. Vos réponses et *les résultats de ce questionnaire resteront confidentiels*.
7. Faites les commentaires que vous jugerez nécessaires dans la partie prévue sous chaque question.

1. Si vous viviez à votre rythme (celui qui vous plaît le plus), à quelle heure vous leveriez-vous étant entièrement libre d'organiser votre journée?



Commentaire:

2. Si vous viviez à votre rythme (celui qui vous plaît le plus), à quelle heure vous mettriez-vous au lit étant entièrement libre d'organiser votre journée?



Commentaire:

3. Si vous deviez vous lever à une heure précise, le réveil vous est-il indispensable?

- pas du tout
- peu
- assez
- beaucoup

Commentaire:

4. Dans des conditions adéquates (environnement favorable, sans contraintes particulières, etc.), à quel point cela vous est-il facile de vous lever le matin?

- pas facile du tout
 - pas très facile
 - assez facile
 - très facile
- | |
|--|
| |
| |
| |
| |

Commentaire:

5. Comment vous sentez-vous durant la demi-heure qui suit votre réveil du matin?

- pas du tout éveillé
 - peu éveillé
 - relativement éveillé
 - très éveillé
- | |
|--|
| |
| |
| |
| |

Commentaire:

6. Quel est votre appétit durant la demi-heure qui suit votre réveil du matin?

- pas bon du tout
 - pas bon
 - assez bon
 - très bon
- | |
|--|
| |
| |
| |
| |

Commentaire:

7. Comment vous sentez-vous durant la demi-heure qui suit votre réveil du matin?

- très fatigué
 - relativement fatigué
 - relativement en forme
 - très en forme
- | |
|--|
| |
| |
| |
| |

Commentaire :

8. Quand vous n'avez pas d'obligations le lendemain, à quelle heure vous couchez-vous par rapport à votre heure habituelle de coucher?

- rarement ou jamais plus tard
 - moins d'1heure plus tard
 - 1 à 2 heures plus tard
 - plus de 2 heures plus tard
- | |
|--|
| |
| |
| |
| |

Commentaire:

9. Vous avez décidé de faire un sport Un ami vous suggère de faire des séances d'une heure et ceci deux fois par semaine. Le meilleur moment pour lui est de 7 à 8 heures du matin. Ne considérant que le rythme qui vous convient le mieux, dans quelle forme penseriez-vous être ?

- bonne forme
 - forme raisonnable
 - vous trouvez cela difficile
 - vous trouvez cela très difficile
- | |
|--|
| |
| |
| |
| |

Commentaire:

10. A quel moment de la soirée vous sentez-vous fatigué au point de vous endormir?



Commentaire:

11. Vous souhaitez être au meilleur de votre forme pour un examen qui vous demande un effort intellectuel considérable durant deux heures. Vous êtes entièrement libre de le passer quand vous le souhaitez, quelle est l'heure que vous choisiriez?

- de 8 à 10 heures
 - de 11 à 13 heures
 - de 15 à 17 heures
 - de 19 à 21 heures
- | |
|--|
| |
| |
| |
| |

Commentaire:

12. Si vous alliez au lit à 23 heures, à quel niveau de fatigue seriez-vous?

- pas du tout fatigué
 - un peu fatigué
 - relativement fatigué
 - très fatigué
- | |
|--|
| |
| |
| |
| |

Commentaire :

13. Pour une raison quelconque, vous vous couchez quelques heures plus tard que d'habitude, mais vous n'êtes pas obligé de vous lever à une heure précise le lendemain. Laquelle des propositions suivantes choisirez-vous ?

- vous vous réveillez comme d'habitude et vous ne vous rendormez plus
 - vous vous levez comme d'habitude mais vous vous recouchez par la suite
 - vous vous réveillez comme d'habitude mais vous vous rendormez
 - vous vous réveillez plus tard que d'habitude
- | |
|--|
| |
| |
| |
| |

Commentaire :

14. Pour effectuer une garde de nuit, vous êtes obligé d'être réveillé entre 4 et 6 heures du matin. Vous n'avez pas d'obligation le lendemain. Laquelle des propositions suivantes vous convient le mieux?

- vous n'irez au lit qu'une fois la garde terminée
- vous faites une sieste avant et dormez après la garde
- vous dormez bien avant et faites une sieste après la garde
- vous dormez ce qu'il vous faut avant d'effectuer la garde

Commentaire:

15. Vous devez faire deux heures de travail physique intense, mais vous êtes entièrement libre d'organiser votre journée. Laquelle des périodes suivantes choisirez-vous?

- de 8 à 10 heures
- de 11 à 13 heures
- de 15 à 17 heures
- de 19 à 21 heures

Commentaire:

16. Vous avez décidé de faire un sport. Un ami vous suggère de faire des séances d'une heure et ceci deux fois par semaine. Le meilleur moment pour lui est de 22 à 23 heures. Ne considérant que le rythme qui vous convient le mieux, dans quelle forme penseriez-vous être ?

- bonne forme
- forme raisonnable
- vous trouvez cela difficile
- vous trouvez cela très difficile

Commentaire :

17. Supposez que vous pouvez choisir les horaires de votre travail. Admettons que vous travaillez 5 heures par jour et que votre travail est intéressant et bien payé. Quelle séquence de 5 heures consécutives choisirez-vous?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
Minuit																							Minuit	

Commentaire :

18. A quelle heure de la journée vous sentez-vous dans votre meilleure forme?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	0
Minuit																							Minuit	

Commentaire :

19. On dit parfois que quelqu'un est un « sujet du matin» ou un « sujet du soir ». Vous considérez-vous comme celui du matin ou du soir?

- tout à fait un sujet du matin
- plutôt un sujet du matin
- plutôt un sujet du soir
- tout à fait un sujet du soir

Commentaire :

Annexe 4.1 : TEST DE BARRAGE DE NOMBRES

FORME A

SEXE :
AGE :
DUREE DE SOMMEIL :
HEURE

069 . 6211 . 46972 . 58 . 302 . 26 . 41 . 37 . 108 . 534 . 10 . 3798 . 32 . 165 . 36 . 08 . 4281 .
387 . 48 . 3708 . 37 . 500 . 5600 . 462 . 38 . 6 . 46 . 34 . 69834 . 408 . 49 . 244 . 688 . 35 . 2
. 5611 . 288 . 54 . 20 . 0 . 50 . 3587 . 306 . 0 . 90 . 351 . 3769 . 208 . 23 . 365 . 30 . 34 .
5762 . 45000 . 34 . 64 . 117 . 121 . 11 . 9 . 523 . 4 . 54 . 709 . 49 . 94 . 1108 . 48 . 470 . 124
. 9063 . 108 . 79 . 204 . 23 . 624 . 56 . 31 . 47 . 2070 . 35 . 57041 . 365 . 87 . 2 . 49 . 585 .
340 . 441 . 307 . 821 . 23 . 6 . 805 . 0605 . 37695 . 238 . 188 . 06 . 381 . 38 . 0 . 36 . 41 . 2 .
56 . 8902 . 8 . 923 . 34 . 3861 . 101 . 307 . 48 . 27 . 45 . 10 . 070 . 57 . 481 . 39 . 37 . 35 .
109 . 386 . 1281 . 186 . 45 . 6 . 50 . 0462 . 48 . 301 . 473 . 35 . 002 . 2 . 10 . 386 . 4612 . 3 .
458 . 27 . 306 . 29 . 28 . 732 . 17045 . 5 . 106 .

505 . 23 . 6 . 90 . 6500 . 64 . 695 . 321 . 45 . 770 . 4 . 65 . 800 . 7000 . 6 . 543 . 32 . 100 . 74
. 34 . 567 . 30 . 800 . 12 . 33 . 44 . 555 . 37 . 470 . 50 . 26 . 47145 . 507 . 132 . 4630 . 34363
. 001 . 38 . 45 . 8 . 453 . 23 . 0 . 4511 . 543 . 797 . 54 . 222 . 89 . 0 . 4 . 1 . 13 . 357 . 54 .
3578 . 441 . 0908 . 354 . 66 . 3 . 88 . 432 . 65321 . 43 . 4080 . 65 . 32 . 80 . 543 . 78 . 213 .
5 . 487 . 80 . 06 . 450 . 86743 . 146 . 3508 . 372 . 6 . 87 . 401 . 45 . 89 . 3401 . 24 . 678 .
909 . 4350 . 1165 . 476 . 34 . 80 . 2 . 54 . 6743 . 506 . 2 . 70 . 465 . 8931 . 308 . 56 . 278 . 3
. 155 . 7800 . 24 . 45 . 699 . 76 . 332 . 122 . 45687 . 45 . 21 . 0 . 38 . 546 . 7006 . 400 . 32 .
5643 . 437 . 8 . 71 . 24 . 35 . 67 . 365 . 76 . 3489 . 60 . 543 . 786 . 43 . 78 . 43 . 798 . 54 .
2356 . 145 . 1300 . 46 . 5786 . 21 . 345 . 888 .

888 . 65 . 76 . 34 . 12 . 5678 . 456 . 8 . 7098 . 6 . 83 . 456 . 76 . 23 . 608 . 666 . 43 . 6062 .
1.6 . 800 . 76 . 453 . 2233 . 568 . 54 . 3060 . 45 . 886 . 44 . 222 . 34 . 567 . 45678 . 54 .
3452.8 . 608 . 4067 . 45 . 6 . 44 . 34 . 567 . 4508 . 5432 . 45 . 77 . 864 . 34 . 099 . 5471 .
470 . 88 . 800 . 54 . 66 . 9854 . 345 . 64 . 666 . 777 . 2 . 45675 . 45 . 54 . 999 . 533 . 2009 .
666 . 4 . 5 . 861 . 3 . 454 . 32 . 087 . 54 . 35 . 66 . 2030 . 34 . 67000 . 543 . 5008 . 657 . 33 .
234 . 5610.76 . 54 . 0 . 280 . 55 . 32 . 5 . 897 . 5421 . 34000 . 564 . 862 . 345 . 77 . 43 .
0066 . 7 . 0 . 99 . 3333 . 451 . 367 . 88 . 56 . 34 . 00 . 67 . 54 . 800 . 302 . 31 . 47 . 87 . 365 .
43 . 666 . 498 . 5 . 090 . 5632 . 5 . 606 . 23 . 09 . 675 . 34 . 6 . 98 . 7600 . 23 . 123 . 786 . 45
. 234 . 009 . 8772 . 345 . 543 . 44 . 0006 . 07 .

711 . 4 . 80 . 56 . 257 . 34 . 2758 . 30 . 456 . 369 . 23 . 45 . 26 . 308 . 46 . 12457 . 4288 . 07
. 378 . 23 . 4675 . 45 . 000 . 5007 . 456 . 38 . 2 . 45231 . 54 . 87 . 245 . 233 . 49 . 688 . 35 .
4 . 5730 . 45 . 21 . 546 . 32 . 804 . 9831 . 351 . 09 . 0 . 526 . 4587 . 51 . 2 . 08 . 45 . 362 .
5611 . 67 . 00 . 34879 . 342 . 121 . 3508 . 543 . 6 . 43 . 609 . 64 . 25 . 3408 . 47 . 470 . 231 .
9681 . 144 . 0070 . 464 . 63 . 8 . 54 . 222 . 65032 . 34 . 5070 . 74 . 31 . 68 . 634 . 38 . 503 .
690 . 0 . 590 . 18 . 45 . 2 . 806 . 3700 . 5621 . 238 . 366 . 07 . 472 . 48 . 0 . 78 . 21 . 2 . 57 .
544 . 675 . 81 . 32 . 487 . 423 . 56 . 32 . 98 . 481 . 37 . 470 . 20 . 35 . 47 . 84 . 507 . 131 .
2638 . 64 . 96 . 576 . 45 . 6 . 80 . 5700 . 32 . 307 . 572 . 43 . 00802 . 80 . 456 . 475 . 2073 .
458 . 53 . 500 . 49 . 666 . 4 . 36856 . 08 . 273 .

Annexe 4.2 : TEST DE BARRAGE DE NOMBRES

FORME B

SEXE :

AGE :

DUREE DE SOMMEIL :

HEURE

2 . 50 . 709 . 543 . 78 . 456 . 213 . 23 . 6700 . 4 . 76 . 4 . 56 . 789 . 65 . 404 . 5 . 3214 . 909 .
3306 . 8 . 543 . 23 . 456 . 45 . 78 . 21 . 407 . 600 . 54 . 67 . 02 . 34 . 67 . 43 . 567 . 321 .
444.5 . 79 . 80 . 0077 . 65 . 321 . 44 . 678 . 231 . 560 . 8 . 6538 . 69 . 5 . 32 . 11 . 450 . 0 .
45 . 6 . 45 . 321 . 33 . 678 . 5008 . 603 . 12555 . 64 . 3402 . 44 . 67 . 21 . 087 . 54 . 232 . 78
. 0000.12 . 5 . 765 . 8001 . 346 . 777 . 45 . 54 . 60000 . 2 . 111 . 555 . 64 . 765 . 2378 . 54 .
23 . 00 . 32 . 685 . 4521 . 088 . 54 . 368 . 55 . 22 . 5693 . 3032 . 356 . 72 . 33 . 6 . 121 . 076
. 505 . 1 . 67432 . 56 . 18543 . 123 . 78 . 000 . 56 . 884 . 34 . 6080 . 43 . 683 . 2233 . 456 .
65 . 2001.00 . 7070 . 45 . 999 . 607 . 54 . 12 . 567 . 83 . 56 . 98089 . 526 . 4587 . 12 . 342 .
7 . 84 . 99 . 65 . 4 . 666 . 00012 . 345 .

74 . 58 . 31 . 56 . 999 . 00 . 7070 . 54 . 333 . 809 . 54 . 32 . 123 . 87 . 45 . 81541 . 356 . 468
. 8070 . 54 . 375 . 5600 . 546 . 32 . 500 . 4 . 67432 . 76 . 763 . 5 . 789 . 45 . 345 . 67 . 899 .
9 . 9083 . 456 . 23 . 78 . 0 . 68 . 4528 . 070 . 5 . 32 . 567 . 3576 . 087 . 54 . 221 . 34 . 78 .
5432 . 88000 . 8880 . 6 . 545 . 8631 . 94 . 59 . 302 . 12 . 5 . 735 . 8807 . 432 . 661 . 4 . 567 .
4500 . 87002 . 45 . 7803 . 42 . 31 . 45 . 780 . 65 . 742 . 89 . 000 . 3 . 45 . 234 . 12 . 567 .
9008 . 60 . 0 . 87 . 54 . 3 . 790 . 0 . 0065 . 45 . 678 . 34 . 231 . 567 . 56830 . 8795 . 463 .
2034 . 56 . 13 . 01 . 54 . 65 . 32 . 509 . 454 . 3221 . 33 . 678 . 086 . 45 . 321 . 45 . 78 . 21 .
509 . 600 . 65 . 4 . 09 . 08 . 808 . 909 . 1 . 4612 . 2 . 60 . 709 . 002 . 67 . 546 . 806 . 22 .
3421 . 50 . 4 . 76 . 276 . 999 . 77 . 6776 . 00 . 321 .

711 . 4 . 80 . 56 . 257 . 34 . 2758 . 30 . 456 . 369 . 23 . 45 . 26 . 308 . 46 . 12457 . 4288 . 07
. 378 . 23 . 4675 . 45 . 000 . 5007 . 456 . 38 . 2 . 45231 . 54 . 87 . 245 . 233 . 49 . 688 . 35 .
4 . 5730 . 45 . 21 . 546 . 32 . 804 . 9831 . 351 . 09 . 0 . 526 . 4587 . 51 . 2 . 08 . 45 . 362 .
5611 . 67 . 00 . 34879 . 342 . 121 . 3508 . 543 . 6 . 43 . 609 . 64 . 25 . 3408 . 47 . 470 . 231 .
9681 . 144 . 0070 . 464 . 63 . 8 . 54 . 222 . 65032 . 34 . 5070 . 74 . 31 . 68 . 634 . 38 . 503 .
690 . 0 . 590 . 18 . 45 . 2 . 608 . 3700 . 5621 . 238 . 366 . 07 . 472 . 48 . 0 . 78 . 21 . 2 . 57 .
544 . 675 . 81 . 32 . 487 . 423 . 56 . 32 . 98 . 481 . 37 . 470 . 20 . 35 . 47 . 84 . 507 . 131 .
2638 . 64 . 96 . 576 . 45 . 6 . 80 . 5700 . 32 . 307 . 572 . 43 . 00802 . 80 . 456 . 475 . 73 .
458 . 53 . 500 . 49 . 666 . 4 . 36856 . 08 . 273 .

888 . 65 . 76 . 34 . 12 . 5678 . 456 . 8 . 7098 . 6 . 83 . 456 . 76 . 23 . 608 . 666 . 43 . 6062 .
1.6 . 800 . 76 . 453 . 2233 . 568 . 54 . 3060 . 45 . 886 . 44 . 222 . 34 . 567 . 45678 . 54 .
3452 . 8 . 606 . 4067 . 45 . 6 . 44 . 34 . 567 . 4508 . 5432 . 45 . 77 . 864 . 34 . 099 . 5471 .
470 . 88 . 800 . 54 . 66 . 9864 . 345 . 64 . 666 . 777 . 2 . 45675 . 45 . 54 . 999 . 533 . 2009 .
666 . 4 . 5 . 861 . 3 . 454 . 32 . 087 . 54 . 35 . 66 . 2030 . 34 . 67000 . 543 . 5008 . 657 . 33 .
234 . 5610 . 76 . 54 . 0 . 280 . 55 . 32 . 5 . 897 . 5421 . 34000 . 564 . 862 . 345 . 77 . 43 .
0066 . 7 . 0 . 99 . 3333 . 451 . 367 . 88 . 56 . 34 . 00 . 67 . 54 . 800 . 302 . 31 . 47 . 87 . 365 .
43 . 666 . 498 . 5 . 090 . 5632 . 5 . 606 . 23 . 09 . 675 . 34 . 6 . 98 . 7600 . 23 . 123 . 786 . 45
. 234 . 009 . 8772 . 345 . 543 . 44 . 0006 . 07 .

Annexe 4.3 : TEST DE BARRAGE DE NOMBRES

FORME C

SEXE :
AGE :
DUREE DE SOMMEIL :
HEURE

74 . 58 . 31 . 56 . 999 . 00 . 7070 . 54 . 333 . 809 . 54 . 32 . 123 . 87 . 47 . 81541 . 356 . 468
. 8070 . 54 375 . 5600 . 546 . 32 . 500 . 4 . 67432 . 76 . 763 . 5 . 789 . 45 . 345 . 67 . 899 . 9
. 9083 . 456 . 23 . 78 . 0 . 68 . 4528 . 070 . 5 . 32 . 567 . 3576 . 087 . 54 . 221 . 34 . 78 .
5432 . 88000 . 8880 . 6 . 545 . 8631 . 94 . 59 . 302 . 12 . 5 . 735 . 8807 . 432 . 661 . 4 . 567 .
45000 . 87002 . 45 . 7803 . 42 . 31 . 45 . 780 . 65 . 742 . 89 . 000 . 3 . 45 . 234 . 12 . 567 .
9008 . 60 . 0 . 87 . 54 . 3 . 790 . 0 . 0065 . 45 . 678 . 34 . 231 . 567 . 56830 . 8795 . 463 .
2034 . 56 . 13 . 01 . 54 . 65 . 32 . 509 . 454 . 3221 . 33 . 678 . 086 . 45 . 321 . 45 . 321 . 45 .
78 . 21 . 509 . 600 . 65 . 4 . 09 . 08 . 808 . 909 . 1 . 4612 . 2 . 60 . 709 . 002 . 67 . 546 . 606 .
22 . 3421 . 50 . 4 . 76 . 276 . 999 . 77 . 6776 . 00 321 .

378 . 23 . 4675 . 45 . 000 . 5007 . 456 . 38 . 2 . 45231 . 54 . 87 . 245 . 233 . 49 . 688 . 35 . 4 .
590 . 18 . 45 . 2 . 806 . 3700 . 5621 . 238 . 366 . 07 . 472 . 48 . 0 78 . 21 2 57 . 544 . 675 .
67 . 00 . 34879 . 342 . 121 . 3508 . 543 . 6 . 43 . 609 . 64 . 25 . 3408 . 47 . 470 . 231 . 9681 .
81 . 32 . 487 . 423 . 56 . 32 . 98 . 481 . 37 . 470 . 20 . 35 . 47 . 84 . 507 . 131 . 2638 . 64 . 96
. 144 . 0070 . 464 . 63 . 8 54 . 222 . 65032 . 34 . 5070 . 74 . 31 . 68 . 634 . 38 . 503 . 690 . 0
. 576 . 45 . 6 . 80 . 56 . 257 . 34 . 2758 . 30 . 456 . 369 . 23 . 45 26 . 308 . 46 . 12457 . 4288
. 07 5730 . 45 21 . 546 . 32 . 804 . 9831 . 351 . 09 . 0 . 526 . 4587 . 51 . 2 . 08 . 45 . 362 .
5611 . 666 . 4 . 36856 . 08 . 273 .

069 . 6211 . 46972 . 58 . 302 . 26 . 41 37 . 108 . 534 . 10 . 3798 . 32 . 165 . 36 . 08 . 4281 .
387 . 48 . 3706 . 37 . 500 . 5600 . 462 . 38 . 6 . 46 . 34 . 69834 . 408 . 49 . 244 . 688 . 35 . 2
. 5611 . 288 . 54 . 20 . 0 . 50 . 3587 . 306 . 0 . 90 . 351 . 3769 . 208 . 23 . 365 . 30 . 34 .
5762 . 45000 . 34 . 64 . 117 . 121 . 11 . 9 . 523 . 4 . 54 . 709 . 49 . 94 . 1108 . 48 . 470 . 124 .
9063 . 108 . 79 . 204 . 23 . 624 . 56 . 31 . 47 . 2070 . 35 . 57041 . 365 . 87 . 2 . 49 . 585 . 340
. 441 . 307 . 81 . 23 . 6 . 805 . 0605 . 37695 . 238 . 188 . 06 . 381 . 38 . 0 . 36 . 41 . 2 . 56 .
8902 . 8 . 923 . 34 . 3861 . 101 . 307 . 48 . 27 . 45 . 10 . 070 . 57 . 481 . 39 . 37 . 35 . 109 .
386 . 1281 . 186 . 45 . 6 . 50 . 0462 . 48 . 301 . 473 . 35 . 002 . 2 . 10 . 386 . 4612 . 3 . 458 .
27 . 306 . 29 . 28 . 732 . 17045 . 5 106 .

090 . 5632 . 5 . 606 . 5 . 606 . 23 . 09 . 675 . 34 . 6 . 98 . 7600 . 23 . 123 . 786 . 45 . 234 . 009 .
8772 6 . 800 . 76 . 453 . 2233 . 568 . 54 . 3060 . 45 . 886 . 44 . 222 . 34 . 567 . 45678 . 54 .
452 . 76 54 . 0 . 280 . 55 . 32 . 5 897 . 5421 . 34000 . 564 . 862 . 345 . 77 . 43 . 0066 . 7 . 0
. 99 . 800 . 54 . 66 . 9854 . 345 . 64 . 666 . 777 . 2 . 45675 . 45 . 54 . 999 . 533 . 2009 . 666 .
498 . 5 . 3333 . 451 . 367 . 88 . 56 . 34 . 00 . 67 . 54 . 800 . 302 . 31 . 47 . 87 . 365 . 43 . 666
. 498 . 5 . 861 . 3 . 454 . 32 . 087 . 54 . 35 . 66 . 2030 . 34 . 67000 . 543 . 5008 . 657 . 33 .
234 . 5610 . 8 . 606 . 4067 . 45 . 6 . 44 . 34 . 567 . 4508 . 5432 . 45 . 77 . 864 . 34 . 099 .
5471 . 470 . 88 . 888 . 65 . 76 . 34 . 12 . 5678 . 456 . 8 . 7098 . 6 . 83 . 456 . 76 . 23 . 608 .
666 . 43 . 6062 . 1 . 345 . 543 . 44 . 0006 . 07 .

Annexe 4.4 : TEST DE BARRAGE DE NOMBRES

FORME D

SEXE :
AGE :
DUREE DE SOMMEIL :
HEURE

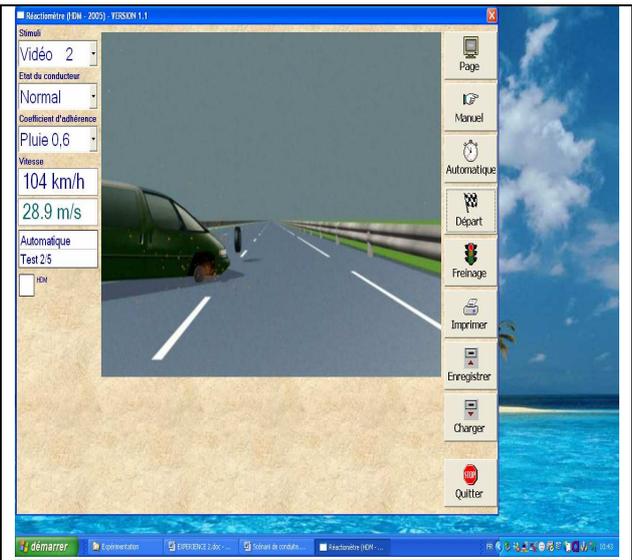
505 . 23 . 6 . 90 . 6500 . 64 . 695 . 321 . 45 . 770 . 4 . 65 . 800 . 7000 . 6 . 543 . 32 . 100 . 74
. 34 . 567 . 30 . 800 . 12 . 33 . 44 . 555 . 37 . 470 . 50 . 26 . 47145 . 507 . 132 . 4630 . 34363
. 001 . 38 . 45 . 8 . 453 . 23 . 0 . 4511 . 543 . 797 . 54 . 222 . 89 . 0 . 4 1 13 . 357 . 54 . 3578
. 441 . 0908 . 354 . 66 . 3 . 88 . 432 . 65321 . 43 . 4080 . 65 . 32 . 80 . 543 . 78 . 213 . 5 .
487.80 . 06 . 450 . 86743 . 146 . 3508 . 572 . 6 . 87 . 401 . 45 . 89 . 3401 . 24 678 . 909 .
4350 . 1165 . 476 . 34 . 80 . 2 . 54 . 6743 . 506 . 2 . 70 . 465 . 8931 . 308 . 56 . 278 . 3 . 155
. 7800 . 24 . 45 . 699 . 76 . 332 . 76 . 3489 . 60 . 543 . 786 . 43 . 78 . 43 . 78 . 43 . 798 . 54 . 2356
. 145 . 1300 . 46 . 5786 . 21 . 345 . 888 .

387 . 48 . 3706 . 37 . 500 . 5600 . 462 . 38 . 6 . 46 . 34 . 69834 . 408 . 49 . 244 . 688 . 35 . 2
. 923 . 34 . 3861 . 101 . 307 . 48 . 27 . 45 . 10 . 070 . 57 . 481 . 39 . 37 . 35 . 109 . 386 .
1281 . 45000 . 34 . 64 . 117 . 121 . 11 . 9 . 523 . 4 . 54 . 709 . 49 . 64 . 1108 . 48 . 470 . 124 .
9063 . 307 . 81 . 23 . 6 . 50 . 0462 . 48 . 301 . 473 . 35 . 002 . 2 . 10 . 386 . 4612 . 3 . 458
. 27 . 306 . 29 108 . 79 . 204 . 23 . 624 . 56 . 31 . 47 . 2070 . 35 . 57041 . 365 . 87 . 2 . 49 .
585 . 340 . 441 . 069 . 6211 . 4611 . 46972 . 58 . 302 . 26 . 41 . 37 . 108 . 534 . 10 . 3798 . 32
. 165 . 36 . 08 4281 . 5611 . 288 . 54 . 20 . 0 50 . 3587 . 306 . 0 . 90 . 351 . 3769 . 208 . 23 .
365 . 30 . 34 . 5762 . 28 . 732 . 17045 . 5 . 106 .

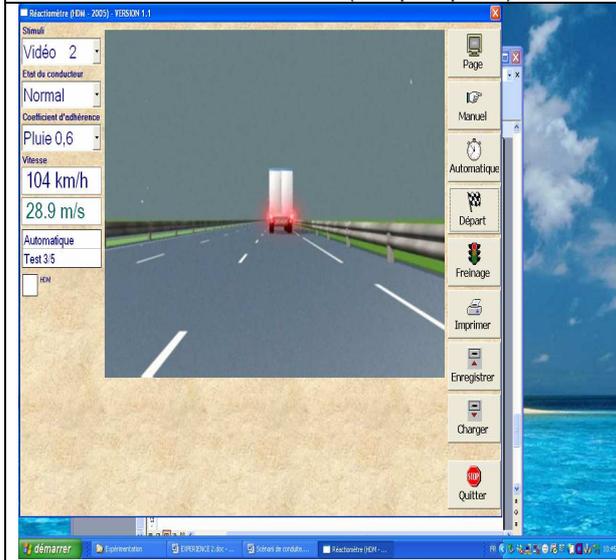
87002 . 45 . 7803 . 42 . 31 . 45 . 780 . 65 . 742 . 89 . 000 . 3 . 45 . 234 . 12 . 567 . 9008 . 60 .
8070 . 54 . 375 . 5600 . 546 . 32 . 500 . 4 . 67432 . 76 . 763 . 5 . 789 . 45 . 345 . 67 . 899 . 9 .
09 . 08 . 808 . 909 . 1 . 4612 . 2 . 60 . 709 . 002 . 67 . 546 . 806 . 22 . 3421 . 50 . 4 . 76 . 276
. 88000 . 8880 . 6 . 545 . 8631 . 94 . 59 . 302 . 12 . 5 . 735 . 8807 . 432 . 661 . 4 . 567 . 4500 .
0 . 87 . 54 . 3 . 790 . 0 . 0065 . 45 . 678 . 34 . 231 . 567 . 56830 . 8795 . 463 . 2034 . 56 . 13
. 01 . 54 . 65 . 32 . 509 . 454 . 3221 . 33 . 678 . 086 . 45 . 321 . 45 . 78 . 21 . 509 . 600 . 65 .
4 . 74 . 58 . 31 . 56 . 999 . 00 . 7070 . 54 . 333 . 809 . 54 . 32 . 123 . 87 . 45 . 81541 . 356 .
468 . 9083 . 456 . 23 . 78 . 0 . 68 . 4528 . 070 . 5 . 32 . 567 . 3576 . 087 . 54 . 221 . 34 . 78 .
5432 . 999 . 77 . 6776 . 00 . 321 .

2 . 50 . 709 . 543 . 78 . 456 . 78 . 456 . 213 . 23 . 6700 . 76 . 456 . 789 . 09 . 65 . 404 . 5 . 3214 .
909 3306 . 8 . 543 . 23 . 456 . 45 . 78 . 21 . 407 . 600 . 54 . 67 . 02 . 34 . 67 . 43 . 567 . 321 .
444 . 5 . 79 . 80 . 0077 . 65 . 321 . 44 . 678 . 231 . 560 . 8 . 6538 . 679 . 5 . 32 . 11 . 450 . 0 .
45 . 6 . 45 . 321 . 33 . 678 . 5008 . 603 . 12555 . 64 . 3402 . 44 . 67 . 21 . 087 . 54 . 232 . 78
. 0000 . 12 . 5 . 765 . 8001 . 346 . 777 . 45 . 54 . 60000 . 2 . 111 . 555 . 64 . 765 . 2378 . 54 .
23 . 00 . 32 . 685 . 4521 . 088 . 54 . 368 . 55 . 22 . 5693 . 3032 . 356 . 72 . 33 . 6 . 121 . 076
. 505 . 1 . 67432 . 56 . 18543 . 123 . 78 . 000 . 56 . 884 . 34 . 6080 . 43 . 683 . 2233 . 456 .
65 . 2001 . 00 . 7070 . 45 . 999 . 607 . 54 . 12 . 567 . 83 . 56 . 98089 . 526 . 4587 . 12 . 342 .
7 . 84 . 99 . 65 . 4 . 666 . 00012 . 345 .

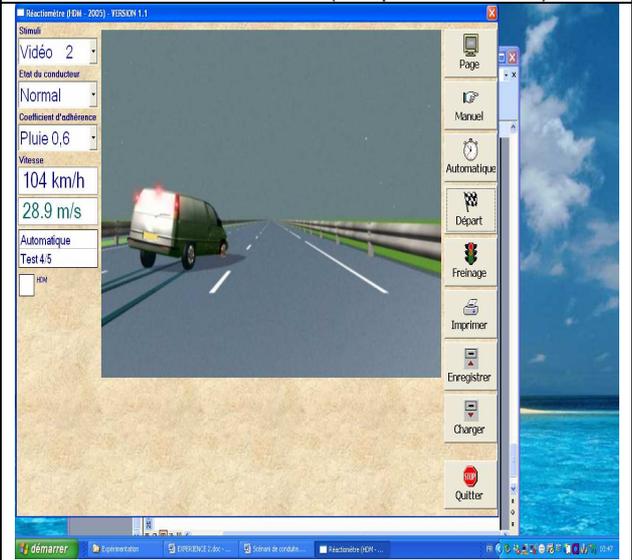
Annexe 5.2: VIDEO 2



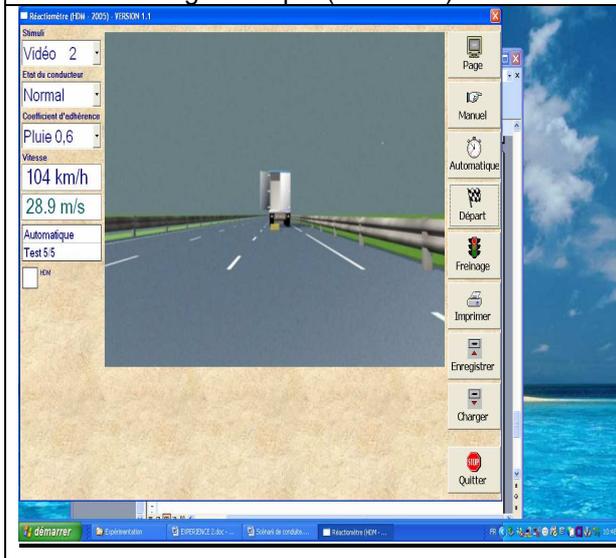
Test 1. Boîte sur chaussée (temps : pluie)



Test 2. Déboîtement roue (temps : brouillard)

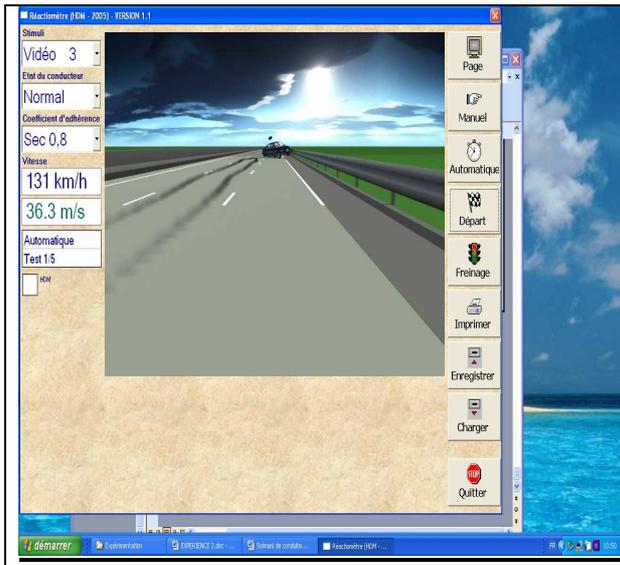


Test 3. Freinage brusque (brouillard)

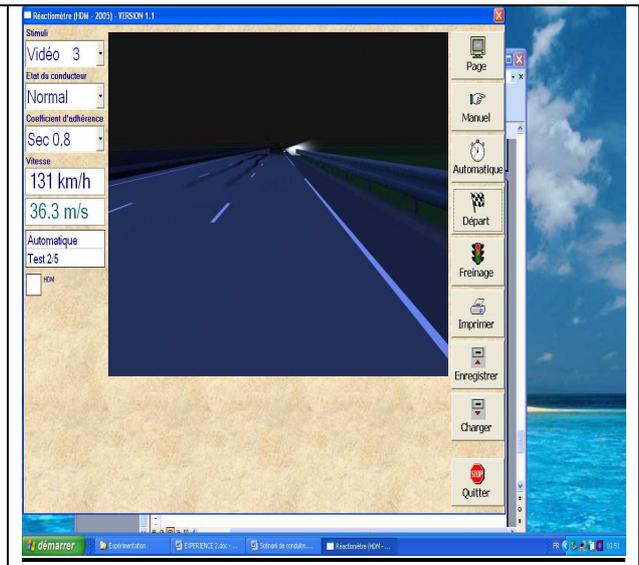


Test 4. Crevasion et déboîtement (brouillard)

Annexe 5.3 : VIDEO 3



Test 1. Accident voiture (temps clair)



Test 2. Accident voiture (temps : nuit)



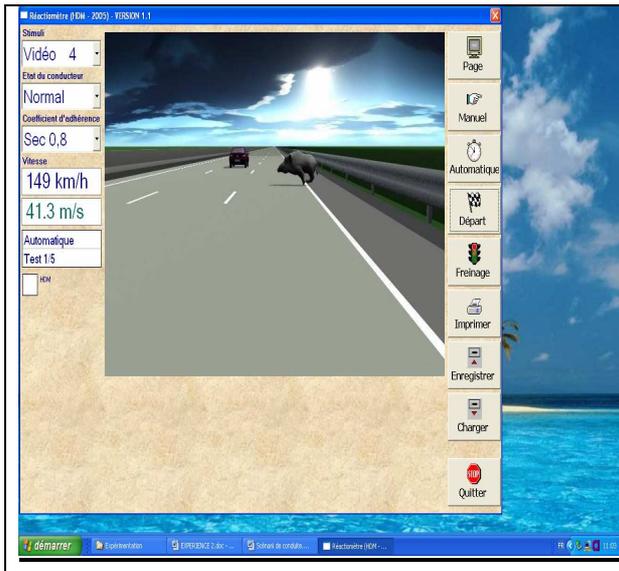
Test 3. Accident voiture (temps : pluie)



Test 4. Accident moto (temps : brouillard)



Annexe 5.4 : VIDEO 4



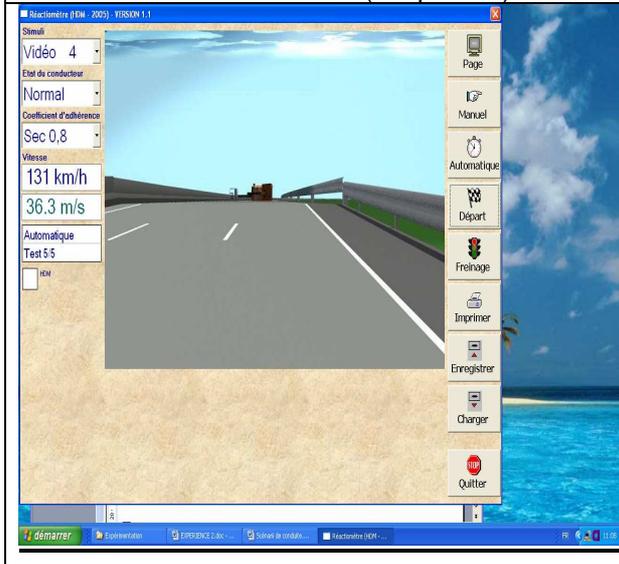
Test 1. Traversée sanglier (temps : brouillard)



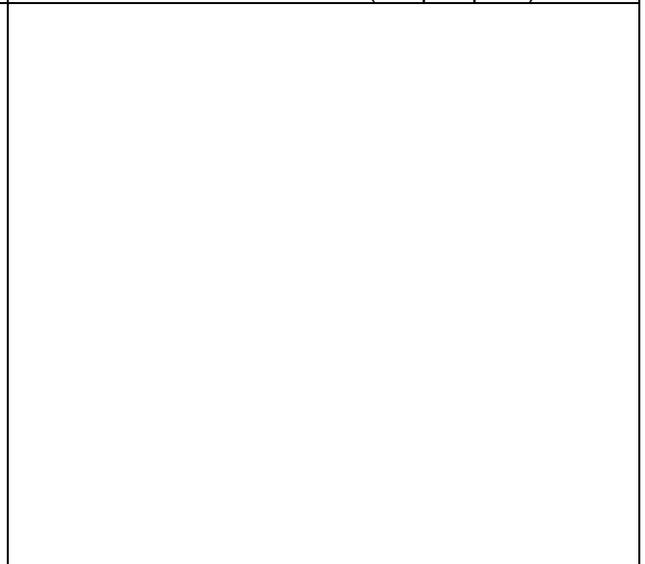
Test 2. Traversée sanglier (temps : pluie)



Test 3. Déboîtement camion (temps clair)



Test 4. Déboîtement camion (temps : pluie)



Annexe 6: Comparaison conducteurs/piétons)

Effectifs observés

Victimes	Blessés	Tués	Total
Piétons	535	13 358	13 893
Conducteurs	4 709	102 125	106 834
Total	5 244	115 483	120 727

Effectifs théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Piétons	603.5	13 289.5	13 893
Conducteurs	4 640.5	102 193.5	106 834
Total	5244	115 483	120 727

Khi2 calculé

Khi2	Blessés	Tués	Total
Piétons	7.78	0.35	8.13
Conducteurs	1.01	0.05	1.06
Total	8.79	0.4	9.19

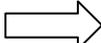
Règle de décision

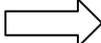
Khi2 calculé : **9.19**

Khi2 théorique : **6.635**

ddl= 1

p < .01

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 7.1 : Comparaison Jeune/Adultes/Agés (conducteurs)

Effectifs observés

Age	Blessés	Tués	Total
Jeunes	26 872	1 150	28 022
Adultes	40 405	1 763	42 168
Agés	10 875	1 062	11 937
Total	78 152	3975	82 127

Effectifs théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Jeunes	26 665.72	1 356.28	28 022
Adultes	40 127.04	2 040.96	42 168
Agés	11 359.24	577.76	11 937
Total	78 152	3 975	82 127

Khi2 calculé

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Jeunes	1.6	31.37	32.97
Adultes	1.93	37.86	39.79
Agés	20.64	405.86	426.5
Total	24.17	475.09	499.26

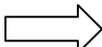
Règle de décision

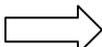
Khi2 calculé : **499.26**

Khi2 théorique : **13.815**

ddl= 2

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 7.2 : Comparaison Jeunes/Adultes

Effectifs observés

Age	Blessés	Tués	Total
Jeunes	26 872	1 150	28 022
Adultes	40 405	1 763	42 168
Total	67 277	2 913	70 190

Effectifs théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Jeunes	26 859	1 163	28 022
Adultes	40 418	1750	42 168
Total	67 277	2913	70 190

Khi2 calculé

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Jeunes	0.006	0.145	0.151
Adultes	0.004	0.097	0.101
Total	0.01	0.242	0.252

Règle de décision

Khi2 calculé : **0.252**

Khi2 théorique : **0.275**

ddl= 1

p < ns

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 7.3 : Comparaison Jeunes/Agés

Effectifs observés

Age	Blessés	Tués	Total
Jeunes	26 872	1 150	28 022
Agés	10 875	1 062	11 937
Total	37 747	2 212	39 959

Effectifs théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Jeunes	26 470.8	1 551.2	28 022
Agés	11 276.2	660.8	11 937
Total	37 747	2 212	39 959

Khi2 calculé

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Jeunes	6.08	103.77	109.85
Agés	14.27	243.59	257.86
Total	20.35	347.36	367.71

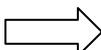
Règle de décision

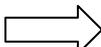
Khi2 calculé : **367.71**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl=1

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 7.4 : Comparaison Adultes/Agés

Fréquences observées

Age	Blessés	Tués	Total
Adultes	40 405	1 763	42 168
Agés	10 875	1 062	11 937
Total	51 280	2 825	54 105

Fréquences théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Adultes	39 966.3	2 201.7	42 168
Agés	11 313.7	623.3	11 937
Total	51 280	2 825	54 105

Khi2

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Adultes	4.82	87.41	92.23
Agés	17.01	308.77	325.78
Total	21.83	396.18	418.01

Règle de décision

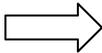
Khi2 calculé : **418.01**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl=1

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 8.1: Responsabilité des conducteurs selon l'âge

Effectifs observés

Responsabilité	Conducteurs non responsables	Conducteurs responsables	Total
Jeunes	16 309	11 713	28 022
Adultes	25 427	16 741	42 168
Agés	5 491	6 446	11 937
Total	47 227	34 900	82 127

Effectifs théoriques

Hypothèse	Conducteurs non responsables	Conducteurs responsables	Total
Jeunes	16 114	11 908	28 022
Adultes	24 248.6	17 919.5	42 168
Agés	6864.4	5 072.6	11 937
Total	47 227	34 900	82 127

Khi2 calculé

Khi2	Conducteurs non responsables	Conducteurs responsables	Total
Jeunes	2.36	3.19	5.55
Adultes	0.05	77.49	77.54
Agés	274.62	371.63	646.25
Total	277.03	452.31	729.34

Règle de décision

Khi2 calculé : **729.34**

Khi2 théorique : **13.815**

ddl= 2

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique	⇒	H0
Khi2 calculé > Khi2 théorique	⇒	H1

Annexe 8.2: Responsabilité Jeunes/Adultes

Effectifs observés

Age	non responsables	responsables	Total
Jeunes	16 309	11 713	28 022
Adultes	25 427	16 741	42 168
Total	41 736	28 454	70 190

Effectifs théoriques

Hypothèse	non responsables	responsables	Total
Jeunes	16 662.3	11 359.7	28 022
Adultes	25 073.7	17 094.3	42 168
Total	41 736	28 454	70 190

Khi2 calculé

Hypothèse	non responsables	responsables	Total
Jeunes	0.02	10.99	11.01
Adultes	4.98	7.3	12.28
Total	5	18.29	23.29

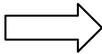
Règle de décision

Khi2 calculé : **23.29**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl= 1

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 8.3: Responsabilité Jeunes/Agés

Effectifs observés

Age	non responsables	responsables	Total
Jeunes	16 309	11 713	28 022
Agés	5 491	6 446	11 937
Total	21 800	18 159	39 959

Effectifs théoriques

Hypothèse	non responsables	responsables	Total
Jeunes	15 287.7	12 734.3	28 022
Agés	6 512.3	5 424.7	11 937
Total	21 800	18 159	39 959

Khi2 calculé

Hypothèse	non responsables	responsables	Total
Jeunes	68.23	81.91	150.14
Agés	160.17	192.28	352.45
Total	228.4	274.19	502.59

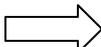
Règle de décision

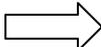
Khi2 calculé : 502.59

Khi2 théorique : 10.827

ddl= 1

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 8.4: Responsabilité Adultes/Agés

Fréquences observées

Age	non responsables	responsables	Total
Adultes	25 427	16 741	42 168
Agés	5 491	6 446	11 937
Total	30 918	23 187	54 105

Fréquences théoriques

Hypothèse	non responsables	responsables	Total
Adultes	24 096.7	18 071.3	42 168
Agés	6 821.3	5 115	11 937
Total	30 918	23 187	54 105

Khi2

Hypothèse	non responsables	responsables	Total
Adultes	73.44	97.93	171.37
Agés	259.44	345.93	605.37
Total	332.88	443.86	776.74

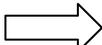
Règle de décision

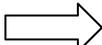
Khi2 calculé : **776.74**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl= 1

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 9: Comparaison Hommes/Femmes

Effectifs observés

Genre	Blessés	Tués	Total
Hommes	48 359	3 000	51 359
Femmes	29 793	975	30 768
Total	78 152	3 975	82 127

Effectifs théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Hommes	48 873.2	2 485.8	51 359
Femmes	29 278.8	1 489.2	30 768
Total	78 152	3 975	82 127

Khi2 calculé

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Hommes	5.41	106.36	111.77
Femmes	9.03	177.55	186.58
Total	14.44	283.91	298.35

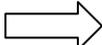
Règle de décision

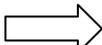
Khi2 calculé : **298.35**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl= 1

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 10: Responsabilité des conducteurs selon le sexe

Effectifs observés

Responsabilité	Conducteurs non responsables	Conducteurs responsables	Total
Hommes	18 048	33 311	51 359
Femmes	455	30 313	30 768
Total	18 503	63 624	82 127

Effectifs théoriques

Hypothèse	Conducteurs non responsables	Conducteurs responsables	Total
Hommes	11 571	39 788	51 359
Femmes	6 932	23 836	30 768
Total	18 503	63 624	82 127

Khi2 calculé

Khi2	Conducteurs non responsables	Conducteurs responsables	Total
Hommes	3 625.56	1 054.38	4 679.94
Femmes	6 051.87	1 760.01	7 811.88
Total	9 677.43	2 814.39	12 491.82

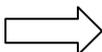
Règle de décision

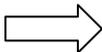
Khi2 calculé : **12 491.82**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl= 1

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 11: Comparaison selon la tranche d'âge et le sexe des conducteurs

Effectifs observés

Age	Hommes	Femmes	Total
Jeunes	18 771	9 251	28 022
Adultes	26 767	15 401	42 168
Agés	5 821	6 116	11 937
Total	51 359	30 768	82 127

Effectifs théoriques

Hypothèse	Hommes	Femmes	Total
Jeunes	17 523.9	10 498.1	28 022
Adultes	26 370.2	15 797.8	42 168
Agés	7 464.9	4 472.1	11 937
Total	51 359	30 768	82 127

Khi2 calculé

Hypothèse	Hommes	Femmes	Total
Jeunes	88.32	147.43	235.75
Adultes	58.69	97.97	156.66
Agés	207.34	346.1	553.44
Total	354.35	591.5	945.85

Règle de décision

Khi2 calculé : **945.85**

Khi2 théorique : **13.815**

ddl= 2

p < .0001

Khi2 calculé < Khi2 théorique H0
Khi2 calculé > Khi2 théorique H1

Annexe 12.1: Variations nycthémérales des accidents de la route

Effectifs observés

Moments	Blessés	Tués	Total
Début de matinée	9543	545	10 088
Fin de matinée	11 303	553	11 856
Début d'après-midi	13 207	563	13 770
Fin d'après-midi	17 749	918	18 667
18-21h	15 708	850	16 558
21-0h	6 251	496	6 747
0-3h	3 572	389	3 961
3-6h	2 976	395	3 371
Total	80 309	4709	85 018

Effectifs théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Début de matinée	9 529.2	558.8	10 088
Fin de matinée	11 199.3	656.7	11 856
Début d'après-midi	13 007.3	762.7	13 770
Fin d'après-midi	17 633.1	1 033.9	18 667
18-21h	15 640.9	917.1	16 558
21-0h	6 373.3	373.7	6 747
0-3h	3 741.6	219.4	3 961
3-6h	3 184.3	186.7	3 371
Total	80 309	4 709	85 018

Khi2 calculé

X ²	Blessés	Tués	Total
Début de matinée	0.02	0.34	0.36
Fin de matinée	0.96	16.38	17.34
Début d'après-midi	3.07	52.29	55.36
Fin d'après-midi	0.76	12.99	13.75
18-21h	0.29	0.06	0.35
21-0h	2.35	40.02	42.37
0-3h	7.69	131.10	138.79
3-6h	13.63	232.4	246.03
Total	28.77	485.58	514.35

Règle de décision

Khi2 calculé: **514.35**
.0001

Khi2 théorique: **24.321**

ddl=7

p <

Annexe 12.2 : Comparaison début de matinée/Fin de matinée

Effectifs observés

Moments	Blessés	Tués	Total
Début de matinée	9 543	545	10 088
Fin de matinée	11 303	553	11 856
Total	20 846	1 098	21 944

Effectifs théoriques

hypothèse	Blessés	Tués	Total
Début de matinée	9 583.2	504.8	10 088
Fin de matinée	11 262.8	593.2	11 856
Total	20 846	1 098	21 944

Khi2 calculé

X ²	Blessés	Tués	Total
Début de matinée	0.17	3.20	3.37
Fin de matinée	0.14	2.72	2.86
Total	0.31	5.92	6.23

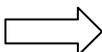
Règle de décision

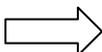
Khi2 calculé : **6.23**

Khi2 théorique : **6.635**

ddl= 1

p < .01

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 12.3 : Comparaison Fin de matinée/Début d'après-midi

Effectifs observés

Moments	Blessés	Tués	Total
Fin de matinée	11 303	553	11 856
Début d'après-midi	13 207	563	13 770
Total	24 510	1116	25 626

Effectifs théoriques

hypothèse	Blessés	Tués	Total
Fin de matinée	11 339.7	516.3	11 856
Début d'après-midi	13 170.3	599.7	13 770
Total	24 510	1 116	25 626

Khi2 calculé

X ²	Blessés	Tués	Total
Fin de matinée	0.12	2.61	2.73
Début d'après-midi	0.10	2.25	2.35
Total	0.22	4.86	5.08

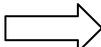
Règle de décision

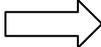
Khi2 calculé : **5.08**

Khi2 théorique : **5.412**

ddl= 1

p < .02

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 12.4 : Comparaison Début d'après-midi/Fin d'après-midi

Fréquences observées

Moments	Blessés	Tués	Total
Début d'après-midi	13 207	563	13 770
Fin d'après-midi	17 749	918	18 667
Total	30 956	1 481	32 437

Fréquences théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Début d'après-midi	13 141.3	628.7	13 770
Fin d'après-midi	17 814.7	852.3	18667
Total	30 956	1 481	32 437

Khi2

X ²	Blessés	Tués	Total
Début d'après-midi	0.33	6.87	7.2
Fin d'après-midi	0.24	5.06	5.3
Total	0.57	11.93	12.5

Règle de décision

Khi2 calculé : 12.5

Khi2 théorique: 10.827

ddl= 1

p < .001

Khi2 calculé < Khi2 théorique \Rightarrow H0

Khi2 calculé > Khi2 théorique \Rightarrow H1

Annexe 12.5 : Comparaison Fin d'après-midi/18-21h

Effectifs observés

Moments	Blessés	Tués	Total
Fin d'après-midi	17 749	918	18667
18-21h	15 708	850	16 558
Total	33 457	1 768	35 225

Effectifs théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
Fin d'après-midi	17 730.1	936.9	18 667
18-21h	15 726.9	831.1	16 558
Total	33 457	1768	35 225

Khi2 calculé

X ²	Blessés	Tués	Total
Fin d'après-midi	0.02	0.38	0.4
18-21h	0.02	0.43	0.45
Total	0.04	0.81	0.85

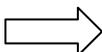
Règle de décision

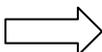
Khi2 calculé : **0.85**

Khi2 théorique : **1.074**

ddl= 1

NS

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 12.6 : Comparaison 18-21h /21-0h

Effectifs observés

Moments	Blessés	Tués	Total
18-21h	15 708	850	16 558
21-0h	6251	496	6 747
Total	21 959	1 346	23 305

Effectifs théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
18-21h	15 601.7	956.3	16 558
21-0h	6 357.3	389.7	6 747
Total	21 959	1 346	23 305

Khi2 calculé

X ²	Blessés	Tués	Total
18-21h	0.72	11.82	12.54
21-0h	1.78	29	30.78
Total	2.5	40.82	43.32

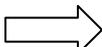
Règle de décision

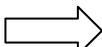
Khi2 calculé : **43.32**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl= 1

p < .001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 12.7 : Comparaison 21-0h/0-3h

Fréquences observées

Moments	Blessés	Tués	Total
21-0h	6 251	496	6 747
0-3h	3 572	389	3 961
Total	9 823	885	10 708

Fréquences théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
21-0h	6 189.4	557.6	6 747
0-3h	3 633.6	327.4	3 961
Total	9 823	885	10 708

Khi2

X ²	Blessés	Tués	Total
21-0h	0.61	6.81	7.42
0-3h	1.04	11.59	12.63
Total	1.65	18.4	20.05

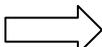
Règle de décision

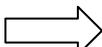
Khi2 calculé : **20.05**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl= 1

p < .001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 12.8 : Comparaison 0-3h/3-6h

Fréquences observées

Moments	Blessés	Tués	Total
0-3h	3572	389	3 961
3-6h	2976	395	3 371
Total	6 548	784	7 332

Fréquences théoriques

Hypothèse	Blessés	Tués	Total
0-3h	3 537.5	423.5	3 961
3-6h	3 010.5	360.5	3 371
Total	6 548	784	7 332

Khi2

X ²	Blessés	Tués	Total
0-3h	0.34	2.81	3.15
3-6h	0.40	3.30	3.70
Total	0.74	6.11	6.85

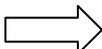
Règle de décision

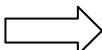
Khi2 calculé : **6.85**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl= 1

p < .001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**

Annexe 13 : Comparaison Journée/Nuit

Effectifs observés

Moments	Blessés	Tués	Total
Journée	51 802	2 579	54 381
Nuit	28 507	2 130	30 637
Total	80 309	4709	85 018

Effectifs théoriques

hypothèse	Blessés	Tués	Total
Journée	51368.9	3012.1	54 381
Nuit	28940.1	1696.9	30 637
Total	80 309	4709	85 018

Khi2 calculé

X ²	Blessés	Tués	Total
Journée	3.65	62.27	65.92
Nuit	6.48	110.54	117.02
Total	10.13	172.81	182.94

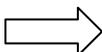
Règle de décision

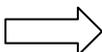
Khi2 calculé : **182.94**

Khi2 théorique : **10.827**

ddl= 1

p < .001

Khi2 calculé < Khi2 théorique  **H0**

Khi2 calculé > Khi2 théorique  **H1**