
Coordination scientifique
Annick POTTIER
Olivier LAYA

Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité dans les transports

Actes de la journée spécialisée du 25 octobre 2002

**Actes INRETS N°91
Septembre 2003**

Conformément à la note du 04/07/2014 de la direction générale de l'Ifsttar précisant la politique de diffusion des ouvrages parus dans les collections éditées par l'Institut, la reproduction de cet ouvrage est autorisée selon les termes de la licence CC BY-NC-ND. Cette licence autorise la redistribution non commerciale de copies identiques à l'original. Dans ce cadre, cet ouvrage peut être copié, distribué et communiqué par tous moyens et sous tous formats.



Attribution — Vous devez créditer l'Oeuvre et intégrer un lien vers la licence. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens possibles mais vous ne pouvez pas suggérer que l'Ifsttar vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé son Oeuvre.



Pas d'Utilisation Commerciale — Vous n'êtes pas autorisé à faire un usage commercial de cette Oeuvre, tout ou partie du matériel la composant.



Pas de modifications — Dans le cas où vous effectuez une adaptation, que vous transformez, ou créez à partir du matériel composant l'Oeuvre originale (par exemple, une traduction, etc.), vous n'êtes pas autorisé à distribuer ou mettre à disposition l'Oeuvre modifiée.

Le patrimoine scientifique de l'Ifsttar

Le libre accès à l'information scientifique est aujourd'hui devenu essentiel pour favoriser la circulation du savoir et pour contribuer à l'innovation et au développement socio-économique. Pour que les résultats des recherches soient plus largement diffusés, lus et utilisés pour de nouveaux travaux, l'Ifsttar a entrepris la numérisation et la mise en ligne de son fonds documentaire. Ainsi, en complément des ouvrages disponibles à la vente, certaines références des collections de l'INRETS et du LCPC sont dès à présent mises à disposition en téléchargement gratuit selon les termes de la licence Creative Commons CC BY-NC-ND.

Le service Politique éditoriale scientifique et technique de l'Ifsttar diffuse différentes collections qui sont le reflet des recherches menées par l'institut :

- Les collections de l'INRETS, Actes
- Les collections de l'INRETS, Outils et Méthodes
- Les collections de l'INRETS, Recherches
- Les collections de l'INRETS, Synthèses
- Les collections du LCPC, Actes
- Les collections du LCPC, Etudes et recherches des laboratoires des ponts et chaussées
- Les collections du LCPC, Rapport de recherche des laboratoires des ponts et chaussées
- Les collections du LCPC, Techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées, Guide technique
- Les collections du LCPC, Techniques et méthodes des laboratoires des ponts et chaussées, Méthode d'essai



Institut Français des Sciences et Techniques des Réseaux,
de l'Aménagement et des Transports
14-20 Boulevard Newton, Cité Descartes, Champs sur Marne
F-77447 Marne la Vallée Cedex 2

Contact : diffusion-publications@ifsttar.fr

www.ifsttar.fr



Coordination scientifique

Annick Pottier : Chargée de Recherche à l'INRETS - LPC

annick.pottier@inrets.fr

Olivier Laya : Chargé de Recherche à l'INRETS - LPC

olivier.laya@inrets.fr

L'Unité de recherche :

LPC, Laboratoire de Psychologie de la Conduite, INRETS,

2, avenue du Général Malleret-Joinville, 94114 ARCUEIL Cedex

Tél : 33 (0) 1 47 40 70 00

Auteurs des communications :

Marie-Laure Bocca, Pierre Denise, Aurélie Campagne, André Chapon, Damien Davenne, Mohamed Dogui, Jean Foret, Catherine Gabaude, Edith Galy, Sandrine Gruau, Abderrraouf Hadj Mabrouk, Habib Hadj Mabrouk, Patrick Hamelin, Bernard Laumon, Claudine Melan, Alain Muzet, Frédérique Obriot-Claudiel, René Patesson, Philippe Queval, Ghislaine Tirilly.

Remerciements :

Isabelle Pirolo et Annie Thuilot pour la mise en page de ce document
Maryvonne Brionne pour sa contribution au document.

INRETS - Service des publications, 2, avenue du Général Malleret-Joinville
94114 ARCUEIL CEDEX - Tél. : 33 (0)1 47 40 70 74 – Fax : 01 45 47 56 06
www.inrets.fr

© Les collections de l'INRETS

N ° ISBN 2-85782-583-8 - N° ISSN 0769-0266

En application du code de la propriété intellectuelle, l'INRETS interdit toute reproduction intégrale ou partielle du présent ouvrage par quelque procédé que ce soit, sous réserve des exceptions légales

Fiche bibliographique

UR (1er auteur) Laboratoire de Psychologie de la Conduite-LPC		Projet n°	Actes INRETS N° 91
Titre Facteurs de Dégradation de la Vigilance et Insécurité dans les transports			
Sous-titre Actes de la journée spécialisée 25-10-2002		Langue F	
Auteur(s) POTTIER Annick LAYA Olivier		Rattachement ext.	
Nom adresse financeur, co-éditeur		N° contrat, conv.	
		Date de publication Septembre 2003	
Remarques			
Résumé Les apports des recherches fondamentales en chronobiologie et en chronopsychologie ont permis la mise en évidence d'interactions réciproques entre les rythmes biologiques et les rythmes comportementaux. Il est bien établi que toute altération de la structure temporelle chez l'homme, par exemple les changements d'horaires au cours du cycle travail-repos (travail posté ou de nuit, vols transméridiens... etc) ainsi que le vieillissement interviennent sur l'organisation rythmique des processus biologiques et notamment le rythme veille-sommeil. Par ailleurs, la privation de sommeil mais aussi la charge émotionnelle de situations de stress sont susceptibles de majorer les troubles de la vigilance de conducteurs professionnels et d'usagers de la route, à l'origine d'accidents. Ces thèmes, dans le cadre des travaux du groupe vigilance animé par l'INRETS ont inspiré quelques recherches récentes. C'est pourquoi, nous avons suscité la contribution de doctorants et post-doctorants afin d'exposer leurs travaux au cours de cette deuxième journée spécialisée portant sur les "Facteurs de Dégradation de la Vigilance et Insécurité dans les Transports" en invitant quelques spécialistes compétents dans chaque domaine, aptes à approfondir leur démarche et enrichir la réflexion.			
Mots clés Transports, stress et santé, rythmes biologiques, privation de sommeil, vieillissement		Diffusion Libre	
Nombre de pages 141	Prix 15,24	Confidentiel Non	Bibliographie Oui

Publication data form

UR (1st author) Laboratoire de Psychologie de la Conduite-LPC		Projet n°	INRETS Proceedings N° 91	
Title Facteurs de Dégradation de la Vigilance et Insécurité dans les transports				
Subtitle Actes de la journée spécialisée 25-10-2002			Language F	
Author(s) POTTIER Annick LAYA Olivier			Affiliation	
Sponsor, co-editor, name and address			Contract, conv. N°	
			Publication date September 2003	
Notes				
Summary The contributions in chronobiology and chronopsychology point out interactions between biological paces and behavioural paces. It is well established that any change of the time structure of a human being, (for instance, the changes of schedules during the work-breaks cycle shift work or night work, flights with time lags etc...) and ageing, influence the chronobiological processes, especially the sleep-awakeness pace. Moreover the deprivation of sleep and the emotional stress loads can increase alertness disturbances of the professional drivers and road users, causing accidents. These topics, as part of the works by INRETS alertness group have given birth to some recent research works. In this context, the editors called for the contributions of doctorate and post-doctorate students in order to present their works at this second workshop addressing the "Factors of Alertness Deterioration and Transport Unsafety", and invited some experts from each domain for in-depth approach and enriched reflection.				
Key Words Transports, stress and health, biological paces, sleep deprivation, ageing			Distribution statement Free	
Nb of pages 141	Price 15,24 €	Declassification No	Bibliography Yes	

Table des matières

Présentation de la journée	5
Introduction générale	9
1^{ÈRE} partie : Variations circadiennes de la vigilance et accidents dans les transports	13
Introduction	15
Fluctuations circadiennes de mémorisation en fonction du niveau de vigilance et de la modalité perceptive chez les travailleurs postés	21
Apport de la chronobiologie de la vigilance au domaine de la sécurité ferroviaire	33
2^{ÈME} partie : Vigilance, privation de sommeil, erreurs de conduite	47
Introduction	49
Effets d'une privation totale de sommeil sur le désengagement de l'attention	53
Évolutions comparées de la baisse de vigilance au volant et des erreurs de conduite	63
3^{ÈME} partie : Vigilance, vieillissement et sécurité dans les transports	67
Introduction	69
Rôle de l'activité physique dans le maintien de la vigilance chez les personnes âgées	71

Évolution des processus attentionnels avec l'âge : quelles répercussions sur la sécurité routière ?	81
4^{ÈME} partie : Vigilance, stress et santé dans les transports	103
Chronopsycho-ergonomie de la charge de travail, du stress et de la vigilance : le cas des conducteurs de bus à la ratp	105
Horaires de travail, variations de la vigilance et risques d'accidents dans le domaine maritime	121
Synthèse de la journée	133
Liste des participants	137

Présentation de la journée

Bien que de multiples causes soient à l'origine des accidents de la circulation, on évalue que près d'un tiers des accidents mortels est en relation avec une dégradation de la vigilance en particulier en situation de conduite monotone sur autoroute.

Dans les transports terrestres comme dans les transports guidés les pics maximum de survenue de ces accidents se situent entre 2 h et 6 h du matin et en début d'après midi entre 14 h et 16 h, à l'heure où se produisent des diminutions biorythmiques de la vigilance.

Dans une optique chronobiologique, l'étude du sommeil normal, perturbé voire pathologique, permet de mieux interpréter ces accidents.

On sait que les rythmes activité/repos et veille/sommeil ont un effet qui se situe en amont sur le niveau de vigilance du conducteur.

Plus généralement, les connaissances acquises en physiologie circadienne montrent que le fonctionnement de l'organisme peut être modifié qualitativement sous l'influence des rythmes nycthémeraux.

Il est bien établi que toutes les altérations de la structure temporelle chez l'homme, par exemple les changements d'horaires au cours du cycle travail/repos (travail posté ou de nuit, vols transmériidiens etc...) ainsi que le vieillissement interviennent sur l'organisation rythmique des processus biologiques et notamment le rythme veille/sommeil.

Par ailleurs, la privation de sommeil mais aussi la charge émotionnelle de situations de stress sont susceptibles de majorer les troubles de la vigilance de conducteurs professionnels et d'usagers de la route.

Ces thèmes qui se situent dans le cadre des travaux du groupe vigilance animée par l'INRETS ont inspiré quelques recherches récentes.

C'est pourquoi nous avons suscité la contribution de doctorants et post doctorants afin d'exposer leurs travaux au cours d'une deuxième journée spécialisée portant sur les facteurs de dégradation de la vigilance et l'insécurité dans les transports .

Leur état d'avancement au début, en cours ou pour certains d'entre eux déjà achevés explique la répartition inégale des manuscrits soumis. Une discussion a suivi chaque intervention permettant ainsi des échanges fructueux avec l'auditoire en particulier avec des spécialistes compétents dans chaque domaine, aptes à approfondir la démarche et enrichir la réflexion de ces jeunes chercheurs.

Annick Pottier
Olivier Laya

Introduction générale

André Chapon

*INRETS - Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports-
LESCOT*

andre.chapon@inrets.fr

Notre présence ici aujourd'hui montre bien que nous sommes convaincus qu'il est important d'effectuer des recherches sur la vigilance afin d'améliorer la sécurité dans les transports.

En revanche, je me garderai bien d'annoncer un chiffre pour quantifier cet enjeu. En effet, les statistiques dont nous disposons ne sont généralement pas descriptives des accidents survenus et ne s'interrogent pas nécessairement sur le rôle qu'a pu jouer une modification de l'état de vigilance. À titre d'illustration, nous savons bien que la survenue d'un accident ne répond le plus souvent pas à une cause unique et que conduire un véhicule consiste aussi à se prémunir contre les erreurs des autres. Ainsi dans des circonstances de refus de priorité, le conducteur qui est dans son droit a plus de chance d'éviter la collision s'il est vigilant que s'il ne l'est pas. D'autre part, la vigilance constitue un état qui ne se modifie pas par hasard. C'est donc au niveau des déterminants de cette modification que l'enjeu doit pouvoir se chiffrer. Dire qu'un accident est du à la fatigue, à l'absorption d'alcool ou à un jet lag c'est aussi dire que ces causes initiales ont provoqué une modification de l'état de vigilance, elle-même responsable de l'accident. La modification de l'état de vigilance apparaît donc comme une conséquence accidentogène commune résultant de causes diverses. C'est donc bien l'étude des facteurs de dégradation de la vigilance qui nous importe et vouloir quantifier l'enjeu implique de prendre en compte l'ensemble de ces facteurs dans la survenue des accidents.

L'INRETS a bien compris l'importance de cette thématique de recherche qui s'inscrit dans un des projets prioritaires du programme pluriannuel de l'Institut, le projet « Santé de l'Usager et Insécurité Routière ». Le départ de deux Directeurs de Recherche impliqués dans le domaine de la vigilance a laissé un vide à l'INRETS sur cette thématique. Ce vide a été comblé par la mobilisation de nouveaux chercheurs et par le recours à des compétences extérieures à l'Institut appartenant notamment :

- au Laboratoire de physiologie de la faculté de médecine de Caen
- au Centre d'étude de physiologie appliquée (CEPA du CNRS de Strasbourg)
- au Centre de recherche en activité physique et sportive (CRAPS) de l'UFR-STAPS de Caen
- à l'UFR-STAPS d'Orsay

Annick Pottier est chargée de coordonner l'ensemble de cette activité.

S'il m'est permis d'avancer quelques idées, parmi les différents facteurs de dégradation de la vigilance, j'aurais envie de différencier un facteur général qui est rarement absent et qui conditionne en partie l'impact de facteurs spécifiques. Ce facteur général serait la monotonie de la situation qui va générer une raréfaction des stimulations sensorielles et une diminution de l'activité cognitive de l'individu peu motivé par ce qui se passe puisqu'il ne se passe pas grand chose. Les exemples de l'effet de ce facteur sont légions dans la vie courante que ce soit le collègue que l'on observe en train de somnoler lors d'un exposé particulièrement soporifique ou la personne âgée laissée dans un coin d'une maison spécialisée qui passe une grande partie de sa journée à somnoler parce que son environnement est stable (il ne se passe rien) et qu'elle n'a rien d'autre à faire.

Dans le domaine des transports, il est symptomatique de constater que les accidents attribués à l'hypovigilance surviennent essentiellement en situation monotone (conduite de nuit, sur autoroute avec peu de trafic...) plutôt que dans des situations à forte stimulation sensorielle (conduite urbaine avec fort trafic et réseau complexe) au cours desquelles les accidents relèveraient essentiellement d'une surcharge attentionnelle, de distractions ou d'une mauvaise appréciation de la situation de conduite. On peut postuler, de ce fait, que l'automatisation des tâches dans les transports, rendant ces dernières plus monotones, risque d'accroître la proportion des accidents liés à l'hypovigilance. Une tâche de simple surveillance est plus monotone et rébarbative qu'une tâche qui demande constamment de prélever de l'information pour agir. La SNCF s'est depuis de nombreuses années posé ce problème. De même dans le domaine aérien, la tâche d'un commandant de bord n'a rien à voir avec celle d'un pilote d'autrefois. Au niveau de l'automobile, lorsque l'on aborde le problème de l'automatisation de la conduite, il est important de s'interroger sur les conséquences possibles sur la vigilance d'une activité réduite conduisant à une tâche de conduite plus monotone. Dans ces conditions le conducteur sera-t-il encore apte à réagir en cas de dysfonctionnement de la gestion automatisée du système véhicule – infrastructure - autres usagers ? Restera-t-il encore suffisamment vigilant pour exercer une simple surveillance de ses écrans de contrôle ?

Parallèlement à la monotonie de la situation qui peut être considérée comme le terrain sur lequel l'état de vigilance présente le maximum de risques de se dégrader, on doit considérer les facteurs spécifiques qui vont procéder à cette dégradation. C'est l'objet de la journée d'aujourd'hui d'examiner certains d'entre eux.

Ces thèmes, dans le cadre des travaux du groupe vigilance animé par l'INRETS, ont inspiré quelques recherches récentes. C'est pourquoi, nous avons suscité la contribution de doctorants et post-doctorants afin d'exposer leurs travaux au cours de cette deuxième Journée Spécialisée portant sur les « Facteurs de Dégradation de la Vigilance et Insécurité dans les Transports » en invitant quelques spécialistes compétents dans chaque domaine, aptes à approfondir leur démarche et enrichir la réflexion.

La matinée comportera deux sessions dont les thématiques sont très proches.

- Session 1 : Vigilance, stress et santé dans les transports
- Session 2 : Variations circadiennes de la vigilance et accidents dans les transports.

Les exposés présentés feront référence à la chronobiologie et aux variations circadiennes de la vigilance. Ils se différencieront cependant par le domaine d'application : transport urbain, transport maritime, travail posté, transport ferroviaire. Si chaque contexte présente ses spécificités, il est important d'identifier entre eux des invariants permettant un possible transfert de connaissances d'un domaine à l'autre.

Ces aspects sont importants à prendre en considération car les contraintes de production et de service aboutissent à des organisations du travail susceptibles de générer des décalages temporels importants entre le rythme biologique et celui du travail, décalages souvent incompatibles avec une vie familiale harmonieuse. Dans ce contexte, les dégradations de la vigilance ne sont-elles pas que la conséquence de la gestion de contraintes difficilement compatibles ?

Les sessions de l'après-midi sont plus polymorphes :

- Session 3 : Vigilance – Privation de sommeil – Erreurs de conduite
- Session 4 : Vigilance – Vieillesse et sécurité dans les transports.

S'il fallait trouver un point commun entre les différents travaux qui seront exposés, il se situerait vraisemblablement au niveau des liens existants ou non entre hypovigilance d'une part et attention et erreurs de conduite d'autre part.

Un premier exposé montre que certains effets sur l'attention d'une nuit de privation de sommeil pourraient être indépendants de la baisse de vigilance. Une seconde présentation expose une recherche effectuée sur simulateur de conduite qui indique que, s'il existe bien un lien entre hypovigilance et erreurs de conduite, seules certaines d'entre elles seraient indicatives d'une hypovigilance.

Les communications suivantes ont trait au vieillissement.

La première d'entre elles montre l'effet bénéfique de la pratique régulière d'une activité physique modérée sur la restauration des rythmes circadiens et, en conséquence, sur la performance de conduite des personnes âgées.

Le dernier exposé, dans une approche différentielle, traite des capacités respectives d'attention et d'inhibition de deux groupes de sujets (jeunes et âgés) au moyen de tests spécifiques dont la valeur prédictive aurait pour objectifs une prise de conscience du déficit attentionnel par la personne testée et le développement d'un programme d'entraînement en vue de compenser ce déficit.

Comme vous pouvez le constater cette journée est riche et bien remplie. Je vous souhaite à tous de rester vigilants jusqu'au bout. La période post-prandiale sera peut-être difficile, mais je compte bien sur Marie-Laure pour nous réveiller.

1^{ère} partie

Variations circadiennes de la vigilance et accidents dans les transports

Introduction

Jean Foret

INSERM CHU Caen

jeanm.foret@laposte.net

Pour aborder le thème des variations circadiennes de la vigilance et de sa relation avec les transports, j'ai commencé par chercher la littérature sur vigilance et accidents. J'ai trouvé que l'INRETS avait déjà publié au moins deux ouvrages qui avaient le même titre, "Vigilance, aspects fondamentaux, dégradation et prévention", dirigé par Michel Vallet et Salah Khardi en 1995 ; "Facteur de dégradation de la vigilance", dirigé par Annick Pottier et Olivier Laya en 2000. De plus dans les articles, on trouve de nombreuses citations tirées du "Vigilance", édité par Mackie en 1977. Mon impression a donc été qu'il y avait un certain piétinement dans ces études sur la vigilance dans les transports. Les raisons de ce peu de progrès semblent nombreuses. D'abord, comme cela vient d'être dit par A.Chapon, le concept même de vigilance n'est pas parfaitement limpide. Le flou sémantique recouvre un certain brouillard conceptuel : le terme de vigilance est souvent pris au sens de sentiment subjectif d'être plus ou moins "bien éveillé". Il peut être entendu comme opposé à la 'sleepiness', un mot intraduisible en français, et quelquefois mal traduit par somnolence. A la limite, il y a la propension à s'endormir, qui est encore autre chose et tout ne contribue pas à éclaircir le thème.

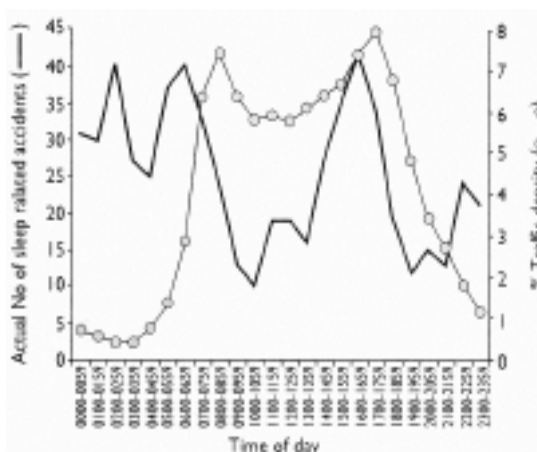
D'autre part, il me semble qu'on n'a pas encore réussi à trouver une grandeur physiologique ou comportementale qui soit prédictive de la baisse de réactivité à l'environnement, baisse de la réactivité potentiellement dangereuse et créatrice d'accident. Toutes les tentatives nombreuses sont fondées sur le postulat qu'il existe un continuum sur une certaine variable et qu'on peut déterminer sur ce continuum un seuil au-delà duquel le temps de réaction et la précision de la réaction à un événement extérieur prévu ou imprévu devient incompatible avec la conduite automobile. Je ne sais si l'hypothèse de ce continuum est vraie ou fausse malgré de nombreux efforts pour trouver un indicateur physiologique pertinent : EEG, clignement des yeux, tension musculaire etc...

Pourtant il ne fait aucun doute que la capacité à répondre correctement et dans les meilleurs délais à un événement extérieur varie spontanément sur 24 heures, c'est-à-dire sur le nycthémère, et ces variations sont circadiennes car, non seulement elles sont spontanées mais elles ont une nature endogène, donc non directement contrôlable. Dans la conduite automobile, ces variations circadiennes modulent de façon déterminante des facteurs plus circonstanciels comme l'état de l'individu, alcool, déficit de sommeil, fatigue, état psychologique

et aussi des conditions extérieures, l'état de la route, l'obscurité, l'ennui de la conduite etc... Dans la pratique, pour dire les choses simplement, quand on

étudie les accidents ou les incidents dans la conduite automobile, il est toujours difficile de distinguer ce qu'on peut appeler circadien, c'est-à-dire quelque chose qui a une base endogène et auto-entretenu, c'est-à-dire qu'on ne peut pas la modifier facilement de ce qui est quotidien parce que, à l'évidence, la densité de la circulation et les conditions matérielles en général présentent une oscillation quotidienne tout à fait répétitive. Pour illustrer cela, j'ai choisi parmi les études consacrées à la distribution horaire des accidents de la route celle de Jim Horne (Université de Loughborough) qui compare le nombre et la fréquence des accidents en fonction de l'heure donc aussi en fonction de la circulation.(Fig 1).

Figure 1 : Comparaison du nombre et de la fréquence des accidents en fonction de l'heure et de la circulation



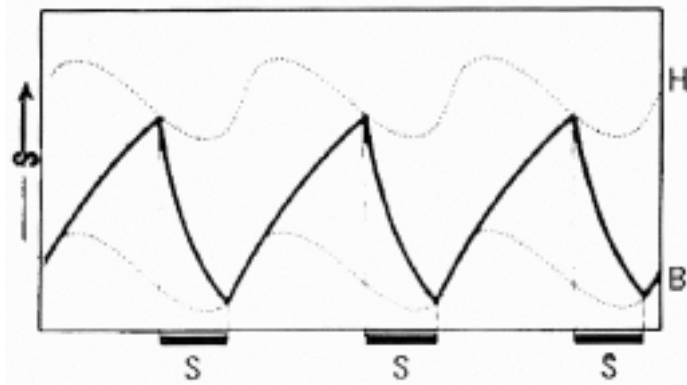
(Incidence of sleep related vehicle accidents (n=606) by hour of day. Also shown are general hourly traffic flow rates for these roads. Each hour's flow rate is given as percentage of total number of vehicles per 24 hours (for example, about 8.0 % of total daily flow occurs between 1700 and 1759) This hourly distribution of traffic flow is typical for the United Kingdom)

La circulation est faible la nuit et puis augmente dans la journée et présente deux pics, l'un vers 9 heures du matin et un autre entre 17 h et 18 h, comme on pouvait s'y attendre. La seconde courbe représente 606 accidents rapportés par la police dans quelques comtés du sud de l'Angleterre et le nombre absolu par heure. Ces accidents ont été choisis dans des rapports de gendarmerie ou les témoignages des gendarmes ou des enquêteurs, comme ayant un rapport avec le sommeil ou plutôt le manque de sommeil. Il faut bien admettre que ni les critères de sélection, ni les faits rapportés ne sont pas complètement fiables mais il me semble que toutes ces études ont plus ou moins ce même défaut, la qualité discutable de la sélection des accidents. La courbe présente trois pics, l'un vers la fin de l'après-midi et puis deux très nets vers 2 h du matin, puis entre 5 et 6 heures. Le remarquable est que le rapport entre les deux courbes s'inverse : elles sont complètement en miroir entre 10 h et 14 h, période où, malgré l'importance de la circulation il y a le moins d'accidents liés au sommeil probablement parce que ce sont les heures de la meilleure efficacité

psychosensorielle. De la comparaison de ces deux courbes, même si on ne peut pas tirer de conclusion simple, on peut constater que la densité de la circulation n'est qu'un facteur, pas toujours décisif puisque l'après-midi, à des heures de forte circulation, le taux d'accident est faible. Par contraste, le facteur circadien est sûrement important la nuit, sans que pour autant on puisse éliminer d'autres facteurs négatifs, à commencer par la mauvaise visibilité. En fin de journée où l'on trouve pourtant la meilleure efficacité psychosensorielle quand on l'estime en laboratoire, faut-il incriminer la fatigue accumulée ou la chute de l'attention pour expliquer le regain d'accident ?

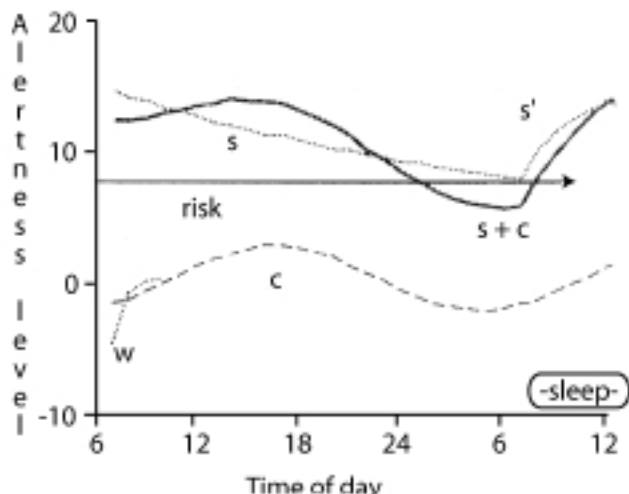
Je voudrais parler maintenant des seules variables circadiennes qu'on a modélisées de façon satisfaisante et qui nous intéressent au premier chef : 1/le modèle du sommeil de Daan et Borbely et 2/ le modèle de la vigilance d'Akerstedt et Folkard. Le modèle de Daan et Borbely a pris forme, il y a une vingtaine d'années, mais il repose sur une idée ancienne ; on peut citer Piéron au début du siècle qui a fait l'hypothèse tout à fait invérifiable à l'époque que pendant la veille il s'accumulait une toxine, l'hypno-toxine et que celle-ci était éliminée pendant le sommeil dont une des fonctions aurait été justement cette élimination. Cette idée a été reprise et, une cinquantaine d'années après, on a commencé à trouver des molécules du sommeil, une puis deux puis un grand nombre. Effectivement cette courbe qui ressemble à la charge d'une capacité pendant la veille puis à sa décharge pendant le sommeil convenait pour de nombreuses variables physiologiques. Aujourd'hui il apparaît de plus en plus fondé qu'une molécule parmi les plus plausibles pour incarner cette hypothèse est l'adénosine extracellulaire qui inhibe des neurones eux-mêmes inhibiteurs de neurones de l'hypothalamus qui déclenchent le sommeil, autrement dit l'accumulation d'adénosine permettrait au niveau cellulaire un mécanisme qui déclenche le sommeil. Donc cette courbe d'un modèle purement abstrait semble avoir de plus en plus un correspondant physiologique sérieux. La vitesse de l'élimination pendant le sommeil est toujours plus rapide que l'accumulation pendant la veille. De fait le sommeil humain apparaît comme très efficace puisqu'il ne prend que 8 heures contre 16 heures de veille. L'idée de Daan et Borbely (fig 2) était que ce phénomène homéostatique ou cumulatif qu'ils ont appelé le processus S (Sommeil, Schlaf, Sueño,...) était modulé par un déterminant oscillant selon une période de 24 heures (processus C comme circadien). Le point où le système bascule de la veille au sommeil ou inversement est déterminé par l'intersection des deux déterminants, le processus S et le processus C. On peut délibérément allonger la veille ou écourter le sommeil en se faisant réveiller. Les conséquences sont correctement prévues par ce modèle. Par exemple le raccourcissement du sommeil du matin après une nuit blanche s'explique par le fait que le processus S rencontre le processus C alors dans une phase croissante plus tôt qu'il ne l'aurait fait en fin de nuit. D'où un réveil prématuré.

Figure 2 : Modèle de la régulation du sommeil à deux processus d'après Daan et Borbely



Le second modèle est celui de la vigilance par Folkard et Akerstedt (fig 3). La vigilance est en quelque sorte le miroir du sommeil. Quoiqu'ils s'en défendent, il est évident que les auteurs ont construit leur modèle de vigilance par référence au modèle du sommeil de Borbely mais leur modèle présente certaines spécificités. L'idée commune est l'identification d'un phénomène accumulatif de sommeil qui décharge pendant la veille et d'un phénomène circadien et que les deux se conjuguent. Le processus S se traduit par une accumulation pendant la veille puis par une décroissance (il devient S') pendant le sommeil. Le niveau de vigilance est obtenu par l'addition du processus S et d'un processus circadien appelé C, oscillation monophasique présentant un maximum dans la journée et un minimum nocturne. Leur addition donne un décours à peu près plat pendant toute la journée, c'est-à-dire que, spontanément le niveau de vigilance entre 6 heures et 20 heures est quasi constant, au moins dans les meilleures conditions. De fait on n'est pas moins vigilant à 6 heures du soir qu'à 9 heures du matin, et pas moins capable de concentrer son attention. Par contre, la fin de la journée correspond à une chute rapide puisque, après 21-22 h, les deux processus S et C sont décroissants simultanément. On ne doit pas présenter ces modélisations réalistes comme des lois impératives : en effet, on peut quand même conduire à 3 h du matin en sécurité mais il faut néanmoins prendre en compte les oscillations spontanées du besoin de sommeil et celles du niveau de vigilance dans l'organisation temporelle du travail quand il s'étend en dehors de la plage diurne ordinaire d'activité. De même il convient de s'y référer pour comprendre les plaintes ou les revendications de travailleurs postés, de marins ou de routiers.

Figure 3 : Modèle de la vigilance d'après Folkard et Akerstedt



Pour en revenir au thème du présent colloque, l'insécurité dans les transports, il ne faudrait pas ignorer que de nombreuses causes d'accidents n'ont rien de circadien. Par exemple, l'ennui qui résulte de la conduite sur autoroute n'est pas circadien. Par ailleurs il y a des facteurs cognitifs ponctuels qui jouent un rôle dans l'accident, des erreurs d'exécution parce qu'on ne fait pas attention à ce qui se passe et des problèmes proprement cognitifs comme des représentations erronées. Néanmoins on peut se demander si les variations d'efficacité cognitive ne sont pas elles aussi modulées par l'oscillateur circadien. Par exemple, il ne fait pas de doute que l'alcool est éliminé à une vitesse qui dépend de l'heure de la journée et pas seulement du temps écoulé depuis l'ingestion.

Je voudrais seulement citer un autre exemple de conduite, celle des trains, où les variations du trafic influencent moins la tâche du conducteur que sur une route. De plus s'endormir en conduisant un train est beaucoup moins dramatique que s'endormir en conduisant une voiture à cause des systèmes de sécurité. L'estimation des plages d'hypovigilance, quand « on pique du nez » comme disent les machinistes montre une courbe circadienne extrêmement nette avec un minimum en fin de journée entre 18h et 22h et un maximum dans la nuit. Les circonstances extérieures n'y sont certes pas pour rien : ainsi, conduire un train de marchandise la nuit à 60 kms à l'heure avec des arrêts et des attentes fréquents est une invitation à l'assoupissement mais il est à remarquer que 12 % des hypovigilances ont été notées à des moments critiques, zone de travaux ou tunnels où l'exigence de vigilance doit être maximale, (Härmä et al., 2001)

Conclusion

Toutes les études impliquant un niveau notable de vigilance montrent l'opposition massive entre nuit et jour ou, plus exactement, la période normalement dévolue à la veille et celle dévolue au sommeil. Le modèle de la propension au sommeil comme celui de la vigilance suggèrent, quand on passe du jour à la nuit, une augmentation nette et rapide des facteurs négatifs qui, en se combinant, sont la cause d'accident.

Bibliographie

- Vallet M et Khardi S (Dir) *Vigilance et transports. Aspects fondamentaux, dégradation et prévention*. Presses Universitaires de Lyon, Lyon 1995
- Pottier A. et Laya O. (Dir) *Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité dans les transports* . Actes INRETS n°79, Arcueil 2001
- Mackie R.R. (Ed) *Vigilance*, Plenum Press , New-York, 1977
- Horne J.A. & Reyner L.A. Sleep related vehicle accidents. *British medical J.*, 310: 565-567, 1995
- Borbely A.A. A two-process model of sleep regulation. *Hum. Neurobiol.* 1: 195-204, 1982
- Folkard S. and Akerstedt T. A three-process model of the regulation of alertness-sleepiness. In: R.J. Broughton and R.D. Ogilvie (Eds) *Sleep, arousal and performance*. Birkhäuser, Boston, 1992, 11-26.
- Härmä M., Sallinen M., Ranta R., Müller K. and Mutanen P. The effects of an irregular shift system and sleep of locomotive engineers and traffic controllers on the risk of severe sleepiness during work shifts. *Shiftwork International Newsletter*, 18, n° 1, 17, 2001

Fluctuations circadiennes de mémorisation en fonction du niveau de vigilance et de la modalité perceptive chez les travailleurs postés

Claudine Mélan, Edith Galy,

Laboratoire Travail & Cognition, Université Toulouse II

cmelan@univ-tlse2.fr

egaly@univ-tlse2.fr

La chronobiologie et la chronopsychologie ont clairement établi que de nombreux paramètres physiologiques et psychologiques sont caractérisés par un fonctionnement fluctuant au cours de la journée de 24 heures. Cette rythmicité circadienne est une caractéristique fondamentale du fonctionnement humain et participe à ce que Reinberg (1974) a appelé “ la structure temporelle ” de l’individu. Le rythme veille/sommeil mais également le rythme de vigilance sont certainement les plus étudiés, du moins chez des opérateurs travaillant en horaires décalés ou alternants. Chez cette population, le dérèglement du rythme veille/sommeil a de nombreuses conséquences à court et à moyen terme, notamment sur l’état de santé et la vie familiale et sociale des opérateurs. De plus, une somnolence accrue pendant la période d’éveil affecte le niveau de vigilance, qui interfère à son tour avec les fonctions cognitives de l’individu.

La vigilance traduit un état fonctionnel mesurable et quantifiable par des mesures objectives, tel l’électroencéphalogramme, par des mesures comportementales, vitesse et efficacité dans des tâches perceptivo-motrices notamment, et qui peut être appréhendé par des méthodes subjectives, tels que des questionnaires. L’évaluation du niveau de vigilance grâce à ces méthodes montre que celle-ci est à son minimum vers cinq heures du matin, augmente rapidement jusqu’en fin de matinée, puis plus lentement jusqu’en fin d’après-midi, pour diminuer ensuite rapidement jusqu’en fin de cycle (Thayer, 1989). Lors de changements horaires rapides tels que ceux qui seront décrits ici (3x8), l’orientation diurne du rythme de vigilance et de ceux décrivant les performances perceptives et mnésiques est généralement maintenue.

Cette contribution tente de préciser dans quelle mesure la modalité perceptive mise en jeu lors de la mémorisation module les performances au cours du nyctémère. Dans une première partie, nous allons faire état de travaux consacrés à l’étude des interactions entre les rythmes de vigilance et de mémorisation et les deux principales hypothèses qui ont été proposées pour modéliser ces liens. Dans une deuxième partie, nous allons résumer des études de laboratoire caractérisant les différences de mémorisation en fonction de la modalité d’encodage. Les systèmes perceptifs, auditif et visuel, se distinguent en effet par des particularités fonctionnelles qui modulent les

performances de mémorisation (Crowder et Morton, 1969 ; Penney, 1989). Une dernière partie permettra d'éclairer cette problématique grâce à des études de terrain évaluant les fluctuations circadiennes de mémorisation selon la modalité sensorielle d'encodage et de restitution. Les performances sont évaluées lors de la mémorisation de listes de mots, mettant en jeu des capacités cognitives également impliquées lors du traitement de consignes de fonctionnement ou de sécurité.... En 1951 Lashley a souligné que les capacités d'apprentissage sérielle sont largement impliquées dans des fonctions supérieures, telle la production et la compréhension du langage ou de la musique.

Rythmes circadiens : vigilance, perception et mémoire

Deux hypothèses ont été proposées pour expliquer les rythmes de l'efficacité mnésique, chacune basée sur une conception différente de la mémoire. La première, basée sur la notion de capacité de traitement, suppose l'existence de systèmes distincts (sensoriels, mnésiques, compréhension), dont chacun est caractérisé par une variation circadienne de capacité qui lui est propre. Les variations circadiennes des performances de mémorisation seraient fonction à la fois du délai de restitution et de la charge mnésique. La capacité de traitement à court terme est à son maximum au milieu de la matinée, et l'augmentation de la vigilance en cours d'après-midi améliore indirectement la mémoire à long terme (Folkard & Monk, 1979). De plus, la performance est corrélée positivement avec un indicateur du métabolisme central lorsque la charge mnésique est faible et négativement lorsque celle-ci est plus élevée (Folkard, Knauth & Monk, 1976). De même, les performances varient en fonction du niveau de vigilance lors de la restitution de mots en rappel libre mais non pas en reconnaissance ou dans des tâches de comparaison ou de catégorisation (Lancry, 1986). La charge mnésique impliquée dans ces tâches serait trop faible pour saturer le système de traitement, masquant ainsi des variations circadiennes.

Selon la seconde hypothèse, les variations circadiennes de mémorisation reflètent des modifications des allocations de ressources nécessaires à la réalisation d'une tâche. Celles-ci seraient utilisées différemment par le sujet en fonction de l'heure du jour, probablement en raison de modifications dans le traitement et le stockage des informations. Ainsi, lors de l'exploration visuelle d'un tableau ou d'un écran de contrôle, on observe non seulement des variations concernant la quantité et le type d'information consultés, mais également des variations dans l'utilisation de différentes stratégies d'exploration visuelle (De Terssac, Queindec & Thon, 1983 ; Andorre & Queindec, 1996). Les variations circadiennes de l'efficacité mnésique à court terme reflèteraient des modifications qualitatives du traitement des informations. Le matin lorsque le niveau de vigilance est faible les sujets procéderaient de manière préférentielle à un traitement des caractéristiques superficielles (physiques ou linguistiques) des stimuli et auraient recours à des processus de répétition mentale, alors que l'après-midi, lorsque le niveau de vigilance augmente, ils se focaliseraient d'avantage sur la signification des stimuli et auraient recours à un traitement plus élaboré et intégré (Folkard, 1979; Maury & Queindec, 1992). Des instructions favorisant, directement ou indirectement, le recours à l'une ou

l'autre de ces stratégies de mémorisation modifient les résultats obtenus (Folkard, 1979 ; Oakhill & Davies, 1989 ; Lorenzetti & Natale, 1996). Cette flexibilité des performances plaide alors en faveur de variations qualitatives des processus de mémorisation.

Le rôle de la modalité du matériel verbal à mémoriser n'a, à notre connaissance, pas fait l'objet d'études similaires. Quelques auteurs se sont, en revanche, intéressés aux fluctuations circadiennes de la détection de signaux sensoriels qui évoluent parallèlement aux autres indicateurs de la vigilance. Ils montrent que la performance est supérieure lorsqu'il s'agit d'un son plutôt que d'un flash lumineux (Fraisse, 1983). Par conséquent, on peut se demander dans quelle mesure les fluctuations circadiennes des performances de mémorisation sont influencées par la modalité sensorielle sollicitée par la tâche mnésique.

Influence de la modalité de présentation de mots sur la mémorisation à court terme

Plusieurs travaux, déjà anciens, ont mis en évidence des différences de mémorisation en fonction de la modalité perceptive impliquée (Broadbent, 1958 ; Madigan, 1972). Ces travaux sont restés pendant longtemps isolés et la prise en compte de la modalité sensorielle comme variable expérimentale ne remonte qu'aux années 1990. Avant de résumer ces travaux, nous allons brièvement décrire les caractéristiques fonctionnelles des principaux canaux perceptifs, visuel et auditif.

Caractéristiques fonctionnelles des systèmes sensoriels visuel et auditif

Une des caractéristiques du canal auditif est le caractère éphémère de l'information qu'il véhicule. Par conséquent, le sujet ne peut exercer que peu de contrôle sur le débit et l'enchaînement de l'information auditive. D'un autre côté, le canal auditif est multidirectionnel et attire rapidement l'attention de l'utilisateur, peu importe l'orientation du champ visuel de celui-ci (Tucker & Jones, 1991). Tout comme le son, le message verbal oral attire automatiquement l'attention, ce qui le rend particulièrement efficace pour transmettre l'information urgente. L'utilisation répétée ou inappropriée du canal sonore peut cependant heurter l'intimité d'autrui de sorte que, dans certaines situations, il devient agaçant, voire nuisible. À l'inverse de l'information auditive, l'information visuelle perdure et permet un certain contrôle. Elle est cependant seulement appréhendée lorsque les yeux balayent le champ visuel adéquat et que l'on y prête attention.

Une autre différence fondamentale entre les systèmes visuel et auditif concerne leur mode de traitement. Le système auditif procède à un traitement en série des entrées alors que le système visuel traite les informations en parallèle. Cette caractéristique a été prise en compte dans les tous premiers travaux évaluant l'influence de la modalité perceptive sur la mémorisation.

Multi- et uni-modalité dans une épreuve de mémorisation

Une des premières études sur la mémoire, tenant compte des caractéristiques fonctionnelles des systèmes perceptifs mis en jeu a été réalisée par Broadbent en 1958. L'auteur procède à une présentation bi-modale de mots, dont la moitié est présentée simultanément dans la modalité visuelle et l'autre moitié successivement dans la modalité auditive. Les performances de rappel sont supérieures dans ce cas (95 %) que si tous les items sont présentés dans la modalité auditive (90 %) ou visuelle (78 %). Cet effet disparaît lorsque les sujets rappellent d'abord les mots lus, puis seulement les mots entendus (Frick, 1984) et il diminue lorsque les items ne sont pas présentés de manière groupée par modalité (Penney, 1980). Ces données montrent que la mémorisation varie en fonction de la modalité perceptuelle impliquée, avec une supériorité lors d'une présentation bi-modale, d'une part, et une supériorité lors d'un encodage auditif par rapport à un encodage visuel, d'autre part. L'avantage lié à une présentation bi-modale ou auditive est cependant limité dans le temps.

Afin de pouvoir appréhender les effets d'une présentation bi- ou multi-modale d'informations, il semble indispensable de comprendre les différences observées lors d'une présentation uni-modale. Ce propos peut être illustré par l'observation suivante. Des simulations réalisées dans le domaine du contrôle aérien ont révélé que la complexité croissante des interfaces graphiques rend parfois difficile la détection d'alarmes visuelles déclenchées par des incidents techniques. " Les signaux visuels avaient été conçus en utilisant des règles ergonomiques prévues pour des messages d'erreur : des textes en rouge à proximité des objets concernés.....(Or), en vision périphérique seuls les mouvements sont détectés, le rouge est la couleur pour laquelle le champ perceptif est le plus restreint " (Chatty, Athènes & Bustico, 1999). En raison de nos connaissances partielles des effets de la modalité de présentation sur la mémorisation, cette contribution se limite à l'étude de la supériorité d'un encodage auditif plutôt que visuel.

L'effet de supériorité auditive

Ce terme désigne la supériorité de mémorisation observée lors d'un encodage auditif plutôt que visuel d'une liste de mots. La supériorité auditive observée lors de la restitution d'une liste de mots peut alors être attribuée, partiellement du moins, aux différences fonctionnelles caractérisant les deux systèmes sensoriels. Le traitement en série des informations auditives favoriserait la prise en compte des aspects temporels et chronologiques des événements qui serviraient de repère lors de la restitution d'informations auditives. Le traitement en parallèle des informations visuelles permet l'encodage d'aspects non sémantiques, tels les graphèmes, qui constituent des repères mnésiques lors de la restitution d'éléments visuels (Conway & Gathercole, 1987 ; Dean, Garabedian & Yekovich, 1983).

Classiquement, les performances de restitution d'une liste d'items sont représentées sous la forme d'une courbe sérielle en U, avec une rétention supérieure des premiers items (effet de primauté) et/ou des derniers items (effet de récence) de la liste. La supériorité de rappel d'une liste de huit mots présentée dans la modalité auditive plutôt que visuelle, se traduit plus

spécifiquement par un effet de récence plus marqué (Crowder et Morton, 1969 ; Madigan, 1971). Cet effet est attribué à l'existence d'une trace perceptive échoïque propre à l'encodage de matériels auditifs. Certains auteurs considèrent que cette trace sensorielle persiste pendant quelques secondes dans un stock acoustique pré-catégoriel (" mémoire échoïque "), et compléterait l'information maintenue en mémoire à court terme par le processus de répétition mentale (Crowder et Morton, 1969). Selon d'autres auteurs, le code acoustique persisterait pendant environ une minute et le code visuel pendant une fraction de seconde, chacun au niveau d'une voie de traitement spécifique à cette modalité en mémoire à court terme (Penney, 1989). Le code acoustique, plus riche et durable que le code visuel, permettrait d'expliquer la supériorité du rappel de mots entendus. Des données électrophysiologiques révèlent en effet des potentiels évoqués plus durables pour des mots entendus que pour des mots lus (Rugg, Doyle & Mélan, 1993). Notons qu'une supériorité auditive a également été décrite avec du matériel non-verbal, tels que des rythmes.

Fluctuations circadiennes des performances de mémorisation en fonction de la modalité sensorielle chez des travailleurs postés

A la lumière de ces hypothèses, nous nous sommes demandés si la supériorité auditive est constante au cours du nyctémère, ou si non dans quelles conditions des variations sont observées.

Au vu de l'ampleur de la supériorité auditive révélée dans les études de laboratoire, nous avons posé l'hypothèse que celle-ci persisterait tout au long de la journée. En revanche, des fluctuations circadiennes devraient apparaître dans les deux conditions d'encodage si la mémorisation repose sur une évolution des stratégies de traitement au cours du nyctémère. Un encodage auditif devrait aboutir à des performances supérieures le matin, grâce à un traitement plus efficace des aspects de surface (codage acoustique et chronologique), et un encodage visuel à des meilleures performances l'après-midi, grâce à un traitement plus profond (codage sémantique). Si, au contraire, des variations quantitatives expliquent les fluctuations circadiennes de mémorisation, alors celles-ci s'observeraient plus facilement lors d'une présentation des mots dans la modalité visuelle, dont le traitement est plus coûteux et moins automatique (Crowder & Morton, 1969 ; Penney, 1989).

Les études sont réalisées auprès de 23 travailleurs postés dans des conditions dites écologiques, c'est-à-dire à leur lieu de travail (centrale de production d'énergie) et pendant leurs heures habituelles de travail (3x8). A six points horaires de la journée de 24 heures, ils sont soumis à une épreuve de reconnaissance : lors d'un essai, une liste de mots (noms d'objets courants appartenant à la même catégorie) est présentée et la restitution est éprouvée en présentant un mot-test. La modalité, visuelle ou auditive, varie aléatoirement d'essai en essai pour la présentation de la liste de mots et du mot-test. Le pourcentage moyen de mots correctement reconnus est, à tous les horaires, supérieur lors d'un encodage auditif plutôt que visuel. La supériorité auditive apparaît indépendamment de la modalité de restitution, et elle résulte bien d'un

effet de récence. En revanche, lors d'un encodage visuel des mots, l'effet de récence est observé uniquement lors de l'après-midi (15 et 19 hrs). Prises ensemble, ces données plaident en faveur de variations des capacités de traitement en fonction du niveau de vigilance.

Cette hypothèse a été vérifiée dans deux autres expériences réalisées dans des conditions expérimentales similaires avec 16 contrôleurs aériens d'un centre de contrôle en route (1, 7, 13, 19 hrs). Les performances de mémorisation sont étudiées en fonction du nombre d'items à mémoriser (6 ou 9 items) dans l'épreuve de reconnaissance et lors d'une restitution en rappel libre de la totalité des mots. Dans les deux cas, la charge mnémonique augmente, ce qui se traduit généralement par une baisse des performances globales et l'apparition d'un effet de primauté. Dans l'épreuve de reconnaissance de listes de neuf mots, les performances diminuent la nuit (encodage auditif) et tôt le matin (encodage visuel), en raison d'une reconnaissance moindre des items intermédiaires de la liste. Dans l'épreuve de rappel libre d'une liste de six mots, la supériorité auditive apparaît à nouveau, sous la forme d'un effet de récence, et cela à tous les points horaires et indépendamment de la longueur de la liste. Pour les deux modalités d'encodage, on constate cependant une baisse nocturne et matinale du rappel des items de début et de fin de liste, à la fois pour des listes courtes et longues. En d'autres termes, les performances de mémorisation fluctuent au cours de la journée lorsque la charge mnémonique impliquée dans la tâche est augmentée par 1) le nombre d'items à mémoriser, 2) la modalité de restitution et/ou 3) un encodage visuel des mots. Ces résultats n'excluent pas des fluctuations circadiennes de stratégies de traitement des informations, telles qu'en témoignent notamment les différences de l'allure de la courbe sérielle (effets de récence et de primauté) en l'absence de variations des performances globales (reconnaissance de six items).

Conclusion et perspectives

Ces études expérimentales réalisées sur le terrain révèlent que les capacités de traitement à court terme fluctuent au cours du nycthémère lorsque celle-ci est saturée. A ces différences quantitatives s'ajoutent des différences qualitatives du traitement des informations. Dans les deux cas, les variations étaient les plus marquées la nuit. De plus, un encodage auditif du matériel

entraîne une supériorité très marquée des performances de mémorisation tout au long du nycthémère, confirmant ainsi des résultats obtenus dans des études de laboratoire (Crowder et Morton, 1969 ; Penney, 1989).

À partir des connaissances concernant les particularités fonctionnelles des principaux canaux perceptifs et leurs conséquences sur la mémorisation, des recommandations ont été formulées en vue de la conception d'interfaces. Harvey (1999) propose de faire appel au canal auditif pour des informations qui doivent être mises à profit rapidement, et de privilégier le canal visuel pour des informations à mémoriser de manière plus durable. De manière générale, la mémorisation serait facilitée par la vocalisation, c'est-à-dire l'utilisation de la

voix comme système d'entrée de données, ainsi que par la verbalisation des messages indépendamment du mode de présentation.

De plus, l'association de plusieurs systèmes de codes à un message favorise également la mémorisation (Harvey, 1999). De manière générale, la mémorisation à court terme serait améliorée par la présentation simultanée d'items dans les modalités visuelles et auditives (Penney, 1989). Certains auteurs suggèrent cependant que si des représentations multiples d'un item se recoupent au niveau du sens général et améliorent la rétention du contenu d'un message, l'hétérogénéité des représentations des aspects particuliers dans les différentes modalités interférerait cependant avec la mémorisation de ces derniers (Brainerd & Reyna, 1993).

Bibliographie

- Andorre, V. & Queinnec, Y. (1996) La prise de poste en salle de contrôle de processus continu : approche chronopsychologique. *Le travail humain*, 59, 335-354.
- Brainerd, C.J. & Reyna V.F. (1993) Memory independence and memory interference in cognitive development. *Psychological Review*, 100, 42-67.
- Broadbent, D.E. (1958) *Perception and Communication*. New York, Pergamon.
- Chatty, S., Athènes, S. & Bustico, A. (1999). Votre attention s'il vous plaît ! Vers un espace de conception de signaux visuels. *Proceedings de la 11ième Conférence francophone sur l'Interaction Homme-Machine*.
- Conway, M.A. & Gathercole, S.E. (1987) Modality and long-term memory. *Journal of memory and Language* ? 26, 341-361.
- Crowder, R.G. & Morton, J. (1969) Precategorical acoustic storage (PAS). *Perception and Psychophysics*, 5, 365-373.
- Dean, R.S., Garabedian, A.A., & Yekovich, R. (1983) The effect of modality shifts on proactive interference in long-term memory. *Contemporary Educational Psychology*, 8, 28-45.
- De Terssac, G., Queinnec, Y. & Thon, P. (1983) Horaires de travail et organisation de l'activité de surveillance. *Le travail humain*, 46, 65-79.
- Folkard S. (1979) Times of day and level of processing. *Memory and Cognition*, 7, 247-252.
- Folkard, S., Knauth, P. & Monk, T.H. (1976) The effects of memory load on the circadian variation in performance efficiency under a rapidly rotating shift system. *Ergonomics*, 19, 479-488.
- Folkard, S. & Monk, T.H. (1979) Shiftwork and performance. *Human factors*, 21, 483-492.
- Fraisse, P. (1983) *Eléments de chronopsychologie*. *Le Travail Humain*, 43, 353-372.

- Frick, R.W. (1984) Using both an auditory and a visual short-term store to increase digit span. *Memory & Cognition*, 12, 507-514.
- Harvey, D. (1999) *La multimédiatisation en éducation*. L'Hamattan, Paris.
- Lancry, A. (1986) *Mémoire et vigilance : approche chronopsychologique différentielle*. Thèse d'Etat, Université de Lille III.
- Lashley, K. S. (1951) The problem of serial order in behavior. In : *Cerebral mechanisms in behavior*, L.A. Jeffress (Ed.), New York, Wiley, 112-136.
- Lorenzetti, R. & Natale, V. (1996) Time of day and processing strategies in narrative comprehension. *British journal of psychology*, 87, 209-221.
- Madigan, S.A. (1971) Modality and recall order interactions in short-term memory for serial order. *Journal of Experimental Psychology*, 87, 294-296.
- Maury, P. & Queinnec, Y. (1992) Influence of time of 24-hour day on depth of processing in recall memory. *British journal of psychology*, n°83, 1992, pp. 249-260.
- Murdock, B.B. Jr. (1968) Serial-order effects in short-term memory. *Journal of Experimental Psychology Monographs*, 76, 1 Pt. 2).
- Oakhill, J. & Davies, A.M. (1989) The effects of time of day and subjects' test expectations on recall and recognition of prose materials. *Acta psychological*, 72, 145-157.
- Penney, C.G. (1980) Order of report and in bisensory verbal short-term memory. *Canadian Journal of Psychology*, 34, 190-195.
- Penney, C.G. (1989) Modality effects and the structure of short-term verbal memory
- Reinberg A., (1974) *Fatigue et rythmes biologiques*. In : *Stress, fatigue et dépression*, P. Bugard (Ed.), Paris, Doin.
- Rugg M.D., Doyle M.C. & Mélan C. (1993) An event-related potential study of the effects of intra- and inter-modal word repetition. *Language & Cognitive Processes*, 8, 357-377.
- Thayer R.E. "Toward a psychological theory of multidimensional activation (arousal)". *Motivation and emotion*, n°2, 1978, pp. 1-34.
- Tucker, P. & Jones D.M. (1991) Voice as interface : An overview. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 3, 145-169.

Questions à Claudine Mélan

La salle : est-ce que vous avez tenu compte de l'âge de vos sujets ?

Claudine Mélan : oui, bien sûr, ils avaient en moyenne 32 ans, l'âge était assez homogène et aussi l'ancienneté dans le travail.

La salle : avez-vous étudié l'influence de l'âge sur les résultats que vous avez pu obtenir ?

Claudine Mélan : il est déjà difficile de trouver des gens qui sont d'accord pour participer à une étude de terrain. Une difficulté supplémentaire serait de trouver avec le système de rotation actuelle des populations d'âge différent. D'ailleurs, dans le contrôle aérien comme pour les marins, on ne termine pas contrôleur aérien. Ils finissent jeunes.

Alain Muzet : j'ai trouvé votre exposé très intéressant, mais peut être aurait-il fallu préciser dans vos caractéristiques personnelles qu'entre les deux modalités sensorielles, la perception visuelle peut être interrompue par la fermeture des yeux avec une mise au repos du système alors que le système auditif fonctionne continuellement, y compris chez l'individu endormi, puisque il continue à traiter l'information et à réagir à cette information.

Claudine Mélan : moins efficacement, mais une alarme, on l'entend toujours.

Alain Muzet : on a pu montrer que des signaux de faible intensité peuvent entraîner des réponses adaptées chez le dormeur, autre différence qui me paraît essentielle entre les deux systèmes. Ce qui est intéressant dans votre étude, c'est de montrer que cette capacité de mémorisation est différente selon que l'on utilise un type de présentation ou l'autre, mais dans la présentation visuelle, avez-vous pris en compte cette dimension ?

Vous avez parlé de la répétition mentale, les sujets avaient-ils la possibilité de prononcer à haute voix les mots lus et ainsi de se renforcer ?

Une autre question ne se rapporte pas à votre travail mais à la connaissance de la littérature scientifique dans ce domaine. Connaît-on les capacités de mémorisation chez les aveugles quand on utilise les seules modalités auditives comparativement à une population normale et inversement si chez les sourds la mémorisation visuelle est de meilleure qualité ou pas.

Claudine Mélan : les sujets n'avaient pas la possibilité de répéter par voie orale, mais la littérature montre très clairement un effet bénéfique de la verbalisation assortie de recommandations.

Les multimédias qui font appel à plusieurs modalités sensorielles et plus particulièrement au mouvement des images s'intéressent à ce type d'étude qui

montre qu'à chaque fois que l'on peut vocaliser l'information on la mémorise mieux mais il est difficile de démontrer que c'est parce que l'on a doublé le visuel et l'auditif. Je ne suis pas très bien renseigné sur votre deuxième question, mais je sais que les sujets aveugles ont une capacité de traitement auditif nettement plus importante.

En commençant ces études il y a quelques années, dans le même domaine de recherches, je me suis rendue compte que tout fonctionne sur le visuel et qu'il serait utile de combiner les deux.

Alain Muzet : si je peux me permettre de rajouter une chose : nous nous sommes rendus compte dans des expériences récentes de laboratoire que les aveugles avaient une meilleure appréhension et perception de l'environnement spatial restituée par les moyens acoustiques que la population voyante. Reste à savoir selon quelles modalités.

André Chapon : je voudrais souligner l'importance de la mémoire sensorielle auditive à partir du message reçu.

Claudine Mélan : selon les travaux certains disent que la trace acoustique dure de l'ordre de 10 secondes d'autre de l'ordre d'une minute. Dans ce genre d'étude c'est assez difficile à mettre en évidence car rapidement une trace sensorielle remplace l'autre en un instant très court et ensuite un recodage se produit.

André Chapon : j'ai l'impression que lorsqu'on compare l'auditif au visuel vous considérez l'attention comme un mécanisme passif dirigé par le bas. Or, on peut considérer l'attention comme un mécanisme « top-down » ce qui modifie l'optique aussi bien en visuel qu'en auditif. J'aimerais en savoir plus sur les méthodologies utilisées.

Claudine Mélan : vous voulez probablement parler de l'attention soutenue,

André Chapon : à partir du moment où on donne une valeur sémantique à l'information stimulus c'est une action contrôlée qui ne peut plus être maintenue et si vous enregistrez des potentiels évoqués vous vous rendez compte que pour les ondes tardives endogènes il n'y a plus de différence entre le visuel et l'auditif.

Claudine Mélan : pour avoir enregistré des potentiels évoqués, on observe un potentiel évoqué plus ample en auditif qu'en visuel. Il dure plus longtemps mais pas au niveau des composantes endogènes.

Michel Pottier : au début des années 60, avec ma collègue Françoise Lille, nous avons enregistré des potentiels évoqués tardifs visuels auditifs et somesthésiques mais surtout visuels et auditifs au cours de deux tâches auditive et visuelle. Nous avons observé que la modalité auditive était beaucoup plus sensible car la variation d'amplitude du potentiel en fonction de l'intensité de la tâche était beaucoup plus importante pendant la tâche auditive

et maximale si l'intensité de la tâche auditive était testée par le potentiel évoqué auditif. La modalité auditive semble vraiment plus sensible.

Claudine Mélan : elle a aussi ses inconvénients,

Michel Pottier : c'est évident et notre expérience ne se limite qu'aux données de l'électrophysiologie, pour prolonger ce que disait Chapon qui lui-même s'intéresse aux potentiels évoqués.

Apport de la chronobiologie de la vigilance au domaine de la sécurité ferroviaire

Habib Hadj-Mabrouk

*INRETS-Evaluation des systèmes de Transports Automatisés et de leur
Sécurité-ESTAS
habib.hadj-mabrouk@inrets.fr*

Abderraouf Hadj-Mabrouk

*INRETS-Evaluation des systèmes de Transports Automatisés et de leur
Sécurité-ESTAS
raouf@inrets.fr*

Mohamed Dogui

C.H.U. de Sousse (Tunisie)

Résumé

La gestion du transport implique fréquemment des horaires irréguliers de travail et une monotonie de l'environnement qui tendent à faciliter des phases de somnolence ou d'hypovigilance incompatibles avec les exigences de sécurité. La baisse de la vigilance des opérateurs humains est une des principales causes des accidents ferroviaires. De ce fait, le maintien de la vigilance des opérateurs est devenu un enjeu important pour la sécurité.

Plusieurs travaux se sont intéressés à la dimension temporelle de la vigilance et à ses implications dans la genèse des accidents de la route. Cependant, il n'existe pas actuellement à notre connaissance, de démarches méthodologiques qui prennent en compte l'ensemble des concepts liés à la chronobiologie de la vigilance dans l'analyse et l'évaluation de la sécurité ferroviaire. C'est ce qui a motivé le présent travail.

En effet, la chronobiologie appliquée est susceptible d'apporter des solutions visant, non pas à adapter l'Homme à son environnement social et culturel, mais, au contraire, à adapter cet environnement aux rythmes biologiques fondamentaux de l'Homme.

Cet article présente, dans son premier chapitre, des notions de chronobiologie de la vigilance et de la performance en soulignant l'intérêt du respect de la typologie circadienne du sommeil pour améliorer la fiabilité humaine. Les accidents ferroviaires liés à l'hypovigilance de l'opérateur font l'objet du deuxième chapitre. Le dernier chapitre propose une approche d'application de la chronobiologie de la vigilance à la sécurité ferroviaire qui fait intervenir douze grandes phases chronologiques.

Mots-clés : Chronobiologie, Vigilance, Performances, Accidents, Sécurité, Transports ferroviaires.

Chronobiologie de la vigilance et des performances

Notions de chronobiologie

La chronobiologie est l'étude des rythmes biologiques de l'homme dont ceux de la vigilance et des performances. Ces différents rythmes se répartissent harmonieusement dans le temps réalisant une véritable structure temporelle complémentaire de la structure spatiale anatomique de l'organisme. L'organisme dispose en quelque sorte d'un système d'horloges biologiques internes appelé par Wever (1979) *système circadien* capable de mesurer le temps. Le maintien de la cohérence temporelle de l'organisme humain est une condition indispensable au maintien de son équilibre biologique, psychologique et social.

Un rythme biologique peut être assimilé à une sinusoïde caractérisée par sa période, son amplitude et sa phase. Plusieurs familles de rythmes peuvent être identifiées selon la durée de la période : rythmes circadiens (période d'environ 24 heures), infradiens (période supérieure à 24 heures) et ultradiens (période inférieure à 24 heures). Les plus étudiés sont les rythmes circadiens.

Les rythmes de la vigilance et des performances

Le concept de la vigilance comprend deux versants, un physiologique qui correspond au niveau d'éveil du système nerveux central et un psychologique défini par l'attention soutenue (Phillips-Bertin et Vallet 1994). L'attention est un concept associé à la vigilance qui traduit une aptitude psychologique majeure nécessitant des niveaux de vigilance déterminés pour contribuer à la fiabilité de l'opérateur humain dans des tâches de conduite de véhicules terrestres (Fayada et Coutier 1995). Elle s'interprète en termes d'efficacité (réussite de tâche) ou de performance (vitesse et précision dans l'accomplissement de la tâche) (Bruni 1995).

Il existe une relation entre vigilance et performance représentée par un modèle de courbe en U renversé. (Yerks et Dodson in Ansseau et Timsit-Berthier 1987). Le niveau de performance augmente avec celui de la vigilance jusqu'à un optimum au-delà duquel la performance baisse avec l'augmentation du niveau de vigilance. Le niveau optimal de vigilance pour la meilleure performance varie selon les sujets, selon le nycthémère et selon le type de tâche : il est plus élevé pour les tâches automatiques et peu complexes et plus faible pour les tâches difficiles et précises.

La chronobiologie de la vigilance peut être considérée sous plusieurs aspects : circadien, ultradien et circasémidienn. Les fluctuations de vigilance de nature **circadienne** sont réglées physiologiquement pour que la veille soit diurne et le sommeil nocturne. Le sommeil apparaît comme un besoin neurobiologique avec un " pattern " prévisible d'endormissement et d'éveil (Dogui 1998). L'homme conserve pendant son sommeil aussi bien que pendant sa veille une périodicité **ultradienne** d'environ 90 minutes qui se superpose au

rythme circadien de base. Il s'agit des alternances de niveaux de vigilance plus élevés et plus bas pendant la période diurne avec un maximum et un minimum toutes les 90 minutes (Broughton 1989) et (Sauvignon 1992). Les fluctuations **circasémiennes** de la vigilance se résument à une tendance biorythmique au sommeil avec une périodicité approximative de 12 heures. Le premier pic de propension au sommeil se situe l'après-midi (vers 15h 30mn) et le second au milieu de la nuit (Richardson et al. 1982), (Strogatz et al.1987) et (Broughton 1989).

La somnolence, telle que mesurée par la latence d'endormissement, démontre une périodicité circadienne marquée avec un maximum de besoin de sommeil au milieu de la nuit associé à une diminution majeure de la performance, ce qui explique la somnolence chez les travailleurs de nuit et la fréquence augmentée des erreurs et des accidents à cette période du nyctémère (Broughton 1989), (Folkard 1990), (Gadbois 1990), (Sauvignon 1992), (Dinges 1995), (Akersted 1995a et 1995b) et (Samel et al. 1995).

Ainsi, le niveau de vigilance d'un individu varie au cours de la journée avec un maximum et un minimum se situant à des heures déterminées. Il en est de même des performances. L'horaire de meilleure performance dépend de plusieurs facteurs, et notamment des caractéristiques de la tâche. Pour une tâche de surveillance, les erreurs de relevés sont deux fois plus nombreuses à 3h du matin qu'entre 8 et 10 heures (Monk 1982, 1983,1985), (Gadbois 1990) et (Folkard 1990).

Le rythme veille - sommeil se caractérise par deux paramètres essentiels, la durée du sommeil et ses horaires spontanés habituels (endormissement et réveil) en dehors de toute contrainte extérieure. On distingue, selon les durées habituelles du sommeil, les gros dormeurs, les petits dormeurs et les moyens dormeurs (Webb et Friel 1971), (Johnson et al. 1983), (Lugaresi et al. 1983), (Benoit et Aguirre 1996) et (Charaa 1998).

En pratique, on définit également selon les horaires spontanés du sommeil, les sujets du matin (qui se couchent avant 22 heures et se réveillent spontanément avant 7 heures), les sujets du soir (qui se couchent tardivement, après minuit et qui se trouvent obligés de se lever le matin en période de travail) et les sujets intermédiaires (Charaa 1998): La matinalité ou la vespéralité est une caractéristique individuelle selon laquelle les temps de meilleure forme des différents chronotypes sont nettement décalés dans la journée. Les sujets du matin ont un pic plus précoce, 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. Les matinaux sont plus efficaces en termes de précision dans l'exécution de la tâche et les vespéraux en termes de rapidité (Fröberg 1977), (Caston 1993) et (Neubauer 1995).

Vigilance et accidents ferroviaires

Les études en laboratoire ont révélé que la somnolence détériore la performance car elle s'accompagne d'un allongement du temps de réaction pouvant être à l'origine d'une nette augmentation du risque d'accident. Elle s'accompagne également d'un ralentissement des processus d'intégration de

l'information avec une baisse de la mémoire à court terme et une réduction des performances mentales (tâches d'attention) (Dinges 1992) et (NCSDR/NHTSA 1999). Le maximum de détérioration psychophysologique se situe entre 3h et 5h du matin, période du minimum de la vigilance (Roussel 1991) et (Chich 1991).

Les principales causes d'hypovigilance

Les principales causes d'une baisse de la vigilance sont : les troubles de sommeil, l'ingestion d'alcool et la prise de médicaments psychotropes. Les troubles du sommeil concernent sa durée, sa qualité et sa position dans le nyctémère (synchronisation) ; ils intègrent la dette de sommeil, la fragmentation du sommeil, la désynchronisation et les pathologies du sommeil (Hadj-Mabrouk A. 1999).

La privation de sommeil est à la base d'une limitation des capacités psychomotrices, cognitives et perceptives. Une dette de sommeil de 24h interagit avec l'horaire du jour pour détériorer la performance surtout la nuit (Lenne et al. 1998).

La fragmentation du sommeil engendre le jour suivant un déséquilibre dans la qualité de l'éveil préjudiciable à la performance. Un bon sommeil nocturne est en rapport avec l'augmentation de la vigilance diurne (Bonnet 1985 et 1996), (Sauvignon 1992), (Dinges 1995) et (NCSDR/NHTSA 1999).

La désynchronisation 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 fatigue avec une baisse de la vigilance et risque accru d'accidents (Winget 1984), (Folkard 1990), (Taillard et Mouret 1991) et (Lagarde et al. 2000).

Les pathologies du sommeil sont responsables d'une somnolence diurne qui altère les performances physiques et mentales. Les hypersomniaques présentent un nombre d'erreurs significativement plus grand que les sujets sains (Findley et al. 1989 et 1995), (Montplaisir et al. 1995) et (Prévoit et Leger 2000).

L'alcool interagit avec le rythme circadien pour aggraver la somnolence la nuit et l'après-midi (Horne et Gibbons 1991), (Horne et Baumber 1991) et (Roehrs et al. 1994). Associée à une restriction du sommeil, l'ingestion d'alcool augmente la détérioration de la performance et élève le risque d'accidents (Wilkinson 1968), (Huntley et Centybear 1974) et (Roehrs et al. 1994).

La prise des médicaments psychotropes comme les anxiolytiques benzodiazépiniques, les antidépresseurs tricycliques et les sédatifs antihistaminiques (anti H1) provoque des perturbations du comportement, des activités mentales, des fonctions visuelles, du sommeil, de l'attention et de la vigilance (Lagier 1995), (Lemoine 1995) et (Billiard 2000).

L'âge avancé s'accompagne d'altérations physiques et cognitives, de réduction des capacités visuelles et auditives et de modifications du rythme veille-sommeil (Joly et al. 1995), (Lundberg et al. 1998) et (HU PS et al. 1998).

Les causes des accidents ferroviaires

Les contraintes du métier dans ce domaine sont loin d'être stables, elles sont devenues plus nerveuses que physiques. Le problème de la fiabilité dans les systèmes Homme – Machine est celui de la compatibilité entre les variations de l'état fonctionnel de l'opérateur et celles des exigences du travail (Gadbois 1990) et (Macaire 1991). La non concordance des horaires de travail avec les horaires de meilleure forme et des pics de vigilance, impose un effort supplémentaire d'adaptation à ces horaires, augmentant ainsi la charge du travail et pouvant affecter la fiabilité de ces opérateurs (Dogui 1998).

Les incidences de la variabilité circadienne de l'état fonctionnel de l'opérateur humain sur la fiabilité ne sauraient être évaluées précisément sans que soit prises en compte les caractéristiques de la tâche et les conditions dans lesquelles se déroule son activité (Gadbois 1990), (Masson 1991) et (Sauvignon 1992). L'hypovigilance en période monotone demeure le facteur essentiel de perte de contrôle et d'efficacité des opérateurs humains dans ce domaine (Mollard 1991).

Les accidents ferroviaires sont des accidents secondaires à une erreur humaine dans la majorité des cas (imprudence, maladresse, fausse manœuvre, alarme négligée, mauvaise transmission d'information, hypovigilance...) (Mollard et al. 1991) et (Masson 1991).

En effet, une étude bibliographique menée par l'INRETS a révélé que l'erreur humaine est en cause dans la majorité des accidents ferroviaires (Hadj-Mabrouk H. 1998) :

- La défaillance humaine est la cause de plus de 90 % des accidents dans les transports collectifs urbains ;
- La SNCF a montré que l'erreur humaine est à l'origine de 64 % des accidents ferroviaires (Malye F. 1995).
- L'erreur humaine était considérée comme cause première de 270 accidents sur 1283 dont 113 collisions et 67 déraillements. Il en est de même de 103 déraillements par an en moyenne sur 1971-75, de 72 en 1987, de 64 en 1988, de 28 en 1989 et de 43 en 1990 ;
- L'erreur humaine a été la cause d'une collision entre un train de marchandises et le Paris-Nice en gare de Melun le 17 octobre 1991 (16 morts) ;
- Les principales causes d'accidents à la SNCF proviennent de défaillances humaines lors de manœuvres de conduite de trains (100 franchissements de signaux d'arrêt par an, dont 25 avec engagement du point protégé en 1992 et 36 en 1993).

À la RATP les erreurs humaines (fausse manœuvre, alarme négligée, mauvaise transmission d'information...) sont directement à l'origine d'environ 65 % des défaillances d'un système et indirectement en cause dans pratiquement tous les cas restants. Une étude quantitative a montré que les accidents attribués à une erreur du conducteur concernent surtout le franchissement non réglementaire d'un signal fermé : 19 cas en moyenne par an (première ligne métro), 17 cas par an (deuxième ligne métro) et 10 cas par an (ligne RER) (Silhol D. et Tomezak J.-M. 1998).

L'erreur humaine liée à une baisse de la vigilance est devenue un élément critique dans la fiabilité du système Homme-Machine (Mollard et al. 1991).

Toutes ces observations soulèvent l'ampleur du problème posé par l'erreur humaine dans le domaine de la sécurité des transports ferroviaires. Cependant, il n'existe à ce jour et à notre connaissance, aucune étude basée sur des données réelles d'accidents ferroviaires (retour d'expérience) pouvant conforter ou infirmer l'importance des notions de chronobiologie de la vigilance dans la genèse d'erreurs à l'origine des accidents.

Notre contribution consiste à élaborer une approche méthodologique originale d'application de la chronobiologie de la vigilance au domaine de la sécurité des transports ferroviaires.

Approche d'application de la chronobiologie de la vigilance à la sécurité des transports ferroviaires

Alors que le maintien de la vigilance des opérateurs constitue un enjeu important et une des préoccupations essentielles en matière de sécurité ferroviaire, peu de travaux dans ce sens ont été effectués. D'ailleurs la première journée en France concernant les facteurs humains et l'ergonomie dans le transport ferroviaire (organisée par la SNCF, la RATP...) a eu lieu le 19 septembre 2000 à Toulouse. Un seul article a été présenté et ce n'est qu'un abstract qui a souligné les problèmes de l'hypovigilance sans illustration des résultats.

Etude de l'existant : mesures de prévention et recommandations proposées

L'essentiel des travaux dans ce domaine ont porté sur la tâche de conduite. Peu d'études ont été consacrées aux contrôleurs de PCC ou à d'autres catégories d'opérateurs.

La SNCF a porté son attention sur la sélection du personnel à l'embauche et sur leur formation en tenant compte des facteurs intellectuel, psychomoteur et comportemental grâce à un test informatisé de type situationnel et comportemental appelé ASP : Attention-Surveillance-Performance. Ce test a pour objectif la mesure de l'aptitude à maintenir l'attention et à réagir à des situations de stress (Macaire 1991).

Alors que l'une des missions des médecins de travail à la SNCF consiste à dépister, pour y remédier, toutes les circonstances pathologiques responsables d'hypovigilance des agents de conduite, ils pensent que des astuces usées par les conducteurs comme la conduite en position debout, l'ouverture des fenêtres, l'écoute de radio voire les mots fléchés représentent des moyens pour accroître la performance attentionnelle. " *Ce sont ces astuces, tournées vers la sécurité des circulations et l'efficacité de leur travail, que nous voyons comme des créations* " (Fernandez et Clot 2000).

Le dispositif VACMA (Veille Automatique à Contrôle du Maintien d'Appui) est un moyen de détection de la défaillance physique du conducteur. Ce système consiste à évaluer la vigilance du conducteur en testant son aptitude à maintenir l'appui sur la pédale (Masson 1991). Mollard (1991) a montré une

baisse significative de la force d'appui pendant chaque cycle de maintien au cours des phases d'hypovigilance. Ces phases transitoires, physiologiques ont une périodicité de 90 à 120 mn au cours desquelles on a constaté l'apparition simultanée des omissions de réponses aux stimuli visuels (feux, panneaux de limitation de vitesse, signaux d'arrêt). Ces fluctuations périodiques rappellent le rythme ultradien de la vigilance.

Macaire et Fayard (1995) ont créé un groupe de prévention pluridisciplinaire pour le maintien de la fiabilité humaine des conducteurs de trains. La fiabilité humaine repose sur trois étapes : la sélection du personnel, leur formation et leur certification. Cette démarche permet, selon les auteurs, d'augmenter les chances de maintien du conducteur dans ses fonctions, grâce à la précocité du diagnostic, tout en garantissant l'exigence de sécurité pour l'entreprise.

Selon Gadbois (1990), les solutions appropriées ne peuvent être dégagées qu'à partir d'un inventaire précis des exigences temporelles des tâches requises par le fonctionnement du système, et de la confrontation de ces exigences avec les connaissances disponibles sur les caractéristiques du fonctionnement temporel de l'homme. La recherche des aménagements adéquats devra se développer suivant deux grandes voies complémentaires : l'organisation des horaires de travail et l'aménagement temporel des exigences des tâches allouées aux opérateurs (compatibilité acceptable avec les variations quotidiennes des capacités fonctionnelles des opérateurs).

Limites des approches proposées

Quoique ces observations témoignent de la survenue des épisodes d'hypovigilance à des moments prévisibles du nyctémère en considérant les fluctuations de la vigilance, ces notions de chronobiologie ne sont pas bien prises en compte dans le domaine de la sécurité des transports ferroviaires. En outre, aucune approche méthodologique d'applications de ces concepts de la chronobiologie aux transports ferroviaires n'a été proposée à ce jour.

Contrairement à HEINTZ qui conclue que " *nul n'est en mesure aujourd'hui d'affirmer qu'une partie significative de ceux-ci (incidents ou accidents ferroviaires) est due à une hypovigilance de l'agent de conduite. Nous ne sommes absolument certains que de la nécessité du respect d'une condition limite : on ne peut admettre qu'un conducteur puisse s'endormir en conduisant* " (Heintz et al. 1992), nous pensons que les notions de chronobiologie méritent d'être considérées dans le but d'améliorer la fiabilité humaine dans le domaine des transports guidés.

En considérant que *s'endormir en conduisant* est une condition limite, l'étude des conditions favorables à la propension au sommeil des conducteurs et leur prévention ne peut qu'améliorer la fiabilité humaine. L'hypovigilance et la propension au sommeil sont d'abord régies par le système circadien endogène et favorisées par des facteurs exogènes comme le déficit en sommeil, la pauvreté de l'environnement en stimuli sensoriels éveillants (monotonie de l'environnement), la prise de médicaments hypnotiques ou sédatifs....

Par ailleurs les Opérateurs Humains dans le domaine de transport ferroviaire, surtout les agents d'exploitation (contrôleurs au PCC et agents de

conduite), sont soumis à des rythmes de rotation horaires variables pouvant être à l'origine d'une tolérance plus ou moins bonne au travail posté du fait d'une désynchronisation interne de l'individu, souvent constatée chez les travailleurs postés d'autres domaines.

Proposition d'une approche méthodologique d'application de la chronobiologie de la vigilance au domaine de la sécurité des transports ferroviaires

L'analyse des différents travaux témoigne de l'absence d'études basées sur des données réelles d'accidents ferroviaires (retour d'expérience) pouvant conforter ou infirmer l'importance des notions de chronobiologie de la vigilance dans la genèse d'erreurs à l'origine des accidents. Pourtant le régime de rotation de l'horaire de travail des opérateurs humains dans ce domaine pose le problème du travail posté et la prise en compte des données chronobiologiques peut améliorer la sécurité en proposant des solutions d'adaptation des horaires de travail aux variations circadiennes des capacités fonctionnelles de l'opérateur humain.

L'amélioration de la fiabilité humaine dans ce domaine nécessite la prise en compte des facteurs susceptibles d'influencer les performances en situation nominale ou dégradée. Le niveau de vigilance conditionne les performances et son altération est une source importante d'accidents et incidents. L'approche chronobiologique de ce facteur est intéressante à considérer dans le secteur critique de la sécurité des transports ferroviaires guidés.

Inspirée notamment des données et des résultats issus de l'analyse des accidents routiers par hypovigilance du conducteur, cette approche fait intervenir douze principales étapes (détaillées dans Hadj Mabrouk et al, 2001) :

1. Le recueil des données d'accidents à partir d'une base de données (retour d'expérience) et/ou d'un travail prospectif à l'aide des techniques de recueil des connaissances (questionnaire, interview, analyse de protocole, ...);
2. L'établissement de la liste des accidents dus à une erreur humaine ;
3. La détermination de la répartition temporelle de ces accidents (rythme des accidents) à partir de leurs horaires d'occurrence ;
4. La recherche d'une corrélation entre les horaires prévisibles d'hypovigilance (rythmes de la vigilance) et les pics d'occurrence des accidents dus à une erreur humaine (rythme des accidents) ;
5. L'établissement de la liste des causes d'accidents relatives à une erreur humaine ;
6. L'identification des différentes causes d'hypovigilance à l'origine des accidents ;
7. L'élaboration des moyens instrumentaux et comportementaux de détection et de prévention des hypovigilances de l'opérateur humain ;
8. L'identification et le choix des opérateurs humains (OH) auxquels le système est destiné (personnel de maintenance ou d'exploitation) ;
9. La détermination de la typologie circadienne du sommeil des OH choisis afin d'établir leur chronotype " du matin " ou " du soir " ;
10. La recherche de leurs horaires de meilleure performance en fonction du

critère de matinalité - vespéralité ;

11. L'analyse de la tâche confiée à ces OH ;
12. L'établissement de profil de poste des différents types des OH en soulignant la nécessité de concordance entre leurs horaires de travail avec ceux de meilleure performance.

En dépit de quelques limites inhérentes notamment à la phase de recueil et d'analyse des données d'accidents à partir du retour d'expérience qui mérite une réflexion plus approfondie, cette approche permet de structurer les connaissances relatives à la chronobiologie de la vigilance. Elle offre un cadre méthodologique pour l'analyse et l'évaluation de l'hypovigilance en relation avec la sécurité ferroviaire.

La détermination des horaires de meilleure performance de l'OH et leur concordance avec ses horaires de travail améliorent la fiabilité du système Homme-Machine et réduisent ainsi le risque d'accident.

Des études ciblées dans ce domaine sont encore nécessaires pour enrichir nos connaissances et pour mieux adapter le travail à l'opérateur humain.

Conclusion

L'insécurité dans le domaine des transports ferroviaires demeure un enjeu important. L'analyse des accidents dans ce domaine a souligné la part du facteur humain dans leur genèse. L'erreur humaine liée à une baisse de la vigilance en est une des principales causes.

L'apport de la chronobiologie de la vigilance a été prouvé dans le domaine de travail et de la sécurité routière (les pics d'accidents coïncident avec des horaires de basse vigilance et de propension au sommeil). Cependant, l'approche chronobiologique n'a pas été mise en œuvre dans la sécurité des transports ferroviaires. Pour apporter un élément de réponse à ce problème, notre contribution a porté essentiellement sur l'élaboration d'une approche méthodologique d'application de la chronobiologie de la vigilance dans ce domaine qui s'articule autour de douze grandes étapes complémentaires.

Cette démarche dépasse le seul cadre des transports ferroviaire et pourrait fort bien s'adapter à d'autres domaines où l'on exige une sécurité absolue et un niveau optimal de vigilance. Néanmoins, cette démarche fait encore l'objet de nos travaux de recherche actuels et nécessite sa mise en œuvre dans des conditions industrielles réelles, afin de valider et, le cas échéant, d'améliorer ce qui demeure une proposition.

Bibliographie

- Akerstedt T. Work hours, Sleepiness and the underlying mechanism, J Sleep Res 1995, 4 (2) : 15-22
- Akerstedt T.; Work hours, sleepiness and accidents : introduction and summary ; J Sleep Res 1995, 4 (2):1-3

- Anseau M. et Timsit-berthier M. Vigilance et troubles psychiatriques ; *Neuro - Psy*, vol 2, n° 2, 1987, 105-110
- Benoit O. et Aguirre A. Homeostatic and circadian aspects of sleep regulation in young poor sleepers ; *Neurophysiol Clin* 1996 ; 26 : 40-50
- Billard M. Médicaments psychotrope et vigilance ; Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité routière ; Journée spécialisée INRETS, 27 octobre 2000
- Bonnet M.H. Effects of sleep disturbance on sleep, performance and mood ; *Sleep* 1985, 8 (1) : 11-19
- Bonnet MH. Sleep fragmentation as the cause of daytime sleepiness and reduced performance ; *Wien Med Wochenschr* 1996, 146 (13-14) : 332-34
- Broughton R. Les rythmes biologiques de la vigilance et du sommeil-éveil chez l'homme sain et malade. *Psychologie Médicale*, 1989, 21, 1 : 49-55
- Bruni H. Catégories temporelles et fluctuations diurnes de l'attention ; *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention* ; Sous la direction de M. Vallet et S. Khaldi ; Presses Universitaires de Lyon 1995, p : 397-404
- Caston J. Les rythmes ; *Psychophysiologie*, Tome II. Ed : ELLIPSE 1993, p : 271-319
- Charaa N. Typologie du sommeil ; Thèse en Médecine N° 1195, 1998, Fac de Médecine de Sousse (Tunisie)
- Chan M. et Herrera A. Détection de la baisse de vigilance par réseau neuronal ; *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention* ; Sous la direction de M. Vallet et S. Khaldi ; Presses Universitaires de Lyon 1995, p : 375-379
- Chich Y. Introduction à la journée d'étude sur le maintien de la vigilance dans les transports ; *Le maintien de la vigilance dans les transports* ; Sous la direction de M. Vallet ; Edition Paradigme ; 1991 ; p : 9-11
- Dinges D. 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*. Boston : Birkhauser ; 1992. pp. 118-34
- Dinges D. An overview of sleepiness and accidents ; *Sleep Res* 1995, 4 (2) : 4-14
- Dogui M. ; *Chronobiologie de la vigilance et des performances et erreur humaine. Application aux systèmes de transports guidés. Rapport de contrat Dogui/INRETS, service d'explorations fonctionnelles du système nerveux, CHU de Sousse-Tunisie, décembre 1998, 21 p.*
- Fayada C. et Coutier L. Les capacités d'attention des conducteurs de train, *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention* ; Sous la direction de M. Vallet et S. Khaldi ; Presses Universitaires de Lyon 1995, p : 213-219

- Fernandez G. et Clot Y. ; Rôle collectif de travail dans la sécurité des circulations à la SNCF : le cas d'un dépôt de banlieue en région parisienne ; Revue Générale des Chemins de Fer, Éditions ELSEVIER, Paris, décembre 2000, pp 69-76.
- Findley L. et al. ; Driving simulator performance in patients with sleep apnea ; Am Rev Respir Dis 1989 ; 140 : 529-30
- Findley L. ; Vigilance and automobil accidents in patients with sleep apnea or narcolepsy ; Chest 1995 ; 108 (3) : 619-24
- Folkard S. ; Circadian performance rythms : some practical and theoretical implications ; Phil. Trans. R. Soc. Lond. 1990, 327 : 543-553
- Fröberg J. Twenty-four-hour Patterns in Human performance, subjective and physiological variables and differences between Morning type and Evening type Subjects. Biological Psychology 1977/5 : 119-134
- Gadbois C. Dimensions temporelles de l'action et fiabilité des systèmes socio-techniques. Les facteurs humains de la fiabilité dans les systèmes complexes ; Sous la direction de Leplat J. et Terssac G. Edition Octares entreprise 1990 ; p : 159-187
- Hadj-Mabrouk H. ; Acquisition et évaluation des connaissances de sécurité des systèmes industriels. Application au domaine de la certification des systèmes de transport automatisé ; Thèse d'Habilitation à Diriger des Recherches ; Université de technologie de Compiègne ; février 1998
- Hadj-Mabrouk H. et Dogui M. ; Approche d'intégration des facteurs humains dans la sécurité des transports ferroviaires guidés ". Revue Générale des Chemins de Fer, Éditions ELSEVIER, Paris n°11, novembre 1999 pp17-34.
- Hadj-Mabrouk A. ; Chronobiologie de la vigilance et des performances appliquée au domaine des transports terrestres ; Thèse de médecine, 1999, Fac de médecine de Sousse-Tunisie
- Hadj-Mabrouk H., Hadj-Mabrouk A et Dogui M. ; Sécurité ferroviaire et facteurs humains, apport de la chronobiologie de la vigilance, collections INRETS, synthèse n° 38, 136p, juillet 2001.
- Heintz J-G. et al. ; Vigilance et Attention. Quel rapport avec la sécurité ferroviaire ? Revue générale des chemins de fer, 1992/11, 11 p : 15-24
- Horne J. et Baumber C. ; Time-of-day effects of alcohol intake on simulated driving performance in women. Ergonomics 1991 ; 34 (11) : 1377-83
- Horne J. et Gibbons H. Effects on vigilance performance and sleepiness of alcohol given in the early afternoon (post lunch) vs. Early evening ; Ergonomics 1991 ; 34 (1) : 67-77
- Hu PS et al. ; Crash risks of older drivers: a panel data analysis. Accid Anal Prev 1998 Sep, 30 (5): 569-81

- Huntley M. et Centybear T. ; Alcohol, sleep deprivation and driving speed effects upon control use during driving ; Hum Factors 1974 ; 16 : 19-28
- Johnson L.C. et al. ; Quality of sleep and performance in the navy : A Longitudinal study of good and poor sleepers. Raven Press, New York 1983 : 13-28
- Joly P. et al. ; Problèmes de vigilance et stratégies de compensation chez les conducteurs âgés. Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention ; Sous la direction de M. Vallet et S. Khaldi. Presses Universitaires de Lyon 1995, p : 297-315. Washinton, DC: Bureau of National affairs, 1992, BNA special report n°32 : 1-32
- Lagarde D. et al. ; Conséquences d'une perturbation du rythme veille / sommeil ; " Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité routière " ; Journée spécialisée INRETS, 27 octobre 2000
- Lagier G. ; Psychotropes et accidents de la route ; Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention ; Sous la direction de M. Vallet et S. Khaldi ; Presses Universitaires de Lyon 1995, 145-153
- Lemoine P. ; Le mésusage des psychotropes au volant ; Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention ; Sous la direction de M. Vallet et S. Khaldi ; Presses Universitaires de Lyon 1995, p : 111-119
- Lenne M.G. et al. ; Interactive effects of sleep deprivation, time of day, and driving experience on a driving task. Sleep Feb 1 ; 1998 ; vol 21 ; n° 1
- Lugaresi E. et al. ; Good and poor sleepers : an epidemiological survey of the San Marino population. Sleep Wake Disorders : Naturel History epidemiology and long term evolution 1983 ; New York (Raven Press) : 1-12
- Lundberg C. et al. ; Impairments of some cognitive functions are common in crash-involved older drivers. Accid Anal Prev 1998 May, 30 (3) : 371-7
- Macaire J-P. ; Evolution de la sélection du personnel de conduite des trains à la SNCF ; Le maintien de la vigilance dans les transports ; Sous la direction de M. Vallet ; Edition Paradigme ; 1991 ; p : 51-57
- Macaire J-P. et Fayard C. ; Le maintien de la fiabilité humaine des conducteurs de train ; un groupe de prévention pluridisciplinaire ; Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention ; Sous la direction de M. Vallet et S. Khaldi ; Presses Universitaires de Lyon 1995, p : 367-373
- Masson P. ; Le maintien de l'éveil des conducteurs de trains ; Le maintien de la vigilance dans les transports ; Sous la direction de M. Vallet ; Edition Paradigme ; 1991 ; p : 59-64
- Mollard R. et al. ; Détection de l'hypovigilance chez les conducteurs de trains ; Le maintien de la vigilance dans les transports ; Sous la direction de M. Vallet ; Edition Paradigme ; 1991 ; p : 65-71

- Monk TH. ; The arousal model of time of day effects in human performance efficiency. *Chronobiologia*, 1982, 9, 49, : 49-54
- Monk TH. et al. ; Task variables determine which biological clock controls circadian rhythms in human performance ; *Nature*, 1983, 304 : 543-45
- Monk TH. et al. ; Circadien factors during sustained performance : Background and methodology. *Behavior Research, Instruments & Computers* 1985, 17 (1) : 19-26
- Montplaisir J. et al. ; Performances des hypersomniaques à un test de stimulation de conduite automobile. *Vigilance et transports, aspects fondamentaux, dégradation et prévention* ; Sous la direction de M. Vallet et S. Khaldi; Presses Universitaires de Lyon 1995, p : 23-29
- NCSDR/NHTSA ; Expert panel on driver fatigue and sleepiness ; *Drowsydriving and automobilecrashes*; 1999 ; (source internet)
- Neubauer C. et al. ; Ultradian rhythms in cognitive performance : no evidence for 1.5-hour rhythm ; *Biological Psychology* 1995, 40 : 281-298
- Prevot E. et Leger D. Accidents et somnolence diurne : aspects épidémiologiques et réglementaires. Facteurs de dégradation de la vigilance et insécurité routière ; Journée spécialisée INRETS, 27 octobre 2000
- Richardson G. et al. ; Circadian variation of sleep tendency in elderly and young adult subjects. *Sleep* 1982 ; 5 : S82-S94
- Roehrs T. et al. ; Sleepiness and ethanol effectson simulated driving; *Alcohol Clin Exp Res* 1994 ; 18 (1) : 154-8
- Roussel B. ; Substances éveillantes et transports ; *Le maintien de la vigilance dans les transports* ; Sous la direction de M. Vallet ; Edition Paradigme ; 1991 ; p : 41-49
- Samel A. et al. ; Jet lag and sleepiness in aircrew ; *J Sleep Res* 1995 ; 4 (2) : 30-6
- Sauvignon M. ; Approche objective de l'état de vigilance chez l'homme : Relation entre le comportement moteur et incidence sur la mise au point d'un système de sécurité appliqué à la conduite ferroviaire. Thèse d'ETAT en sciences ; Université René Descartes Paris V ; Déc. 1992
- Silhol D. et Tomeza J.-M. (1998), *Etudes sur la fiabilité humaine dans les métiers de sécurité ferroviaire à la RATP* ; *Performances Humaines & Techniques*, mars-avril 1998, 12-17
- Strogatz SH. et al. ; Circadien pacemaker interferences with sleep onset at specific times each day : role in insomnia; *Am J Physiol* 1987, 253 (1 pt 2) : 172-178
- Taillard J. et Mouret J. ; *La vigilance et ses variations. Le maintien de la vigilance dans les transports.* Sous la direction de M. Vallet ; Edition Paradigme ; 1991 ; p : 31-40

- Webb W.B. et Friel J. ; Sleep stage and personality characteristics of natural long and short sleepers. *Sciences* 1971 ; 171 : 587-8
- Wever A. ; The circadian system of man : Results of Experiments Under Temporal Isolation. Ed Springer-Verlag, New York, 1979 : 198-268
- Wilkinson R. ; Interaction of alcohol with incentive and sleep deprivation; *J Exp Psychol* 1968 ; 76 : 632-9
- Winget C. M. et al. ; A revieww of human physiological and performance changes associated with desynchronosis of biological rythms ; Science and Technology Committee, 1984, 55, 12 : 1085-96

2^{ème} partie

Vigilance, privation de sommeil, erreurs de conduite

Introduction

Alain Muzet

CNRS-Centre d'Etude de Physiologie Appliquée

alain.muzet@c.strasbourg.fr

Le titre de cette session est « Vigilance, privation de sommeil, erreurs de conduite ». Je ne vais pas revenir sur le terme vigilance qui ne me satisfait pas plus que les orateurs précédents. Les équivalents, que se soit sleepiness, drowsiness, ne sont pas davantage satisfaisants. Personnellement, j'ai toujours essayé de trouver quelque chose qui soit un peu plus clair. Je dois dire que toutes mes tentatives se sont finalement soldées par un constat d'échec. Ce n'est pas évident de trouver quelque chose qui veuille dire ce que l'on entend par état de vigilance physiologique. Je serais assez tenté d'employer le terme état vigile, qui reste très proche de vigilance, car il y a des termes qui sont extrêmement difficiles à définir, dans la mesure où ils sont souvent utilisés par des groupes différents pour dire des choses qui reposent sur des concepts différents. Donc je ne parlerai pas de vigilance, pas plus que d'erreurs de conduite, d'abord parce qu'une erreur qu'est ce que c'est ? Est-ce qu'une erreur doit être suivie d'une sanction immédiate telle que l'accident ? Est-ce que l'erreur c'est le petit ratage qui n'a pas de conséquences immédiates ? Je laisse cela aux spécialistes, car je ne suis pas un spécialiste des erreurs. Je voudrais concentrer plutôt mon intervention sur la privation de sommeil, parce que c'est un facteur intéressant et important. La privation de sommeil est quelque chose qui vient se greffer sur les autres composants de l'hypovigilance.

Ce matin on a parlé de monotonie de la tâche. Effectivement on peut être tout à fait vigilant, pratiquer une tâche monotone et la simple monotonie de la tâche peut suffire à entraîner des erreurs ou à diminuer sensiblement le niveau attentionnel. On peut également, envisager les fluctuations du niveau basal de l'état vigile, les fluctuations biologiques mais après l'exposé magistral de notre ami Jean Foret, il n'y a pas lieu d'y revenir. Il nous a dit lui-même qu'il était assez démuni pour tirer des conclusions générales de l'ensemble de la littérature. Je le rejoins assez volontiers sur ce point, car des aspects peuvent contribuer à la difficulté de la tâche de conduite comme la monotonie, ou la répétition d'une tâche qui, a priori, peut paraître facile mais qui, à l'occasion d'un incident imprévu, va se révéler extrêmement difficile. C'est précisément à ce moment-là, et à ce moment-là seulement, qu'on va faire appel aux capacités réactives, cognitives, décisionnelles du conducteur et que la privation de sommeil intervient alors comme un facteur supplémentaire. En d'autres termes, on peut avoir des difficultés à conduire dans un état d'hypovigilance sans être obligatoirement dans un état de privation de sommeil. Cette privation de sommeil se retrouve très souvent dans la vie quotidienne, mais on n'a pas d'estimation de ce qu'elle représente en terme de fréquence. Nous avons souvent l'impression de vivre une vie normale et d'avoir un bilan veille-sommeil

tout à fait normal. Mais quand on étudie, par des enquêtes, la façon dont les gens dorment au cours de la semaine et la façon dont ils dorment au cours du week-end ou sur de longues périodes de temps, plusieurs semaines ou plusieurs mois, on se rend compte qu'une grande majorité de gens se trouve en privation chronique de sommeil. Ce ne sont pas souvent des privations quantitativement importantes, mais c'est beaucoup plus fréquent qu'on ne le pense, surtout chez les jeunes, notamment chez les enfants. De plus en plus d'enfants sont en privation chronique de sommeil ; s'ils ne conduisent pas encore, ils conduiront plus tard et vous savez que ces jeunes conducteurs représentent les cibles privilégiées des accidents de la route qui constituent la première cause de mortalité dans la tranche des 20-30 ans.

La conduite de nuit est souvent monotone et beaucoup d'accidents nocturnes se produisent chez des jeunes exposés à ces conditions. Les individus jeunes se caractérisent par des endormissements extrêmement rapides. Ils n'ont pas besoin de prendre une pilule pour dormir le soir. La pilule est pour ceux qui ont 40 ans et plus, alors qu'à 20 ans l'endormissement est souvent quasi-instantané. C'est l'un des facteurs qui contribue vraisemblablement à cette forte mortalité chez les jeunes conducteurs. Je ne dis pas que les jeunes se tuent tous parce qu'ils sont hypovigilants mais je pense que le facteur hypovigilance doit jouer un rôle non négligeable dans un certain nombre de décès accidentels lors des retours de boîtes de nuit ou des retours de soirées chez les copains extrêmement fréquents actuellement. La privation chronique est, bien entendu, liée à une non-satisfaction des besoins de sommeil et cette non-satisfaction peut être difficile à évaluer. L'homme est à peu près incapable d'évaluer quel est son besoin de sommeil quotidien. De plus, il faut savoir que ce besoin peut évoluer en fonction du temps, c'est-à-dire que l'on peut très bien, à certains moments de sa vie, avoir besoin de davantage de sommeil qu'à d'autres moments. Néanmoins, à partir du moment où on constate que lors des jours de congés ou lors des jours de week-end on allonge sensiblement la durée de son sommeil, on peut considérer que l'on est en privation chronique de sommeil. Une réduction d'un quart d'heure, vingt minutes, une demi-heure, répétée un certain nombre de fois par semaine peut conduire à des phénomènes de fatigue chronique et de récupération au cours des périodes de repos. Il y a aussi des privations partielles répétées qui sont volontaires, mais qui ne sont pas liées au libre choix de ceux qui les pratiquent, mais imposées par les rythmes de travail ou des horaires décalés, y compris le travail posté. Beaucoup de gens travaillent jusqu'à des heures avancées de la nuit ou, au contraire, commencent leur travail très tôt dans la matinée. Ces personnes ont des réductions chroniques répétées de sommeil. Il est évident que le sommeil des travailleurs de nuit est réduit au cours de la journée et, par conséquent, ce type de travail va se concrétiser dans la plupart des cas par une réduction globale du temps de sommeil. Et puis on a les privations aiguës de sommeil. Par privations aiguës, je veux parler des privations partielles qui sont dues à l'amputation d'une période de sommeil comme, par exemple, le départ en vacances. J'ai la possibilité d'aller passer un week-end de trois jours chez des amis qui m'ont invité dans le sud de la France. Je vais donc partir à trois heures du matin, après avoir dormi deux ou trois heures ; plus ou moins bien

d'ailleurs. Ou après avoir chargé la voiture à dix-huit heures et embarqué la famille, en suivant les conseils de Bison très futé je vais partir à dix heures du soir pour éviter les embouteillages à Paris. Et bien, tout ceci réuni, on part à dix heures du soir ; à minuit tout le monde dort dans la voiture, y compris le chien, et puis à trois heures du matin on termine le week-end sur le bord de la route. Il n'y a pas de récupération préventive pour ces privations partielles car le sommeil ne se stocke pas et je ne pense pas que beaucoup de gens sachent prendre du sommeil à l'avance. Donc, il suffit d'une seule privation aiguë, suivie d'un accident, pour que ce soit la catastrophe.

Enfin, il ne faut pas oublier les pathologies du sommeil, car une partie non négligeable de la population souffre d'une des pathologies du sommeil tel que le syndrome d'apnées du sommeil, qui se caractérise par une mauvaise qualité de sommeil correspondant à une mauvaise qualité de la veille. Donc, certaines pathologies du sommeil, y compris les traitements de ces pathologies, c'est-à-dire l'administration de certains médicaments, peuvent être catastrophiques en terme de vigilance. Existe-t-il des mesures préventives ? Par rapport à la monotonie de la tâche, on peut essayer de s'exposer à des stimulations : on utilise la radio, on fait circuler de l'air frais dans la voiture, etc. Mais lorsque l'état de vigilance se dégrade, que l'on est somnolent du fait d'une privation de sommeil, la seule mesure possible c'est de s'arrêter et de dormir. Il faut que ce soit très clair, la seule contre-mesure de la somnolence, c'est le sommeil ; c'est-à-dire l'interruption de la tâche et la prise de repos. Il faut souligner qu'à cette privation de sommeil vient s'ajouter un certain nombre d'autres facteurs, comme cela été dit précédemment.

Alors, que peut-on faire ? Bien entendu la première des choses à faire c'est assurer l'information. Je regrette personnellement que cette information soit extrêmement discrète. Evidemment, ici, tout le monde est au courant, tout le monde est sensibilisé. Mais au niveau du grand public, qui est vraiment sensibilisé ? Qui est informé sur les risques d'accidents liés à l'hypovigilance ? On entend parler de vitesse, on entend parler d'alcool et maintenant on va parler de drogues, mais la fatigue au volant ? Les chauffeurs professionnels le savent : "Chauffeur fatigué, chauffeur en danger" ; était écrit sur les banderoles que j'ai vu la semaine dernière à Strasbourg lors d'une manifestation des routiers français. Ces gens-là sont conscients des dangers qu'ils courent du fait de la fatigue. Mais qui parmi la population en général est vraiment conscient de cela. Pierre Philip, s'il était là, nous parlerait des gens qui, avec femme, enfants et bagages, traversent non-stop la France et l'Espagne pour gagner au plus vite les régions de l'Afrique du Nord. Ils savent que lorsqu'ils s'arrêtent, ils sont souvent la proie de gens qui les pillent sur les aires d'autoroutes. On a donc là des conducteurs qui sont seuls au volant, avec une voiture lourdement chargée, parce que l'on transporte bien des choses du Nord vers le Sud et du Sud vers le Nord, et ces conducteurs s'endorment dans les grandes lignes droites de la région des Landes, tout simplement parce qu'ils sont dans un état de privation de sommeil absolument abominable. Cette information je la pense nécessaire. L'INRETS, comme on le sait, est l'organisme n°1 en matière de sécurité des transports en France. Je pense qu'il faut insister sur ce problème de

l'information. Je suis extrêmement choqué de voir que dans les campagnes d'information sur la sécurité routière on n'en parle pratiquement pas.

Après l'information, il y a la formation, ne serait-ce que pour les chauffeurs professionnels. Il est important de les former à ces risques et de bien leur faire comprendre ce problème. Il y a aussi, à un autre niveau évidemment, le problème de l'organisation du travail. Dans bien des cas, des opérateurs qui étaient à deux, voire trois sur certaines machines, se retrouvent seuls à l'heure actuelle. On peut se poser la question de savoir s'il est très raisonnable d'avoir un seul homme en passerelle sur un tanker qui transporte des milliers de tonnes de brut. Cela fait frémir, surtout, comme l'a rappelé notre collègue de Toulouse, quand on voit le nombre d'accidents qui sont liés à une faute humaine dans ce domaine. Il est cependant difficile de revenir en arrière et de demander qu'il y ait deux opérateurs dans les motrices de la SNCF ou qu'il y ait un troisième homme à bord des aéronefs et on ne peut pas évidemment suggérer une double commande dans toutes les voitures.

Effets d'une privation totale de sommeil sur le désengagement de l'attention

Marie-Laure Bocca¹, Pierre Denise²

¹ Université Paris XI

marie-laure.bocca@staps.u.psud.fr

² Faculté de Médecine, Caen

denise-p@chu-caen.fr

Depuis 1955, les effets d'une privation de sommeil sur les performances psychomotrices ont fait l'objet d'un grand nombre de travaux. Il a ainsi été montré que tout déficit de sommeil, même limité à quelques heures, a des conséquences négatives sur les performances de nombreuses tâches et plus particulièrement sur les tâches nécessitant une attention soutenue pendant un certain temps. Cependant, faute d'un cadre adéquat d'interprétation, la conclusion générale n'a guère dépassé le stade descriptif avec l'idée que les altérations de performances induites par une privation de sommeil provenaient d'une baisse de la vigilance. Ainsi, Wilkinson (1992) concluait plusieurs décennies de recherche par "la privation de sommeil réduit le niveau de vigilance mais n'a pas d'effet spécifique". De fait, si l'on donne des épreuves, quelle qu'en soit la nature, relativement simples, pas très intéressantes, avec peu de variabilité et assez longues, on est certain d'observer des chutes de performances qui peuvent avoir des conséquences dramatiques dans des conditions réelles.

Néanmoins, une baisse de la vigilance ainsi que des déficits attentionnels n'expliquent pas toutes les perturbations observées, car il a été montré depuis que des tâches cognitives rapides, nouvelles et intéressantes peuvent être affectées elles aussi par un déficit de sommeil. Ces observations ont conduit Horne (1993), à suggérer que la privation de sommeil affecte préférentiellement le fonctionnement du cortex préfrontal. Cette théorie est soutenue par des études d'imagerie cérébrale ayant montré des altérations métaboliques dans le cortex préfrontal, mais aussi, dans le cortex pariétal postérieur, le thalamus et le cervelet (Wu et al. 1991; Drummond et al. 2000; Thomas et al. 2000).

Donc, à côté des fonctions préfrontales, les fonctions dans lesquelles interviennent le cortex pariétal, le thalamus et le cervelet devraient être également perturbés. Curieusement, très peu d'études se sont attachées à la description de manifestations de dysfonctionnements du système nerveux, autres que la somnolence et les performances cognitives.

Quelques travaux ont été menés afin de rechercher les effets de la privation de sommeil sur les fonctions visuelles ou oculomotrices puisque celles-ci ont des implications pratiques importantes. Les premiers travaux, datant des années 1930, ont mis en évidence une augmentation du risque de diplopie

(vision double) et d'exophtalmie (tendance des yeux à diverger). En 1992, Quant (1992) a montré une diminution de la sensibilité au contraste et de la fusion de convergence dans le cadre de missions militaires avec un environnement visuel chargé. Ces études supposent que les altérations observées s'appliquent à des situations opérationnelles (pilotes d'avion, contrôleur aérien, usagers de la route, surveillants de centrales..).

Faisant suite aux travaux réalisés après la prise de médicaments, qui ont montré dès 1968 que les fonctions oculomotrices peuvent mettre en évidence des perturbations liées à une baisse de la vigilance (Aschoff 1968), quelques études récentes ont utilisés les mouvements oculaires dans l'étude des effets de la privation de sommeil (Porcu et al. 1998; van Steveninck et al. 1999; De Gennaro et al. 2000)..

Parmi les travaux réalisés (Porcu et al. 1998 ; van Steveninck et al. 1999; De Gennaro et al. 2000; De Gennaro et al. 2001), deux études (van Steveninck et al. 1999; De Gennaro et al. 2000) ont été mené afin d'évaluer les effets d'une privation totale de sommeil sur les saccades oculaires et la poursuite de cible. Ces deux types de mouvements oculaires sont des actions oculomotrices permettant d'amener l'image d'intérêt sur la fovéa et représentent des situations où l'image doit être analysée rapidement et précisément.

Van Steveninck et al. (1999) et De Gennaro et al. (2000) ont montré que le pic de vitesse de la saccade est diminué et que la latence des saccades est augmentée au cours de la matinée qui suit la privation de sommeil (entre 6h00 et 14h30). Ces deux travaux n'obtiennent pas les mêmes résultats en ce qui concerne la poursuite oculaire (dégradation du gain de la vitesse pour De Gennaro et al. (2000) et absence d'effet pour van Steveninck et al. (1999). Une baisse de la vigilance a été évoquée afin d'interpréter les résultats obtenus. Or, un déficit plus spécifique tel que le désengagement de l'attention pourrait également expliquer l'augmentation de la latence. En effet, un test de saccade oculaire seul ne permet pas de distinguer l'origine des effets observés sur les latences. Nous avons adopté et validé cette démarche au cours d'une précédente étude sur les effets résiduels des médicaments (Bocca and Denise 2000). L'attention spatiale ainsi que les capacités de désengagement de l'attention sont des fonctions principalement contrôlées par le cortex pariétal dont l'activité diminue après la privation de sommeil. En conséquence, en s'appuyant sur les données issues de l'imagerie et les résultats obtenus sur les saccades oculaires, nous posons l'hypothèse que les résultats obtenus par van Steveninck et al. (1999) et De Gennaro et al. (2000) sur la latence des saccades sont la conséquence d'un déficit du désengagement de l'attention, lié ou non à une baisse de la vigilance.

Matériels et méthodes

Sujets

Cette étude a été réalisée chez 10 sujets sains masculins rémunérés. Les sujets souffrant de pathologies du sommeil, de la veille, neurologiques, cardiovasculaires, respiratoires, hépatiques, rénales ou métaboliques, ou s'ils fumaient plus de 5 cigarettes par jour ont été exclus.

Plan expérimental

Il s'agit d'une étude en cross-over ; chaque sujet est étudié à 2 semaines d'intervalles en 2 sessions réparties aléatoirement avec privation totale de sommeil et sommeil habituel à la maison. 4 sujets participent à chaque session.

Ils sont arrivés au laboratoire à 19h00 où ils ont pris un dîner standardisé. 2 sujets sont restés au laboratoire et 2 sujets sont allés dormir chez eux à leur heure habituelle de coucher (entre 23h00 et 24h00).

Afin de contrôler les heures de coucher et de lever, la qualité de la nuit, un actimètre, placé au poignet non-dominant, a enregistré l'activité motrice nocturne des sujets dormant à la maison.

Un expérimentateur surveille les sujets restés au laboratoire. Pour les 2 sessions, le même expérimentateur a été prévu. Au cours de la nuit, ils n'ont pas eu le droit de boire autre chose que de l'eau, de fumer, de manger.

A 7h30, les 2 sujets qui avaient dormi chez eux ont rejoint le laboratoire. Tous les sujets ont pris le même petit-déjeuner à 8h30 et le même déjeuner à 12h30.

Les tests ont démarré à 10h00 et se sont terminés à 12h00. Les deux sujets privés de sommeil ont été raccompagnés chez eux.

Tests saccadiques

Les sujets sont placés confortablement dans un fauteuil avec un appuie-tête. Une technique de reflet cornéen à infrarouge (Delft, Netherlands) enregistre les mouvements oculaires horizontaux à la fréquence de 1000 Hz. Un test de calibration commence et termine la session d'enregistrement. Tous les 5°, de 0° à 25° dans les deux sens des diodes électroluminescentes s'allument.

Deux tests de saccades sont effectués successivement. Dans la tâche gap, les sujets doivent regarder la cible centrale qui reste allumée entre 2 et 4s. 200 ms après que la cible centrale se soit éteinte, une cible périphérique s'allume pendant 500 ms. Les sujets doivent déplacer leurs yeux le plus rapidement possible et le plus précisément possible sur la cible périphérique. Pendant 2 s, aucune cible n'est allumée. 60 cibles périphériques s'allument aléatoirement à gauche et à droite de la cible centrale.

Au cours de la tâche overlap, la cible centrale reste allumée lorsque la cible périphérique s'allume.

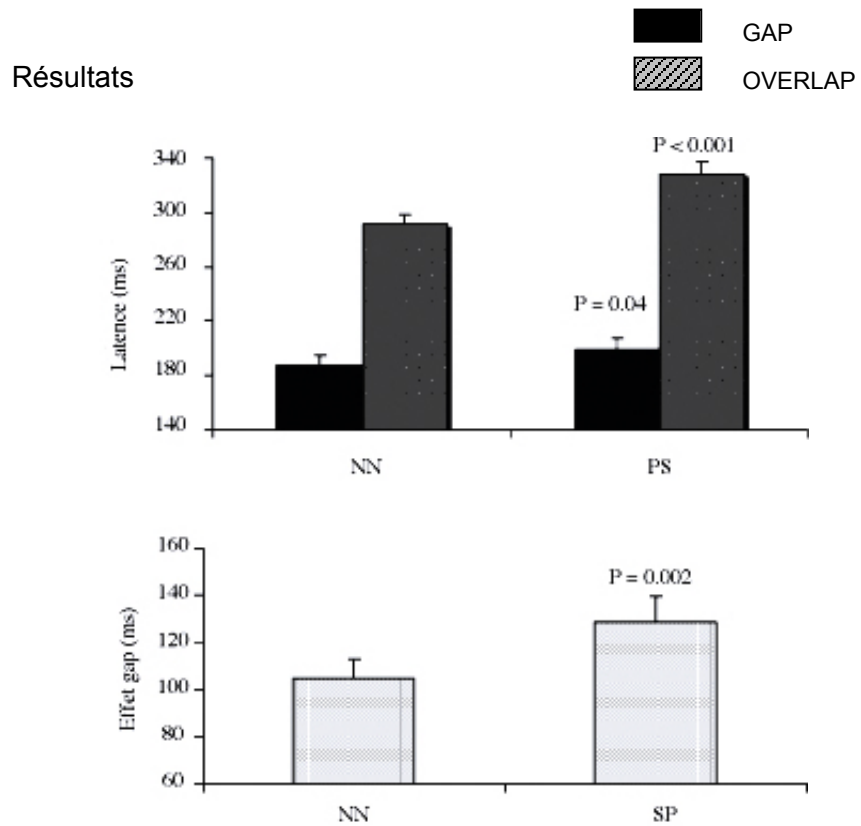
Les paramètres étudiés sont : le pic de vitesse (°/s), la latence (ms), la précision (%).

- latence (ms) : temps entre l'allumage de la cible périphérique et le début du mouvement oculaire.
- précision (%) : amplitude de la saccade divisée par l'amplitude de la cible périphérique.
- pic de vitesse (°/s). Étant donné que le pic de vitesse dépend de l'amplitude des saccades et que celles-ci sont souvent hypométriques, nous avons normalisé nos résultats pour l'amplitude de 15° à partir de la relation liant vitesse et amplitude qui est une droite jusqu'à 20° (Bahill et al. 1975).
- effet gap (ms) : la différence de latence entre la condition overlap et la condition gap est appelée effet gap et est directement reliée au désengagement de l'attention.

Analyse statistique :

Un t-test évalue les effets de la privation de sommeil sur les différents paramètres saccadiques. Le seuil de significativité a été fixé à 5 %.

Figure 1 : Effets de la privation totale de sommeil sur les paramètres des saccades. NN = nuit normale ; PS = privation de sommeil



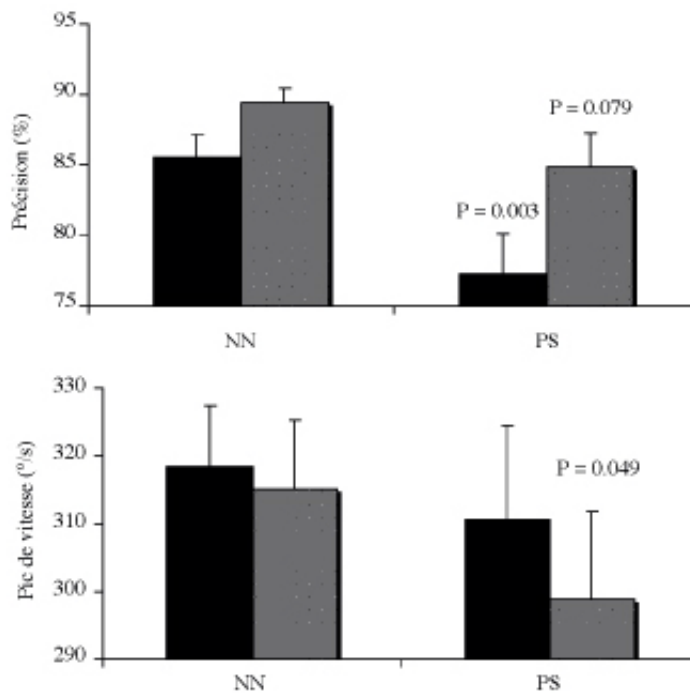
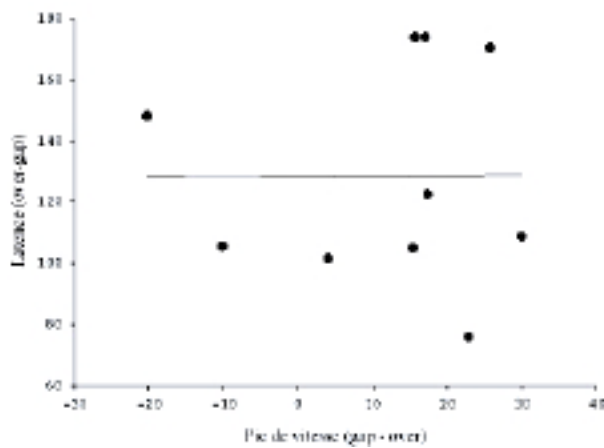


Figure 2 : Dans la situation de privation de sommeil, latence (différence overlap – gap) en fonction du pic de vitesse (différence gap – overlap)



Gap

La PS augmente significativement la latence en gap [$t = -2,4$, $P = 0,04$] et diminue significativement la précision [$t = 4,08$, $P = 0,003$]. Aucun effet de la PS n'a été trouvé sur le pic de vitesse [$t = 1$, $P = 0,33$].

Overlap

La PS augmente significativement la latence [$t = -4,87$, $P < 0,001$] et diminue significativement le pic de vitesse [$t = 2,27$, $P = 0,049$]. La précision tend à être diminuée par la PS [$t = 1,97$, $P = 0,079$].

Effet gap

La latence en overlap augmentant plus qu'en gap après la PS, un effet gap est trouvé [$t = -4,24$, $P = 0,002$].

Discussion

Nos résultats montrent que la privation de sommeil augmente significativement la latence des saccades dans les deux paradigmes, gap et overlap, mais beaucoup plus en overlap, entraînant un effet gap significatif. Les résultats sur la latence, obtenus après une PS de 24 heures, confirment donc les résultats de van Steveninck et al. (1999) et de De Gennaro et al. (2000).

Notre hypothèse sur le déficit du désengagement de l'attention repose sur le modèle à 3 boucles de Fischer (1987). Les paradigmes gap et overlap sollicitent de façon identique les mécanismes de prise de décision (champs oculomoteurs frontaux) et de programmation de la métrique de la saccade (colliculus supérieur). Le paradigme overlap sollicite la 3^{ème} boucle, soit la boucle attentionnelle (champs oculomoteurs pariétaux), non sollicitée par le paradigme gap.

L'augmentation de la latence dans le paradigme gap indique que la PS a un effet sur les deux premières boucles, soit sur la prise de décision, soit sur la programmation de la métrique de la saccade, soit sur les 2 mécanismes. Cependant, puisque la PS augmente l'effet gap, ce résultat indique que le déclenchement des saccades est également dégradé dans la condition expérimentale qui nécessite le désengagement interne de l'attention. La PS semble donc dégrader les 3 boucles, avec des effets plus ou moins marqués, impliquées dans le déclenchement et la réalisation des saccades dans les paradigmes gap et overlap.

La précision des saccades, qui reflète le calcul de la métrique de la saccade, est dégradée par la PS dans le paradigme gap. Cette dégradation semble dépendre du paradigme puisque seule une tendance est observée dans le paradigme overlap. Ce résultat pourrait être la conséquence d'un déficit de la mémoire visuo-spatiale à court terme. Une étude complémentaire, avec des saccades mémorisées, permettrait de tester cette hypothèse.

Enfin, le pic de vitesse non diminué dans le paradigme gap l'est significativement dans le paradigme overlap. van Steveninck et al. (1999) et De Gennaro et al. (2000) ont également trouvé une diminution du pic de vitesse, mais nous ne pouvons comparer totalement ces résultats avec les nôtres car le paradigme exact utilisé (gap ou overlap) par ces auteurs n'est pas connu. Le pic de vitesse est considéré comme un paramètre reflétant la baisse de vigilance (Glue 1991). D'après cette conception, puisque nous n'observons pas diminution dans le paradigme gap, nous pouvons en déduire que les résultats

obtenus dans ce paradigme sont indépendants d'une baisse de la vigilance. En revanche, puisque le pic est diminué dans le paradigme overlap, cette diminution pourrait expliquer le surcroît d'augmentation de latence et donc l'effet gap. Si cela était le cas, étant donné qu'il existe une relation entre vigilance et pic de vitesse, on devrait s'attendre à une corrélation entre ces deux paramètres. Or, le graphe représentant la variation de la latence entre les 2 paradigmes en fonction de la variation du pic montre qu'il n'y a pas de corrélations entre ces données (figure 2). Par conséquent, l'augmentation de latence et donc l'effet gap semblent être indépendants d'une baisse particulière de la vigilance.

Cette étude montre que la PS entraîne des effets spécifiques, indépendants d'une baisse de la vigilance. Les altérations observées rejoignent les études d'imagerie montrant une diminution du métabolisme pariétal puisque le désengagement de l'attention est une fonction sollicitant particulièrement le cortex pariétal. Il semble donc que la PS entraîne des effets sur les fonctions pariétales, indépendamment d'un effet global de baisse de la vigilance.

Bibliographie

- Aschoff JC (1968) The effect of diazepam (Valium) on the saccadic eye movements in man. *Arch Psychiat Nervenkr* 211: 325-332
- Bahill AT, Clark MR, Stark L (1975) The main sequence, a tool for studying human eye movements. *Math Biosci* 24: 191-204
- Bocca ML, Denise P (2000) Residual effects of hypnotics on disengagement of spatial attention. *J Psychopharmacol* 14: 401-405.
- De Gennaro L, Ferrara M, Curcio G, Bertini M (2001) Visual search performance across 40 h of continuous wakefulness: Measures of speed and accuracy and relation with oculomotor performance. *Physiol Behav* 74: 197-204.
- De Gennaro L, Ferrara M, Urbani L, Bertini M (2000) Oculomotor impairment after one night of total sleep deprivation: a dissociation between measures of speed and accuracy. *Clin Neurophysiol* 111: 1771-1778
- Drummond SP, Brown GG, Gillin JC, Stricker JL, Wong EC, Buxton RB (2000) Altered brain response to verbal learning following sleep deprivation. *Nature* 403: 655-657
- Fischer B (1987) The preparation of visually guided saccades. *Rev Physiol Biochem Pharmacol* 106: 1-35
- Glue P (1991) The pharmacology of saccadic eye movements. *J Psychopharmacol* 5 : 377-387
- Horne JA (1993) Human sleep, sleep loss and behaviour. Implications for the prefrontal cortex and psychiatric disorder. *Br J Psychiatry* 162: 413-9
- Porcu S, Ferrara M, Urbani L, Bellatreccia A, Casagrande M (1998) Smooth pursuit and saccadic eye movements as possible indicators of nighttime sleepiness. *Physiol Behav* 65: 437-443

- Quant JR (1992) The effect of sleep deprivation and sustained military operations on near visual performance. *Aviat Space Environ Med* 63: 172-6
- Thomas M, Sing H, Belenky G, Holcomb H, Mayberg H, Dannals R, Wagner H, Thorne D, Popp K, Rowland L, Welsh A, Balwinski S, Redmond D (2000) Neural basis of alertness and cognitive performance impairments during sleepiness. I. Effects of 24 h of sleep deprivation on waking human regional brain activity. *J Sleep Res* 9: 335-352
- van Steveninck AL, van Berckel BNM, Schoemaker RC, Breimer DD, van Gerven JMA, Cohen AF (1999) The sensitivity of pharmacodynamic tests for the central nervous system effects of drugs on the effects of sleep deprivation. *J Psychopharmacol* 13: 10-17
- Wilkinson RT (1992) How fast should the night shift rotate? *Ergonomics* 35: 1425-46
- Wu JC, Gillin JC, Buchsbaum MS, Hershey T, Hazlett E, Sicotte N, Bunney WE (1991) The effect of sleep deprivation on cerebral glucose metabolic rate in normal humans assessed with positron emission tomography. *Sleep* 14: 155-162

Questions à Marie-Laure Bocca

Michel Pottier : dans vos résultats, il y a si j'ai bien compris deux effets qui sont relativement indépendants : un effet GAP dit spécifique du désengagement de l'attention sur les zones pariétales et un effet lié au pic de vitesse de la saccade qui traduit une hypovigilance. Vous êtes revenue plusieurs fois sur le fait que l'imagerie fonctionnelle avait prouvé que l'effet spécifique s'accompagnait d'un hypométabolisme cortical local. Dans vos études peut-être serait-il intéressant d'enregistrer non seulement les saccades mais également l'activité EEG par 2 ou 3 électrodes placées au niveau de la zone pariétale permettant ainsi éventuellement de différencier en précisant leur localisation l'effet somnolence de l'effet spécifique correspondant à deux comportements distincts se rapprochant de la distinction que faisait Jean Foret entre distraction et hypovigilance qui aboutissent à la même conséquence, l'accident, à partir de deux causes différentes.

Marie-Laure Bocca : j'aurais souhaité présenter les effets frontaux et pariétaux car il serait en effet, éventuellement possible d'observer une diminution concomitante de l'activité frontale et pariétale.

Claudine Mélan : dans votre expérimentation, l'attention se définit comme étant la fixation d'un objet.

Marie-Laure Bocca : c'est plutôt l'engagement de l'attention, attention vraiment focalisée ciblée sur des spots.

La salle : je crois qu'on peut optimiser encore un peu plus les résultats en s'assurant que les sujets qui dorment chez eux ont réellement un bon sommeil, soit par la vidéo, soit par l'EOG parce que vous ne savez pas ce qu'ils font même à l'aide d'un actimètre.

Bernard Laumon : vous trouvez des résultats significatifs sur 10 sujets, mais vous n'avez pas pu mettre en évidence de corrélation, ce qui n'est pas du tout la même chose. Je suppose que vous répétez un grand nombre de mesures sur le même sujet ? Avez-vous tenu compte de l'effet sujet et de l'effet mesure ?

Marie-Laure Bocca : nous avons tenu compte de l'effet sujet. Quant à l'effet mesure nous travaillons sur une moyenne.

Évolutions comparées de la baisse de vigilance au volant et des erreurs de conduite

Aurélie Campagne et Alain Muzet

CNRS-Centre d'Etude de Physiologie Appliquée

alain.muzet@c.strasbourg.fr

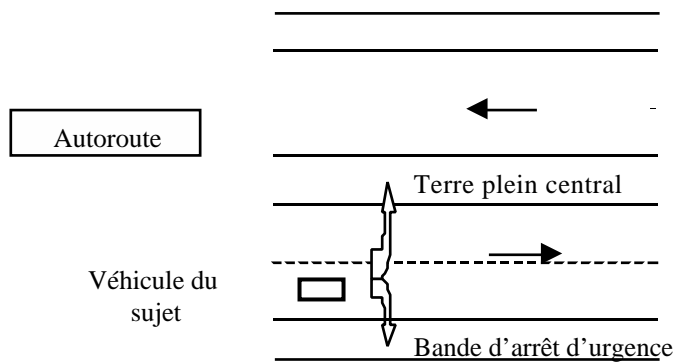
aurelie.campagne@c.strasbourg.fr

Au cours d'une conduite nocturne, monotone et de longue durée, la plupart des conducteurs montrent progressivement des signes de fatigue visuelle et de baisse de vigilance. Leur capacité à maintenir des performances de conduite constantes s'en trouve généralement altérée. Une dégradation des capacités du conducteur à maintenir la vitesse et/ou la trajectoire du véhicule est notamment constatée. La principale question de cette étude est de déterminer si un lien précis existe entre l'apparition de cet état d'hypovigilance et les modifications des performances de conduite.

Quarante-sept sujets masculins répartis en trois catégories d'âge, 20-30 ans, 40-50 ans et 60-70 ans ont pris part à cette étude. Ils étaient en bonne condition physique et en bonne santé. Leur vision était normale ou corrigée à la normale. Ils étaient titulaires du permis de conduire depuis au moins deux ans, utilisaient leur véhicule régulièrement de jour comme de nuit et parcouraient au moins 5000 km par an.

Au cours de cette étude, chacun des sujets a réalisé, sur simulateur dynamique, une conduite nocturne (entre 1h00 et 4h00) et monotone de 350 km sur autoroute. Ils étaient seuls dans la voiture et n'avaient aucune indication du temps écoulé. Les instructions étaient de conduire normalement en respectant la réglementation autoroutière (règles de conduite, limitations de vitesse). L'épreuve de conduite était réalisée sans consigne d'arrêt intermédiaire.

L'évolution du niveau de vigilance était évaluée par l'enregistrement de plusieurs dérivations électroencéphalographiques. Parmi les activités EEG de veille identifiables, les activités alpha, theta étroitement liées aux fluctuations fines de la vigilance et le rapport alpha+theta/beta ont été retenues pour cette étude. Les erreurs de performances de conduite étaient, quant à elles, mesurées en terme de sorties de route et d'écarts de vitesse. Pour chaque erreur de conduite, un calcul de pénalité était effectué constituant un indice d'erreurs de conduite. Une sortie de route était considérée comme étant un franchissement de la bande d'arrêt d'urgence ou de la bande blanche continue limitant le bord gauche de la voie de dépassement (avant la barrière de sécurité). Les pénalités calculées pour chacune de ces sorties de route étaient fonction de l'amplitude et de la durée de ces dernières.



Les pénalités dues aux écarts de vitesse étaient, quant à elles, calculées au-delà d'un seuil de 20 km/h inférieur ou supérieur à la vitesse maximum autorisée dans la portion considérée. Le sujet se voyait affecter une pénalité proportionnelle à l'amplitude de l'écart de vitesse et à la durée. Une distinction était faite entre les pénalités dues à une vitesse dite excessive de celles dues à une vitesse dite insuffisante.

Lors de cette étude, les évolutions du niveau de vigilance du conducteur et des performances de conduite étaient identiques entre les différentes catégories d'âge. En revanche, l'analyse temporelle de chacun des indices physiologiques et d'erreurs de conduite révèle une augmentation significative de ces indices au cours de la tâche de conduite nocturne de longue durée. Grâce à une analyse comparative, une relation entre la dégradation du niveau de vigilance et l'augmentation de la gravité de ces erreurs de conduite était mise en évidence. Cependant, suivant la nature des erreurs de conduite et des patterns électroencéphalographiques (EEG) considérés, des différences de corrélations sont apparues. Ainsi, seuls les franchissements de la bande blanche limitant le bord gauche de la voie de dépassement constitueraient une indication pertinente quant à la survenue d'un état de baisse de vigilance. En revanche, la pertinence de cet indice de performance pour l'identification d'états d'hypovigilance plus sévères conduisant, à très court terme, à l'endormissement inopiné du conducteur reste limitée.

Questions à Aurélie Campagne

La salle : j'aurais aimé avoir des précisions sur les consignes, en particulier concernant la vitesse.

Aurélié Campagne : la consigne était de suivre la réglementation autoroutière lors du parcours et de respecter la limitation de vitesse indiquée par les panneaux.

La salle : l'indicateur était-il calculé à la fois sur les écarts en négatifs et en positifs par rapport à la vitesse prescrite ?

Aurélié Campagne : par rapport à la valeur absolue, nous avons tout exprimé en positif mais après avoir bien séparé les pénalités dues à des erreurs en positif, c'est-à-dire à des vitesses excessives de celles dues à des vitesses insuffisantes et nous avons réalisé également une analyse sur l'ensemble des données.

Alain Muzet : en clair, il y a des tronçons à 130 km/h, d'autres à 110 et dans certaines conditions des tronçons à 90. C'est donc par rapport à ces limitations de vitesse par tronçon que les écarts ont été mesurés.

Aurélié Campagne : le calcul a été fait par seconde et par minute et toujours par rapport à la portion considérée, donc par rapport à la limitation de vitesse sur cette portion.

Damien Davenne : avez-vous réalisé un enregistrement de base en faisant dormir les sujets auparavant pour connaître l'évolution de l'activité EEG en fonction des tranches d'âge. Par exemple une diminution de l'activité alpha avec l'âge ou une variation du rapport alpha/thêta.

Aurélié Campagne : nous n'avons pas observé de différence entre les âges dans l'évolution de l'activité alpha et thêta.

Damien Davenne : mais le niveau de base est probablement différent parce que les sujets âgés présentent moins d'activité alpha que les jeunes.

Michel Pottier : quel était l'âge des sujets âgés ?

Aurélié Campagne : 60, 70 ans.

Michel Pottier : à cet âge-là, l'alpha se raréfie, au profit du thêta, sauf cas exceptionnel.

Alain Muzet : les calculs ont été faits sur les différences début-fin de parcours par rapport à une moyenne en comparant les deux premiers tours avec les deux derniers, et c'est l'écart qui a été pris en considération.

Michel Pottier : de plus on observe un glissement de fréquence chez les sujets âgés qui peuvent présenter un rythme alpha à 8 cycles/seconde ou même 7 cycles par seconde à 70 ans rejoignant presque la fréquence de l'activité thêta.

Alain Muzet : les données ont été soumises à des analyses spectrales en bande totale et en sous bande ; une autre évaluation beaucoup plus composite s'appuie sur l'analyse visuelle du tracé en intégrant non seulement des patterns EEG, mais également les mouvements oculaires. Les résultats portent sur la variabilité ou la variation des bandes classiques.

Claire Petit-Boulangier : l'habitation à la vitesse est généralement difficile pour le premier tour au simulateur surtout chez les sujets âgés.

Aurélié Campagne : c'est pourquoi on a pris en compte l'effet d'apprentissage en associant les deux premiers tours pour minimiser au maximum le manque d'adaptation initial au simulateur.

Patrick Hamelin : les sujets n'avaient pas la notion de l'horaire de conduite, situation anormale relativement à la dynamique de l'individu dans son activité, y compris par rapport à ses réactions physiologiques pour gérer le processus dans le temps.

Aurélié Campagne : nous avons quand même constaté une évolution de la vitesse au fil des tours.

Les sujets, s'ils n'ont pas l'indication du temps réel, ont quand même une notion approximative du temps passé sur le circuit et à partir de là, adoptent un comportement qui tend à varier.

Alain Muzet : dans ce type d'étude, je crois qu'il faut exclure l'information temporelle car dans les rares cas où on la fournit au sujet, on observe des effets « écuries » qui sont très nets. Lors du dernier tour, les comportements sont complètement différents des précédents et s'expriment par des retours de vigilance manifestes quand les sujets savent qu'ils sont prêts du but et c'est pour éviter cet effet parasite qu'on ne donne pas d'information temporelle.

André Chapon : en situation de double tâche sur simulateur, on a constaté que le sujet avait énormément de difficulté à maîtriser la vitesse, ce qui n'a pas été confirmé en situation réelle. Par exemple, avec un téléphone mains libres, certains qui téléphonaient réduisaient leur vitesse alors que d'autres l'augmentaient. Il s'agit probablement là d'un problème attentionnel.

3^{ème} partie

Vigilance, vieillissement et sécurité dans les transports

Introduction

Patrick Hamelin

INRETS-Laboratoire de Psychologie de la Conduite-LPC

patrick.hamelin@inrets.fr

Il s'agissait dans cette session de parler de vieillissement et de sécurité dans les transports. Cela ne manque pas de sel, pour moi d'ouvrir une telle session car longtemps, j'ai pensé que le vieillissement était synonyme de perte de capacité physiologique donc de baisse dans la performance (pour ceux qui ne me connaissent pas je suis sociologue, je ne suis pas physiologiste du tout).

Quel ne fut pas mon étonnement donc dans un congrès où il était question de fatigue des conducteurs de poids lourds et des pilotes d'avion où, j'avais été invité puisque j'étais impliqué dans des études sur les conducteurs professionnels de poids lourds, où il y avait beaucoup de physiologistes, de constater que les choses étaient peut-être plus compliquées. En fait dès qu'il s'agit du personnel travaillant dans les transports, conduisant des machines il y a beaucoup de physiologistes, ou de psychophysiologistes donc je me suis habitué à rencontrer des gens qui font autre chose que ce que je peux faire, c'est tout bénéfique, pour certains aspects. Du coup, je pose des questions « comme Sirius » qui, même si certains les trouvent naïves, obligent à se positionner sur les processus sociaux et organisationnels, facteurs de risques davantage que sur la technique physiologique permettant de mesurer les seuils de danger du fait de déficits dûment repérés.

Je me souviens d'une anecdote à l'un de ces congrès. Un Américain nous faisait un exposé dans lequel il nous expliquait que lui et son équipe avaient étudié les réactions de gens d'âges différents. Ils en déduisaient que les réactions sensori-motrices avaient tendance à décliner avec l'âge. Mais il terminait son exposé en justifiant le principe de séniorité qui existe dans le transport aérien où il travaillait. Était-ce parce que lui-même avait la soixantaine qu'il trouvait qu'il s'agissait finalement d'un bon principe ? Donc, il y avait là une contradiction : plus on est vieux moins on est performant ou le niveau des performances tend à n'être pas tout à fait ajusté, mais plus on est vieux plus on peut se servir de machines difficiles à piloter, plus on aurait de compétences techniques.

Il évoquait ainsi, le principal dilemme de la gestion des carrières et de la gestion du risque. La compensation d'éléments de types psychophysiologiques qui seraient négatifs pour la performance par l'expérience, mobilisant les savoir, et savoir faire acquis par l'expérience sociale et l'expérience professionnelle des processus sociaux-techniques requis dans le pilotage ou la conduite... J'ai pu remarquer moi-même et produire des résultats concernant cet effet-là.

Vous savez très bien que le risque d'accident dans les secteurs industriels est globalement plus fort pour les jeunes que pour les opérateurs plus âgés. J'ai

pu montrer pour les conducteurs professionnels de poids lourds, que le risque d'être impliqué dans les accidents, est deux fois plus fort pour les jeunes de moins de trente ans que pour les plus de 40 ans, à exposition égale bien sûr. Donc, il est nécessaire de se poser la question des formes de compensation à des déficits physiologiques si l'on veut faire progresser les connaissances en matière de santé au travail. Si les traits physiologiques et si les relations entre ces propriétés physiologiques sont si fortes, par où passe les compensations ? Suggérer que l'expérience et les savoir faire qu'elle conforte, favorisent l'anticipation des situations où la prise de risque en tant que telle est nécessaire et du coup permettent de mobiliser les moyens d'y faire face, ne suffit pas. Sans doute faut-il travailler les médiations entre des états physiologiques plus ou moins différenciés et les moyens mobilisés par les opérateurs en fonction de leurs acquisitions de savoir faire pour avancer sur cette question.

Mais, je pense qu'il est absurde en matière de sécurité de laisser la technique et la physiologie, seules face aux défis que posent les processus opératoires complexes, y compris, s'il s'agit d'une chose aussi banale que la circulation routière quotidienne.

Je voulais faire ces deux ou trois remarques préliminaires un petit peu rapide avant qu'il soit question de la vigilance et du vieillissement. Je pense qu'il y a là des questions d'ordre global et des questions d'ordre plus particulier que mes collègues vont pouvoir exposer.

Rôle de l'activité physique dans le maintien de la vigilance chez les personnes âgées

Sandrine Gruau

INRETS-Laboratoire de psychologie de la conduite-LPC

sandrine.gruau@inrets.fr

Résumé

La somnolence au volant est un facteur fréquent de survenue d'accidents et première cause d'accidents mortels sur autoroute en France, notamment pour les personnes âgées. En effet, le vieillissement s'accompagne de perturbations chronobiologiques caractérisées par des modifications des rythmes circadiens associées à une réduction de la qualité du sommeil nocturne, ce qui a des répercussions notables sur la vigilance diurne et peut affecter la performance de conduite. Le sommeil apparaît sous forme de petits sommes de plus en plus fréquents pendant la journée associés à une diminution de la qualité du sommeil nocturne. Tous les changements au niveau du sommeil nocturne s'accompagnent d'effets sur les rythmes circadiens dont le plus marquant est une atténuation de leurs amplitudes.

Pour contrecarrer l'influence du vieillissement, nous nous sommes attachés à étudier les effets d'une pratique régulière d'activité physique modérée sur les rythmes circadiens et la qualité subjective du sommeil. Les résultats montrent une amélioration subjective et objective de la qualité du sommeil ainsi qu'une restauration des rythmes circadiens et une meilleure performance de conduite.

Introduction

A côté de facteurs comme l'alcool ou l'excès de vitesse, la somnolence au volant est responsable de 30 % environ des accidents de la route en France¹. La somnolence au volant peut être la conséquence de fluctuations circadiennes associées ou non à une dette de sommeil. Chez les conducteurs jeunes, un fort taux d'accidents est observé entre 2 heures et 6 heures du matin, alors que chez les conducteurs âgés il prédomine vers le milieu de l'après-midi², puisque ceux-ci s'abstiennent généralement de conduire la nuit. Les données de l'accidentologie des personnes âgées révèlent que la proportion de tués sur les routes est élevée chez les plus de 65 ans. En effet, en 1995, ces accidents mortels représentaient 17 % de l'ensemble des tués alors que cette catégorie d'âge constituait 16 % de la population³. En outre, la gravité des accidents augmente avec l'âge des conducteurs. Les personnes âgées sont donc considérées comme une population à risque lorsqu'elles se trouvent sur les routes. Or, aujourd'hui, 65 % des retraités possèdent une voiture et 75 %

d'entre eux considèrent que conduire est une activité de la vie de tous les jours essentielle ou très importante⁴.

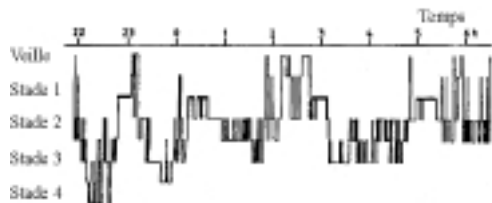
Le vieillissement n'est pas un phénomène anodin : avec l'âge survient une détérioration des fonctions cognitives (dégradation de l'attention, mémorisation...) et physiologiques (visuelles, auditives, psychomotrices) parfois importantes et dont la plupart peuvent affecter la performance de conduite. Ces changements sont liés à des modifications biologiques profondes, comme celle de la structure circadienne qui est modifiée avec l'avancée en âge : les rythmes circadiens des sujets âgés présentent une amplitude atténuée et une avance de phase. Ces modifications des rythmes circadiens ont des conséquences sur la vigilance ; la veille est dégradée ainsi que la qualité du sommeil nocturne. Les rythmes chronobiologiques se dérèglent pour des raisons internes mais aussi pour des causes externes, tel le désintérêt et l'isolement facilitant ainsi un bouleversement des horaires de vie et la perte des repères temporels liés à la vie active.

Rythmes circadiens et sommeil chez le sujet âgé

La plainte concernant la qualité du sommeil apparaît chez plus de 50 % des sujets âgés⁵. Les perturbations du sommeil chez la personne âgée, dont certaines en relation avec des pathologies de la sénescence, engendrent une baisse de vigilance diurne. Subjectivement, la personne âgée a l'impression de moins bien dormir ce qui, objectivement, est vérifié par des modifications aussi bien polygraphiques qu'au niveau du rythme veille/sommeil. Par conséquent, il n'est pas surprenant de constater une augmentation des prescriptions pharmaceutiques, parallèle à celle de l'âge ; celles-ci atteignent en moyenne 10 à 15 % avec une nette augmentation de la consommation des hypnotiques (5 % à 30 ans, 40 % à 70 ans). Cinquante pour cent de la consommation des hypnotiques concernent les plus de 60 ans, alors même que les risques associés à ces médicaments sont les plus élevés pour cette tranche d'âge. Il convient d'ajouter que les conditions de vie et les pathologies chez la personne âgée participent à l'origine des plaintes relatives au sommeil. Les modifications du sommeil liées à l'âge, les plus importantes et les mieux établies sont (figure 1) : l'augmentation de la durée des éveils nocturnes, la diminution de l'efficacité du sommeil, la diminution notable de l'amplitude des ondes lentes delta et la diminution considérable du sommeil lent profond⁶ ou stade 3 et 4 (figure 1).

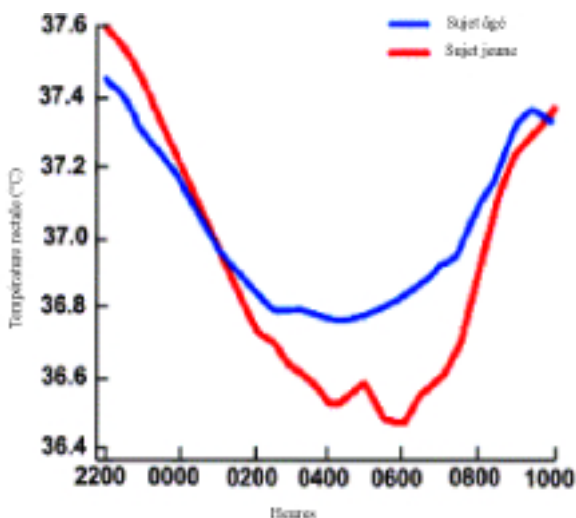
Ces perturbations nocturnes ont pour corollaire l'incapacité à maintenir longuement un niveau de vigilance diurne élevé. C'est pourquoi l'avancée en âge s'accompagne d'une diminution de la continuité de l'éveil diurne. Le jour, l'éveil est interrompu par des périodes de somnolence ou de sieste induisant un sommeil de plus en plus polyphasique.

Figure 1 : Hypnogramme d'un sujet âgé⁷



Au cours du vieillissement, des changements dans les rythmes circadiens, endocriniens, métaboliques et comportementaux ont été trouvés chez un grand nombre d'espèces animales et chez l'homme⁸. Ceux-ci surviendraient à la suite d'altérations morphologiques et neurochimiques des noyaux suprachiasmatiques^{9,10} entraînant notamment une diminution de l'amplitude des variations nyctémérales, ainsi qu'une avance de phase (figure 2) et un raccourcissement de leur période d'oscillation. Enfin, le vieillissement est fréquemment accompagné de modification du mode de vie en raison de la disparition, ou de la réduction des contraintes socioprofessionnelles. Il en résulte une atténuation des effets synchroniseurs des cycles lumière/obscurité et activité/repos, qui pourrait contribuer à ce déclin de l'organisation temporelle. Des études menées en « routine constante » ont montré que les altérations de la rythmicité circadienne des sujets âgés résultent bien pour l'essentiel du vieillissement de l'horloge biologique¹¹.

Figure 1 : Rythme circadien de la température chez une population de sujets jeunes et âgés¹².



Effet de l'entraînement chez le sujet âgé

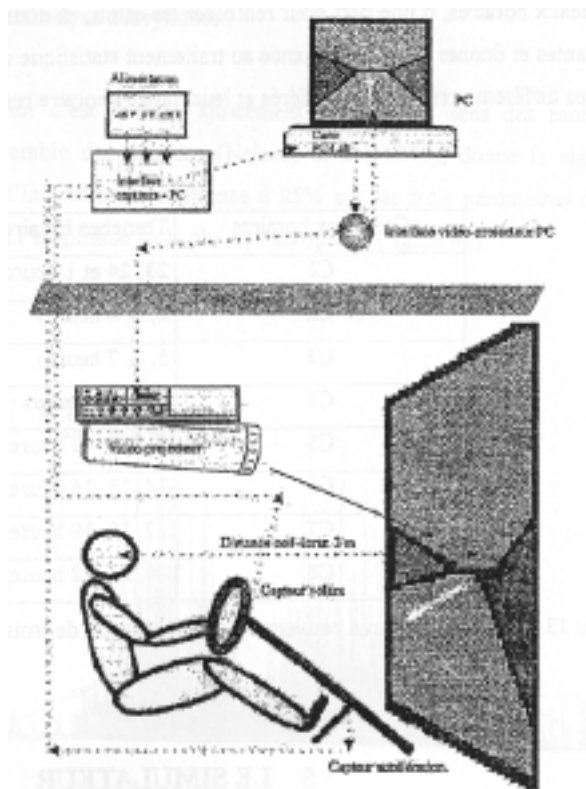
L'activité physique est un synchroniseur puissant de l'horloge biologique interne. Malheureusement, 60 à 70 % des sujets âgés sont sédentaires et seulement 20 % pratiquent une activité physique¹³. Or, à tout âge, l'état de bien-être dépend d'une bonne santé physique et mentale et d'un environnement favorable. Le maintien ou le rétablissement d'un état de bien-être au cours du vieillissement suppose un renforcement des fonctions physiologiques. Grâce à des progrès considérables, on a réussi à prévenir et à guérir certaines pathologies. En revanche, on a consacré beaucoup moins d'effort à maintenir l'intégrité physiologique et à retarder ou réparer son déclin avec l'âge.

En fait, il existe très peu d'études qui jusqu'à ce jour, ont concerné les effets du niveau de forme physique sur la rythmicité circadienne des personnes âgées.

Une étude de Naylor et coll.¹⁴, réalisée chez 14 sujets résidant dans une maison de retraite, montre qu'un programme d'activité physique modérée couplé avec des activités sociales (jeux de société, danse....) réalisé deux fois par jour entre 9h-10h30 et 19-21h30 pendant 14 semaines augmente la durée du sommeil lent profond. Cet entraînement ne modifie pas l'amplitude du rythme de la température, ni les valeurs nocturnes de l'activité motrice enregistrée par actimétrie. En revanche, les valeurs diurnes sont nettement augmentées par rapport à un groupe témoin. Van Someren et coll.,¹⁵ ont étudié les effets d'un entraînement en endurance (60 % de la VO₂max) trois fois 1h30 par semaine sur le rythme repos/activité. Il montre une diminution de la fragmentation de ce rythme, sans augmentation de l'amplitude, chez le groupe expérimental par rapport au groupe témoin.

Dans une étude récente sur des sujets âgés¹⁶, nous avons tenté de montrer les effets d'une activité physique modérée sur la qualité du sommeil nocturne et de la vigilance diurne évaluée au cours d'un test sur simulateur de conduite. L'épreuve de conduite d'une durée de 90 minutes, était réalisée entre 13h30 et 15h, dans la pénombre afin d'augmenter le contraste de la scène projetée (figure 3) et de favoriser la baisse de vigilance.

Figure 3 : Poste de simulation.



La tâche simulait une conduite réalisée de jour. A aucun moment le sujet ne recevait de stimulations externes à la conduite et les instructions données aux sujets étaient les suivantes : (1) assurer la stabilité maximale du véhicule et (2) conduire aussi vite que possible tout en respectant la première consigne.

Nous avons enregistré le rythme veille/sommeil par actimétrie et évalué les performances diurnes sur simulateur de conduite ainsi que la qualité subjective du sommeil avant (pré-test) et après (post-test) un programme d'entraînement de 16 semaines d'activité physique d'intensité modérée (30 % de la fréquence cardiaque de réserve), à raison de trois séances de gymnastique d'une heure par semaine. Chaque séance était composée de la manière suivante : mise en train (10 min), travail d'endurance (30 min), renforcement musculaire (10 min) et relaxation (10 min). Le groupe expérimental composé de 10 sujets âgés de 64 ans en moyenne était comparé à un groupe témoin de 9 sujets d'âge moyen identique.

Les principaux résultats sont les suivants pour le groupe expérimental :

La consommation maximale d'oxygène, témoin de l'aptitude physique du sujet, augmente de manière significative après les 16 semaines d'entraînement par rapport au groupe témoin. Cette amélioration est de l'ordre de 10 %.

L'amplitude du rythme circadien de la température est significativement augmentée par rapport au groupe témoin.

L'actimétrie met en évidence pour le groupe expérimental une diminution de l'activité motrice au cours des 3 premières et 3 dernières heures de la nuit ainsi qu'une diminution très significative du nombre de réveils nocturnes.

La qualité subjective du sommeil nocturne se trouve améliorée significativement.

Le contrôle de la trajectoire sur simulateur de conduite est également amélioré puisque la variance des écarts latéraux du véhicule diminue de manière significative.

Discussion

L'actimétrie présente l'avantage d'être une technique peu coûteuse et de permettre des enregistrements de longue durée à domicile. De plus, grâce à sa petite taille et à son faible poids, le port de l'actimètre ne perturbe pas les sujets. D'ailleurs, chez des sujets âgés on n'observe pas d'effet première nuit avec l'actimétrie¹⁷. Dans une revue sur la question¹⁸, les résultats obtenus entre l'actimétrie et la polysomnographie ont été comparés, ainsi qu'entre l'actimétrie et les agendas de sommeil chez différents groupes de sujets (patients, témoins, sujets âgés, enfants). Ces résultats montrent une bonne corrélation entre ces méthodes (85 à 97 %). Par ailleurs, dans un rapport, l'Association Américaine des Troubles du Sommeil (ASDA) fournit des recommandations concernant l'utilisation de l'actimétrie en insistant sur l'usage simultané d'un agenda de sommeil et la durée des enregistrements qui doit être supérieure à 3 jours¹⁹.

Dans notre étude, le principal objectif était l'amélioration de la vigilance au cours d'un test sur simulateur de conduite. En effet, après 16 semaines d'entraînement, nos sujets présentent une meilleure qualité du sommeil nocturne, une amplitude du rythme circadien de la température restaurée ainsi que de meilleures performances au cours de l'épreuve. Ceci permet de faire l'hypothèse que la fréquence des endormissements diminue avec la pratique régulière d'une activité physique modérée puisque le sujet améliore de manière significative le maintien de sa trajectoire. Cela nous permet d'envisager des recommandations en termes de santé publique et plus particulièrement de sécurité routière.

Conclusion

Pour la plupart, le départ à la retraite est synonyme d'entrée dans le troisième âge, et a pour conséquences de nombreuses modifications des comportements psychologiques et moteurs. La perte brutale de l'activité professionnelle représente une véritable cassure dans l'existence ; le sujet peut être envahi d'un sentiment d'inutilité, d'exclusion de la vie communautaire, de solitude qui associé à la baisse des capacités physiques et intellectuelles induit des réactions de passivité nuisibles à une bonne qualité de la vie. Le passage à la retraite doit être géré à de nombreux niveaux, d'ordre physique, culturel et

économique. La pratique régulière et collective d'activité physique peut le faciliter. Qu'elle soit prise dans le sens d'activité sportive ou dans un sens plus large d'activité de mouvement dans la vie de tous les jours, elle contribue pour une proportion importante à la préservation de la santé au sens large.

Ainsi, notre étude contribue à augmenter le corpus des connaissances qui montre que l'activité physique est, de toutes les thérapeutiques élaborées pour préserver ou améliorer la santé de l'homme, celle qui est la plus naturelle, la plus hygiénique et, de surcroît, la moins onéreuse.

L'aspect chronobiologique de la pratique sportive n'a pas été abordé. Or, on peut s'attendre à des bénéfices plus ou moins importants selon la position de la période d'activité physique sur le cycle veille/sommeil et la courbe thermique. Cette perspective est actuellement à l'étude dans le cadre du projet PREDIT .

Enfin, le sujet âgé peut et doit conduire. C'est là un facteur de qualité de vie et de maintien de l'autonomie dont il ne peut se passer. Il n'est pas plus dangereux que le jeune, mais son état requiert des mesures de prévention spécifiques. L'âge ne peut isolément servir d'indicateur limitant.

Bibliographie

- 1-Sagberg, F. Road accidents caused by drivers falling asleep. *Accid Anal Prev* **31**, 639-49. (1999).
- 2-Horne, J. & Reyner, L. Vehicle accidents related to sleep: a review. *Occup Environ Med* **56**, 289-94. (1999).
- 3-Fontaine, H. & Gourlet, Y. Accidentologie des personnes âgées. *La revue de gériatrie* **22**, 363-368 (1997).
- 4-Rochefort, R. *Vive le papy boom* (ed. Paris) ,Paris, 2000.
- 5-Vitiello, M. V. Sleep disorders and aging: understanding the causes. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* **52**, M189-91 (1997).
- 6-Pandi-Perumal, S. R. *et al.* Senescence, sleep and circadian rhythms. *Ageing Research Reviews* **1**, 559-604 (2002).
- 7-Billiard, M. Le sommeil du sujet âgé. *NPG* **4**, 4-6 (2001).
- 8-Touitou, Y., Bogdan, A., Haus, E. & Touitou, C. Modifications of circadian and circannual rhythms with aging. *Exp Gerontol* **32**, 603-14 (1997).
- 9-Swaab, D. F., Fisser, B., Kamphorst, W. & Troost, D. The human suprachiasmatic nucleus ; neuropeptide changes in senium and Alzheimer's disease. *Basic Appl Histochem* **32**, 43-54. (1988).
- 10-Weiland, N. G. & Wise, P. M. Aging progressively decreases the densities and alters the diurnal rhythms of alpha 1-adrenergic receptors in selected hypothalamic regions. *Endocrinology* **126**, 2392-7. (1990).
- 11-Turek, F. W., Penev, P., Zhang, Y., Van Reeth, O. & Zee, P. Effects of age on the circadian system. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* **19**, 53-58 (2002).

* **PREDIT : Programme national de recherche et d'innovation dans les transports terrestres.**

- 12-Vitiello, M. V. *et al.* Circadian temperature rhythms in young adult and aged men. *Neurobiol Aging* **7**, 97-100 (1986).
 - 13-Kligman, E. W. & Pepin, E. Prescribing physical activity for older patients. *Geriatrics* **47**, 33-4, 37-44, 47 (1992).
 - 14-Naylor, E. *et al.* Daily social and physical activity increases slow-wave sleep and daytime neuropsychological performance in the elderly. *Sleep* **23**, 87-95. (2000).
 - 15-Van Someren, E. J., Lijzenga, C., Mirmiran, M. & Swaab, D. F. Long-term fitness training improves the circadian rest-activity rhythm in healthy elderly males. *J Biol Rhythms* **12**, 146-56 (1997).
 - 16-Gruau, S., Davenne, D., Sesboüé, B. & Denise, P. The impact of low intensity physical activity of sleep assessed by actigraphy in the elderly. *Eur J Appl Physiol*, (soumis) (2002).
 - 17-Hilten, J. J. V. *et al.* Nocturnal activity and immobility across aging (50-98 years) in healthy persons. *J Am Geriatr Soc* **41**, 837-41 (1993).
 - 18-Sadeh, A., Hauri, P. J., Kripke, D. F. & Lavie, P. The role of actigraphy in the evaluation of sleep disorders. *Sleep* **18**, 288-302 (1995).
 - 19-American, S. D. A. Practice parameters for the Use of Actigraphy in the Clinical Assessment Of Sleep Disorders. *Sleep* **18**, 285-287 (1995).
-

Questions à Sandrine Gruau

Alain Muzet : on discute actuellement beaucoup du renouvellement du permis de conduire à partir d'un certain âge et de la capacité de conduite des personnes âgées. Il est important de trouver des moyens pour que les personnes âgées puissent conduire le plus longtemps possible.

Dans votre étude, ce qui me frappe, c'est cette différence significative dans la qualité du sommeil au bout de 4 mois de pratique physique qui disparaît au bout de 6 mois.

Sandrine Gruau : les sujets ont commencé la pratique physique au mois de janvier pour finir en mai et les enregistrements ont eu lieu en janvier, juin et septembre, ces derniers après deux mois d'interruption de pratique.

Alain Muzet : il est donc possible que la dégradation ou plutôt la non amélioration supplémentaire du sommeil reflète un effet saisonnier, car il existe des différences saisonnières dans la qualité du sommeil. Les périodes perturbées sont généralement des périodes de variations thermiques, en d'autres termes, quand nous sommes dans des états stables en plein été, ou en plein hiver, la structure du sommeil est relativement bonne par rapport aux états transitionnels du printemps et de l'automne.

Sandrine Gruau : il serait intéressant, en effet de décaler le protocole expérimental sur quelques mois et de comparer avec les données du groupe contrôle.

Bernard Laumon : l'effet s'atténue, mais ne disparaît pas et les tendances restent les mêmes.

Claudine Mélan : bien que la consigne soit de tenir la voiture sur la voie de droite et de rouler aussi vite que possible, avez-vous observé des différences de vitesse selon l'âge en lien éventuel avec les sorties de route ?

Sandrine Gruau : la consigne avait pour but d'éviter des variations de vitesse importantes entre les sujets, certains roulant trop doucement et d'autres trop vite. Or, ils ont tous adopté pratiquement la même vitesse et les différences observées ne sont pas significatives. Je pense donc qu'il n'y a pas de lien avec les sorties de route.

Hugues Monod : il faut aider le sujet âgé à maintenir son capital fonctionnel, mais statistiquement, on est quand même obligé de constater que toutes les fonctions motrices et psychomotrices montrent un fléchissement qui n'est certainement pas le même pour toute la population mais qui intéresse une proportion croissante au fur et à mesure que l'âge avance.

Alain Muzet : actuellement, on fabrique les mêmes automobiles pour les tranches d'âge comprises entre 18 et 90 ans. Le problème posé est celui de la possibilité de modifier la conduite ou les systèmes d'aide à la conduite afin que les personnes âgées aient une durée d'utilisation de leur véhicule plus longue.

Michel Pottier : ces personnes âgées pouvant acquérir d'autres apprentissages un peu comme les dépendants par rapport aux indépendants du champ ou les débutants par rapport aux expérimentés.

Évolution des processus attentionnels avec l'âge : quelles répercussions sur la sécurité routière ?

Catherine Gabaude et Frédérique Obriot-Claudel

INRETS–Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les Transports-LESCOT

obriot-claudel@inrets.fr

catherine.gabaude@inrets.fr

Résumé

Les études détaillées d'accident indiquent qu'un dysfonctionnement apparaissant au niveau de la prise et du traitement de l'information est constaté dans 40 à 50 % des accidents étudiés (Van Elslande et Alberton, 1997). Pendant de nombreuses années des études ont porté sur la recherche d'un lien entre l'altération des capacités perceptives et la survenue d'un accident, en considérant plus particulièrement les effets de l'âge puisqu'il s'agit du principal facteur responsable de ces altérations. Ball et Owsley (1991) ont montré que la restriction du champ visuel utile était beaucoup plus corrélée avec l'implication dans un accident que toutes les autres altérations des fonctions visuelles explorées en ophtalmologie. Depuis, la prise en compte des capacités attentionnelles dans les évaluations des capacités fonctionnelles s'est imposée. En effet, la prise et le traitement de l'information sont influencés par des facteurs propres aux stimuli (caractéristiques physiques) et des facteurs externes aux stimuli comprenant non seulement des facteurs liés au contexte de présentation du stimulus (saillance et conspécuité) et des facteurs propres à l'individu percevant (vigilance et modulation attentionnelle). L'existence d'un lien entre les variations d'attention et de niveau de vigilance et les variations d'efficacité de notre activité est évidente. Pottier (2000) étudie les effets de différents facteurs sur les champs fonctionnels de vision. Néanmoins il se peut que la prise en compte d'altérations d'autres capacités cognitives permette une meilleure interprétation des fluctuations de l'état de vigilance. Cet article fait état des composantes de l'attention altérées avec l'âge et des répercussions que cela peut avoir en matière de sécurité routière. Dans le cadre d'une approche développementale, deux expérimentations ont été réalisées afin d'établir un lien entre processus cognitifs déficients (en considérant les capacités d'attention partagée, d'attention sélective et les capacités d'inhibition) et défaillances dans la prise et le traitement de l'information en situation de conduite.

Introduction

L'arrivée à maturité de la génération du "*baby boom*" et la diminution du taux de naissance observée depuis quelques décennies sont les principaux facteurs concourant à l'apparition d'un nouveau contexte démographique. De plus on constate un allongement de la durée de vie sans handicap et une demande forte en terme de maintien de la mobilité personnelle du fait d'un usage du véhicule de plus en plus répandu. Ainsi, dans la plupart des pays industrialisés, le segment de population représenté par les conducteurs âgés va subir la croissance la plus rapide (OCDE, 2001¹). Afin de concilier des objectifs de sécurité et de mobilité, tous deux essentiels à l'autonomie des personnes âgées, il est nécessaire de mettre en œuvre des mesures spécifiques permettant de les promouvoir. Cette démarche permettra à terme d'améliorer nos connaissances sur l'impact des déficits attentionnels sur le comportement de conduite.

Les études détaillées d'accident indiquent qu'un dysfonctionnement apparaissant au niveau de la prise et du traitement de l'information est constaté dans 40 à 50 % des accidents étudiés (Van Elslande et Alberton, 1997). Les nombreuses études menées afin d'analyser les processus de prise et de traitement de l'information visuelle soulignent l'influence des facteurs propres aux stimuli (caractéristiques physiques), des facteurs liés au contexte de présentation du stimulus (saillance et conspécuité) et des facteurs propres à l'individu percevant (vigilance et modulation attentionnelle^{II}). Concernant ce dernier point, comme le souligne Camus (1998), l'analyse de propriétés sélectives passe par l'élucidation des opérations impliquées non seulement dans le maintien de l'attention, mais aussi dans le partage attentionnel et la focalisation attentionnelle.

L'attention soutenue est sollicitée lorsque la réalisation d'une tâche nécessite de maintenir longtemps un certain niveau d'activation. Les processus attentionnels mis en place sont soutenus dans la durée et leur orientation est majoritairement endogène, Posner (1975) parle de formes plus cognitive et descendante de l'attention. Comme le souligne Rogers (2000) dans des études analysant les effets du vieillissement sur la réalisation de tâches faisant appel à de la vigilance, les conclusions sont mitigées. Giambra (1993) souligne le fait que toutes ces tâches ne font pas uniquement appel aux capacités d'attention soutenue ; d'autres processus perceptivo-cognitifs sont également sollicités et peuvent aussi entrer en ligne de compte pour expliquer les effets de l'âge (saillance du stimulus, durée d'exposition du stimulus, plus ou moins forte sollicitation de la mémoire de travail). Selon Rogers (2000) la capacité à soutenir son attention serait en fait insensible au facteur âge. Ainsi, dans les études analysant les effets du vieillissement, il semble important d'explorer les capacités d'attention partagée et d'attention sélective.

Les études portant sur l'attention partagée consistent à évaluer les capacités que possèdent certains individus pour réaliser simultanément plus d'une tâche.

¹ OCDE (2001). *Ageing and Transport : Mobility needs and safety Issues*. 131 pp.
Il voir Gabaude (2001) pour une synthèse

Kahneman (1973) considère les ressources attentionnelles comme un réservoir de capacités investi en plus ou moins grande quantité dans les diverses opérations. La quantité de ressource limitée que l'on attribue à ce réservoir est évaluée à l'aide de paradigmes utilisant des situations de double tâche impliquant un partage attentionnel entre les tâches. Les ressources attentionnelles disponibles pour la réalisation d'une tâche particulière sont différentes selon la tâche considérée, selon les capacités que possède l'individu pour allouer une plus ou moins grande quantité de ressources et selon les stratégies employées par celui-ci pour rendre l'exécution de la tâche moins coûteuse en attention. Différents paradigmes expérimentaux existent afin d'explorer les capacités d'attention partagée. Dans le modèle du cube de Wickens (1984), quatre dimensions dichotomiques sont considérées pour décrire une situation de double tâche :

- les modalités d'entrée (visuelle ou auditive)
- les étapes du traitement (encodage, traitement central et sélection des réponses)
- les codes du traitement ou les types de représentations mentales (verbal ou spatial)
- les modalités de sortie (manuelle ou vocale)

Le degré de similarité structurale est indexé selon le nombre de dimensions communes utilisées par la double tâche. Selon Wickens (1984), ce degré de similarité structurale détermine la performance à la tâche.

L'inhibition des distracteurs est une composante de l'attention sélective. Elle opère une fois que la sélection des informations est terminée afin de maintenir la distinction entre les informations pertinentes et non-pertinentes (May, Kane et Hasher, 1995). En situation de conduite, les stimuli visuels qui se présentent au conducteur sont nombreux. Au niveau de la prise et du traitement de l'information nécessaire à la réalisation de la tâche de conduite, une sélection des informations pertinentes doit être opérée. De nombreux auteurs se sont demandés comment cette sélection pouvait être réalisée. Un consensus a été obtenu en considérant que la sélection de l'information se fait par l'application d'un filtre attentionnel dont le fonctionnement peut être décrit par deux mécanismes :

Facilitation du traitement de l'information cible

Altération du traitement des distracteurs

À cette étape, Camus (1996) souligne que les processus attentionnels mis en jeu dans la magnification de la représentation d'une cible pertinente et l'inhibition des distracteurs sont d'une autre nature cognitive que les processus mis en jeu dans la vigilance.

Dans une problématique visant à analyser les effets du vieillissement sur les capacités attentionnelles sollicitées lors de la réalisation de tâches utilisées dans la vie courante (ex : conduite automobile), il semble intéressant de développer une exploration des capacités fonctionnelles au cours de laquelle on évite certaines confusion entre une dégradation de la vigilance et une

altération des capacités d'attention partagée ou d'attention sélective (Cf. Rogers 2000).

Ainsi, pour identifier des déficits spécifiques dans ces différentes fonctions, il est important d'établir un diagnostic différencié.

Vieillesse et partage attentionnel

Lors de la réalisation concurrente de deux tâches, l'attention peut soit se diviser entre les deux tâches à réaliser, soit commuter rapidement d'une tâche à une autre («Switching »). Certains auteurs observent des troubles de l'attention divisée dans le vieillissement normal alors que pour d'autres on n'en observe pas. Salthouse et *al.* (1995) considèrent que ce manque de consensus est dû à de nombreuses différences méthodologiques. Ils énumèrent quatre différences : le type de tâche utilisée, le fait que la performance soit étudiée en situation simple et en situation duelle ou alors seulement en situation duelle, la façon dont les compromis entre les deux tâches ont été étudiées (« trade-off »), et les procédures d'analyse des résultats.

Pour des tâches duelles simples d'identification perceptuelle jeunes et âgés arrivent facilement à obtenir de bonnes performances (Somberg et Salthouse – 1982). Lorsque les tâches sont plus complexes ou plus coûteuses en ressources attentionnelles, la performance des âgés décline (Mc Dowd et Craik - 1988). Dans certains contextes expérimentaux, Rogers et *al.* (1994) indiquent que la pratique plus ou moins prononcée de la tâche ou l'expérience a aussi une influence. Ainsi, dans certains cas le déclin observé avec l'âge peut être réduit.

Méthodes d'exploration des capacités attentionnelles des conducteurs

Ball et *al.* (1990) et Owsley et *al.* (1995) ont développé le « Visual Attention Analyser ». Dans ce test une tâche de recherche visuelle permettant d'explorer les capacités attentionnelles est présentée. Cet outil permet la mesure du champ utile de vision (Useful Field Of View). Les individus ont pour consigne de dire si la cible présentée en périphérie est identique à celle présentée en vision centrale (les durées d'affichages des cibles variant de 16 à 240 ms). Les cibles peuvent être présentées au milieu d'un nombre variable de distracteur (carré de taille similaire à la cible). Trois tests différents ont été développés :

- Ce premier test renseigne sur la vitesse d'acquisition de l'information visuelle en vision centrale.
- Le second test permet de mesurer la capacité à diviser son attention : le stimulus central doit être identifié et le stimulus périphérique doit être localisé.
- Le troisième test mesure la capacité à extraire un signal d'un environnement complexe en observant l'influence que peut avoir la présence des distracteurs sur les performances précédemment évoquées.

Les auteurs observent ainsi trois mécanismes étant à l'origine de la réduction de l'UFOV :

- par une réduction de la vitesse de traitement de l'information visuelle,
- par une incapacité à ignorer les distracteurs,
- par une incapacité à diviser son attention.

Brouwer et *al.* (1992) ont aussi développé un paradigme expérimental permettant d'explorer les capacités de partage attentionnel des conducteurs. Sur un simulateur de conduite, les individus doivent réaliser une tâche continue de poursuite (compensation d'un vent latéral pour se maintenir sur la voie) et, parallèlement à cela, ils doivent identifier le sens de flèches présentées à gauche ou à droite de la scène routière. Withaar (2000) a utilisé ce dispositif pour explorer comment un déficit en attention partagée peut s'exprimer dans cette situation. Concernant la tâche d'identification de flèches en situation duelle, les variations de performance ne peuvent être expliquées que par un ralentissement du traitement de l'information car aucune interaction n'a pu être démontrée entre les groupes (traumatisés crâniens et groupe contrôle) et les conditions (simple ou double). Concernant la qualité de la tâche de poursuite, la déviation standard de la position latérale est significativement différente entre les deux groupes. Les auteurs pensent que lorsque la situation de partage attentionnelle est sous contrainte temporelle forte, des déficits supplémentaires apparaissent plus particulièrement si des compromis relatifs à l'allocation des ressources attentionnelles entre les tâches sont nécessaires.

Développement d'un outil de prise de conscience pour les conducteurs des répercussions d'un déficit en attention partagée

À la différence des méthodes d'exploration des capacités attentionnelles précédemment citées, l'outil (TEVIC^{III}) que nous avons développé a pour objectif de favoriser la prise de conscience par l'individu de l'existence de certains déficits attentionnels. Les choix arrêtés pour l'élaboration du test nous ont semblé répondre à un bon compromis entre le désir de réalisme du dispositif expérimental et les avantages d'une expérimentation en laboratoire. Le contexte d'exploration des performances visuelles utilisé dans le test visuo-attentionnel est réaliste vis-à-vis de la situation de conduite. L'utilisation d'un support vidéo nous a permis de pouvoir explorer les capacités perceptives d'individus différents avec une très bonne reproductibilité des contextes expérimentaux d'un sujet à un autre.

Notre démarche consiste à évaluer les temps de réponse à la présentation de cibles pour des individus visionnant des scènes routières. Des balles, des chiens, ou des piétons incrustés dans la vidéo doivent être détectés. En situation duelle, la tâche principale correspond à une tâche de poursuite ; cette tâche est continue et le niveau de demande attentionnelle requis pour son exécution est constant. Nous avons choisi d'utiliser une tâche de poursuite car

III TEsts Visuo-attentionnel pour les Conducteurs

elle possède des caractéristiques communes avec le maintien de la trajectoire d'un véhicule. Cette tâche doit induire une réponse motrice continue, pour laquelle sont mis en jeu des processus moteurs et attentionnels qui simulent ceux requis dans la tâche de conduite.

La tâche secondaire est discontinue, son exigence est variable en fonction des caractéristiques de la cible et de l'environnement. Au cours de l'expérimentation, les individus visionnent l'ensemble des vidéos en condition de simple tâche et en condition de double tâche.

- Dans la condition de simple tâche (ST), la tâche consiste à placer son regard à un endroit moyen correspondant à la zone sur laquelle se pose le regard en conduisant. Lorsque la cible est détectée, le sujet doit appuyer sur le bouton de la souris.
- Dans la condition de double tâche (DT), la tâche de poursuite est mise en place. Le sujet doit centrer le curseur de la souris sur une croix se déplaçant aléatoirement sur la scène visuelle (des déplacements fins se font selon les huit directions indiquées par une rose des vents autour du point central de vision).

Méthodologie

L'échantillon comprend 40 sujets répartis pour moitié dans deux groupes d'âges : 25-35 ans et plus de 65 ans. Dans les deux groupes d'âges ; l'échantillon retenu comporte autant de sujets familiers que de sujets non familiers avec l'utilisation d'un ordinateur.

La répartition selon les classes d'âges et le sexe est la suivante :

- 20 sujets appartenant à la classe d'âges 65 - 75 ans
(moyenne d'âge = 69.8 ans, SD = 4.03 ; 13 femmes et 7 hommes)
- 20 sujets appartenant à la classe d'âges 25 - 35 ans
(moyenne d'âge = 29.1 ans, SD = 3.23; 13 femmes et 7 hommes)

Tous les individus testés ont une acuité visuelle suffisante pour détecter la présence des balles (acuité supérieure ou égale à $4/10^\circ$).

L'expérimentation a lieu en laboratoire. Une mesure des temps de réaction simple a été effectuée en calculant le temps de réponse moyen suite à l'apparition de spots (taille = 4 cm de rayon) en vision centrale. Le test visuo-attentionnel a été réalisé à l'aide d'un micro ordinateur possédant un écran cathodique de 19 pouces. Les réglages écran n'ont pas été modifiés durant toute la campagne d'expérimentation. Les sujets sont assis à environ 60 cm de l'écran.

L'expérimentation se décompose en deux grandes parties. Chaque individu visionne 10 séquences choisies aléatoirement dans chacune des deux conditions. La moitié des sujets commence par la situation de simple tâche et l'autre moitié par la condition de double tâche.

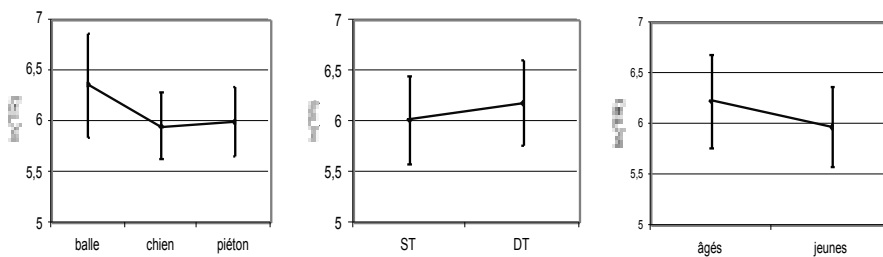
Afin de pouvoir évaluer les coûts cognitifs liés à la réalisation d'une double tâche, l'intégralité des films est administrée dans ces deux conditions.

Afin d'éviter que la demande attentionnelle liée à la réalisation de la tâche de poursuite varie, le sujet a réalisé une tâche d'apprentissage jusqu'à ce que les performances au suivi du curseur soient stables. Pour que le niveau de difficulté soit à peu près similaire d'un individu à un autre, l'exigence quant à la précision du suivi réalisé a été ajustée en fonction des habiletés individuelles. Afin d'éviter des variations de niveau de vigilance, les sessions expérimentales ne durent pas plus de cinq minutes (entre 1min30 et 5 min). Chaque session est suivie d'une pause allant de 2 à 10 minutes selon l'exigence de la tâche précédente.

Résultats

L'outil développé a emporté un très bon facteur d'adhésion de la part des sujets. En effet, les individus retrouvent dans ces conditions de tests des situations perceptives vécues quotidiennement.

Figure 1 : Moyenne des ln(TR) recueillis pour trois facteurs (type de cible, condition et classe d'âge).



Les temps de réponses à la détection de balles sont plus longs que pour la détection des chiens et des piétons. En condition de simple tâche, les cibles sont plus rapidement détectées. Les jeunes ont en moyenne des temps de réponses plus courts que les âgés (figures).

Tableau 1 : Résultats de l'analyse de variance menée sur les temps de réponse aux cibles

	F	p
<i>Type de cible</i>	F(2,76) = 1857,74	P < 0,0001
Classe d'âges	F(1,38) = 37,33	P < 0,0001
Condition (ST/DT)	F(1,38) = 781,14	P < 0,0001
Classe d'âges * Condition	F(1,38) = 1,79	P = 0.1888

Dans notre situation de double tâche, les conducteurs âgés ne sont pas plus pénalisés que les conducteurs jeunes ; l'interaction Classe d'âges * condition n'est pas significative (tableau 1). Comme nous en avons fait état lors de la description de la méthodologie, il règne une certaine confusion dans les études attestant d'effets d'âge spécifiques aux tâches duelles. Certains auteurs montrent qu'une partie des problèmes constatés entre les études est due à des problèmes d'estimation des « coûts cognitifs » qui sont variables selon la

méthode d'analyse utilisée. Nous avons ainsi voulu vérifier si nous obtenions des résultats cohérents en ayant recours à l'utilisation de différentes méthodes d'estimation.

Comme les mêmes cibles sont toutes présentées en situation de simple et de double tâche, nous sommes en mesure de pouvoir calculer différents scores afin de réaliser une estimation des coûts cognitifs qui soit valable. Selon les scores calculés, les variables dépendantes utilisées pour explorer l'influence du facteur classe d'âge sont différentes (tableau 2).

- ANOVA sur : âge et condition (résultats présentés ci-dessus)
- Score de différence : calculé entre soustrayant les TR recueillis en DT de ceux recueillis en ST. A l'aide de ce score de différence nous avons réalisé une analyse de variance à un facteur. Ce score n'est pas significativement différent dans les deux groupes.
- Rapport : En calculant le rapport entre les TR mesurés en ST et ceux mesurés en DT, les résultats sont similaires.
- Différence relative : En calculant une différence relative $[(TR_{st} - TR_{dt}) / TR_{st}]$ le facteur classe d'âges n'est pas non plus significatif.

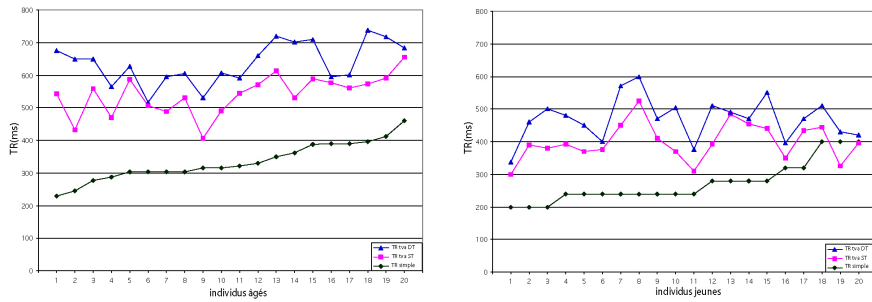
Tableau 2 : Résultats des analyses de variances menées sur différentes variables dépendantes

	Var. Dep.	F	p
Classe d'âges *condition	TR	$F(1,38) = 1.15$	$p=0.291$
Score de Différence	$RT_{st}-RT_{dt}$	$F(1,38) = 2.15$	$p = 0.1503$
Rapport	RT_{st}/RT_{dt}	$F(1,38) = 0.28$	$p = 0.5982$
Différence relative	$(RT_{st}-RT_{dt})/RT_{st}$	$F(1,38) = 0.30$	$p = 0.5852$

En suivant les recommandations formulées par de nombreux auteurs (Salthouse et *al.*, 1995 ; De Ribeaupierre et Ludvig, 2000) concernant la tâche de détection, nous constatons que dans la situation de double tâche développée dans TEVIC, les TR des conducteurs âgés ne sont pas significativement plus longs que ceux des jeunes. Ainsi les conducteurs âgés ne sont pas défavorisés par rapport aux plus jeunes dans cette tâche de partage attentionnel.

Lors de l'analyse des TR simples, on note l'existence d'assez fortes différences individuelles dans l'amplitude du ralentissement. En comparant les résultats obtenus dans trois contextes différents (TR simple, TR test visuo-attentionnel en simple tâche, TR test visuo-attentionnel en double tâche) on s'aperçoit que les individus les plus ralentis ne sont pas forcément plus défavorisés dans la tâche de détection d'événements en situation complexe que les individus plus rapides (figure 2).

Figure 2 : Comparaison des temps de réaction simples avec les temps de réponse recueillis à l'aide du test visuo-attentionnel lors de la passation en condition de simple tâche et de double tâche (les individus ont été classés du plus rapide au moins rapide lors de l'exécution de la tâche de détection simple).



La recherche d'informations en situation complexe est tout de même plus rapide pour les individus jeunes que pour les conducteurs plus âgés. L'écart entre les TR simples et les TR du test visuo-attentionnel est globalement plus important pour les individus âgés. Le ralentissement des fonctions sensori-motrices de base ne peut expliquer à lui seul les variations de TR observées à l'aide du test sur vidéo. Le style perceptif des individus semble entrer en ligne de compte. Certains sujets ont des TR simples relativement lents et cette lenteur ne se répercute pas sur les autres TR mesurés. Un résultat est particulièrement surprenant puisqu'un individu jeune détecte en moyenne aussi rapidement les cibles présentées sur les films que les gros spots lumineux présentés en vision centrale lors de la mesure des TR simples.

Discussion

Concernant les hypothèses formulées quant aux effets du vieillissement sur la mesure des coûts cognitifs, nous pensons que les conducteurs âgés seraient plus défavorisés que les jeunes dans des tâches où les ressources doivent être allouées à l'exécution de deux tâches simultanées.

Pour analyser les capacités perceptives dans deux situations particulières, nous voulions qu'en situation de double tâche, la demande attentionnelle liée à la réalisation de la tâche de poursuite soit assez constante au cours du temps et d'un individu à l'autre. D'autre part, pour faciliter l'interprétation des résultats, nous avons fait en sorte que l'allocation des ressources ne fluctue pas ; la priorité était toujours donnée à la tâche principale (la tâche de poursuite étant la tâche principale et celle de détection des cibles étant secondaire).

Pour que le niveau de demande attentionnelle soit à peu près constant pour tous les individus et entre les deux conditions de passation de la tâche, les exigences quant à la précision avec laquelle la tâche de poursuite est réalisée ont été plus ou moins fortes selon le niveau d'aptitude développé par les différents individus.

Lors de l'analyse des résultats, on constate que la réalisation d'une tâche centrale continue est responsable d'une augmentation des temps de réponse. Comme nos deux tâches possèdent de nombreuses dimensions communes, la modalité d'entrée est visuelle et la modalité de sortie est manuelle pour les deux tâches ; elles entrent en compétition. Les TR sont en moyenne allongés d'environ 100 ms en situation duelle.

Néanmoins, les conducteurs âgés ne sont pas plus défavorisés que les jeunes dans cette situation, puisque l'interaction « classe d'âges*condition de passation du test » n'est pas significative. Pourtant Somberg et Salthouse (1982) ont trouvé que les adultes âgés sont plus lents dans des mesures de TR de choix (appui main gauche quand la cible est présentée à gauche et appui main droite quand elle est présentée à droite) pour lesquels la sortie est manuelle. On peut toutefois remarquer que dans notre tâche, la relation entre le stimulus et le mode de réponse est toujours la même. De ce fait, la réponse est recueillie à l'aide d'un mode automatique de fonctionnement peut coûteux. Somberg et Salthouse (1982) soulignent aussi qu'il n'existait pas d'effet du vieillissement lorsque les tâches sont automatiques ; dans notre cas les jeunes comme les âgés automatisent les processus mis en jeu dans la réalisation de la tâche de poursuite.

Les résultats de diverses études analysant les modifications des capacités de partage attentionnel avec l'âge ne sont pas unanimes. La méthode d'estimation des coûts cognitifs a été mise en cause par de nombreux auteurs (cf. De Ribeaupierre et Ludvig, 2000, pour une synthèse). Dans notre analyse, quelque soit la technique utilisée pour estimer ces coûts cognitifs, les résultats se sont avérés être cohérents. Nous pouvons ainsi conclure que globalement chez les individus jeunes comme chez les plus âgés, la demande attentionnelle requise pour réaliser les deux tâches n'excède pas la capacité attentionnelle totale disponible. Dans ce cas particulier, il ne semble pas que le vieillissement soit associé à une réduction de l'efficacité du traitement. Néanmoins, le test visuo-attentionnel offre la possibilité d'identifier chez les jeunes comme chez les plus âgés les individus qui ont des performances plus dégradées en situation de double tâche. Dans un tel contexte, il se peut que le déficit en attention partagée constaté soit responsable de l'apparition de phénomènes de fatigue chez l'individu. Cette baisse de performance pourrait donc être le signe avant coureur d'une baisse de vigilance.

Inhibition et vieillissement

Dans la littérature sur le vieillissement, les auteurs rapportent que les processus d'inhibition se dégradent fortement avec l'âge (Comali, Wapner & Werner, 1962 ; Rabbitt, 1965 ; Plude & Hoyer, 1986 ; McDowd & Filion, 1992 ; Kenemans, Smulders & Kok, 1995). Les âgés font passer plus d'informations marginales et non-pertinentes en mémoire de travail, ce qui dégrade leurs performances dans de multiples tâches perceptivo-cognitives.

Paradigmes d'exploration de l'inhibition

Il existe quatre grands paradigmes d'exploration de l'inhibition :

Test de Stroop (Stroop, 1935). Les sujets doivent nommer la couleur de l'encre des mots désignant une couleur.

Trail Making Test A et B (Reitan, 1958). L'individu doit alterner la logique de ses réponses.

Wisconsin Card Sort Test (Berg, 1948). Mesure l'aptitude du sujet à élaborer et à changer d'hypothèse.

Amorçage négatif (Tipper, 1985). Dans une tâche d'amorçage négatif, le participant doit sélectionner une cible (sur la base d'une caractéristique et/ou de sa localisation) et doit la dénommer en présence d'un ou plusieurs distracteurs et ce, dans deux essais consécutifs (prime et probe). Dans la condition expérimentale, le participant doit répondre à une cible (essai probe) qui est apparue en tant que distracteur à l'essai précédent (essai prime) ; le temps de réponse à l'essai probe est comparé à celui de la condition contrôle pour laquelle ni la cible, ni le distracteur n'apparaissent dans deux essais consécutifs. L'effet d'amorçage négatif se manifeste par le ralentissement du temps de réponse à l'essai probe (et quelquefois l'augmentation du nombre d'erreurs) dans la condition expérimentale par rapport à la condition contrôle (May et al., 1995 ; Connelly et Hasher, 1993 ; Tipper, 1985). Il a été proposé une interprétation à ce phénomène, selon laquelle au premier essai, le stimulus distracteur fait l'objet d'une inhibition active et lorsque à l'essai suivant il devient cible, sa sélection est ralentie du fait d'un résidu d'inhibition. Nous avons choisi d'utiliser ce paradigme dans la suite de ce travail car la nature des stimuli employés permet leur transposition dans un contexte plus proche de la conduite automobile.

Développement d'un outil d'évaluation des capacités d'inhibition pour les conducteurs

Les capacités d'inhibition du distracteur jouent un rôle important dans la conduite automobile. Les déficits seraient source d'accidents (Fabrigoule, 2001).

Beaucoup d'études font état de dégradations liées au vieillissement pour des tâches simples de laboratoire, mais remarquent une égalisation des performances entre jeunes et âgés dès que la tâche est plus en rapport avec les activités quotidiennes (Kirsic & Allen, 1985). Les sujets âgés feraient appel à l'utilisation de processus d'optimisation. Ainsi, Salthouse (1984) a montré que les dactylos âgées compensaient la diminution de leur vitesse de traitement par une meilleure prise en compte des caractères éloignés.

Afin de mesurer les capacités d'inhibition des conducteurs âgés tout en tenant compte de leurs capacités d'adaptation, il est nécessaire de faire appel à des épreuves plus en rapport avec la conduite automobile. Nous avons donc comparé les performances à des épreuves de laboratoire avec celles obtenues à l'aide d'épreuve plus en rapport avec la conduite.

Méthodologie

Nous avons fait appel à 15 sujets jeunes (moyenne d'âge = 26 ans ; SD = 2.9) et 15 sujets âgés (moyenne d'âge = 63 ans ; SD = 3.5) différant sur l'âge et sur l'expérience de la conduite.

1^{ère} tâche : Amorçage négatif avec des lettres : réplique de l'étude n°3 de Connelly et Hasher (1993).

Dans chaque essai (prime et probe), deux lettres apparaissent à l'écran pendant 200 ms et le participant doit nommer la lettre de couleur rouge et inhiber la lettre de couleur verte. La cible et le distracteur apparaissent à un des quatre emplacements (figure 3). A chacun des essais (prime et probe), les sujets doivent nommer une des deux lettres (sélectionnées parmi A, B, C, D, E, J, K, N, O, S, T, et V). Une croix de fixation est placée au centre de l'écran.

Deux types d'effets sont observés : l'inhibition de la localisation et l'inhibition de l'identité. Pour observer l'inhibition de la localisation, on compare les temps de réaction aux essais probe contrôle (dans lesquels les lettres utilisées aux essais prime et probe n'ont ni la même identité, ni la même localisation) aux temps de réaction aux essais probe inhibition de la localisation (dans lesquels la cible à l'essai probe apparaît au même endroit que le distracteur à l'essai prime). L'effet d'inhibition de l'identité est mesuré en comparant le temps de réaction aux essais probe contrôle avec les temps de réaction aux essais probe inhibition de l'identité (dans lesquels le distracteur à l'essai prime devient la cible à l'essai probe).

La tâche consiste en la passation de 144 essais (prime + probe) présentés aléatoirement à chaque participant.

Figure 3. Deux types d'essais d'après l'étude 3 de Connelly et Hasher (1993).

Conditions	Essai Prime	Essai Probe
Inhibition de l'identité		
Contrôle		

2^{ème} tâche: dénomination de la lettre rouge.

Le participant doit dénommer le plus rapidement possible une lettre rouge qui apparaît seule à un des quatre emplacements sur l'écran (figure 3). Cette tâche permet la mesure de l'effet d'interférence.

3^{ème} tâche : Amorçage négatif avec des piétons : Dénommer la couleur du piéton qui traverse.

Cette tâche est également un amorçage négatif, mais nous avons remplacé les lettres par des piétons de couleurs différentes. De même, le fond noir utilisé par Connelly et Hasher (1993) a été remplacé par un fond routier qui est utilisé dans une première sous-tâche statique (une simple photographie de route) et dans une seconde sous-tâche dynamique (vidéo d'un trajet) (figure 4).

Le participant a pour consigne de nommer la couleur du piéton qui traverse, sachant que deux piétons de couleur différente apparaissent à l'écran pendant 400 ms et que seulement l'un d'entre eux s'apprête à traverser.

Figure 4. Dénomination de la couleur du piéton qui traverse ; vue fixe à gauche et vidéo à droite



Les deux sous-tâches DCPT (Dénomination de la Couleur du Piéton qui Traverse) sur fond fixe et sur vidéo sont composées chacune de 48 essais (prime + probe). Nous avons observé comme dans la tâche des lettres les effets d'inhibition de l'identité et de la localisation.

Pour les tests d'inhibition avec lettres et avec piétons, nous avons retenu comme variables dépendantes la médiane des temps de réponse à l'essai probe ainsi que le pourcentage d'erreurs à l'essai probe. Nous n'avons pas considéré le temps de réponse lorsque le sujet commettait une erreur à l'essai prime ou à l'essai probe.

Résultats

Test des lettres (tableau 3)

L'ANOVA sur mesures répétées révèle que les sujets âgés ont des temps de réponse plus longs que ceux des jeunes [$F(1, 28) = 16.66, p < 0.001$]. Aucun effet de la condition, ni d'interaction (condition x âge) n'est observé. Pour compléter l'analyse, nous avons procédé à des ANOVA sur mesures répétées

sur chacun des deux groupes. Les résultats montrent que pour les sujets jeunes, l'effet d'inhibition de l'identité (EI = -2.20) n'est pas significatif, mais que l'effet d'inhibition de la localisation (EL = -10.47) est quant à lui significatif [$F(1, 14) = 5.24, p = 0.038$]. Pour le groupe des âgés, aucun effet d'inhibition n'est significatif.

On peut remarquer que ces résultats sont différents de ceux rapportés par Connelly et Hasher (1993). Les auteurs observaient un amorçage négatif pour l'identité et la localisation dans le groupe des jeunes et un amorçage négatif pour la localisation dans le groupe des âgés.

Tableau 3. Moyenne (M) des médianes des temps de réponse (TR) individuels, moyenne du pourcentage d'erreurs, et écart-type (ET) pour le test des lettres ; les résultats significatifs sont grisés.

	Jeunes				Âgés			
	TR (ms)		Erreur (%)		TR (ms)		Erreur (%)	
Essai probe	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET
contrôle	504.1	64.1	0.83	1.31	621.9	77.3	1.8	1.91
identité	506.2	71.6	0.41	0.86	613	79.1	0.97	1.73
localisation	514.5	73.3	0.28	0.73	621.3	90.8	1.52	1.84
Effet identité (EI)	-2.1	12.5			8.9	52.9		
Effet localisation (EL)	-10.4	17.7			0.6	40.5		

Une ANOVA sur mesures répétées a été réalisée sur le pourcentage d'erreurs en considérant les trois conditions. Le seul effet significatif observé est un effet de l'âge ; les âgés commettent significativement plus d'erreurs que les jeunes [$F(1, 28) = 7.193, p = 0.012$].

Dénomination de la couleur du piéton qui traverse vue fixe (tableau 4)

L'analyse révèle tout d'abord qu'il n'existe pas de différence significative de l'âge sur les temps de réponse. Un effet de la condition est constaté [$F(2, 52) = 3.456, p = 0.039$]. En ce qui concerne le groupe des jeunes, on n'observe aucun effet d'inhibition significatif tandis que pour les âgés, il existe un effet d'inhibition de l'identité [$F(1, 13) = 4.697, p = 0.049$] et un effet d'inhibition de la localisation [$F(1, 13) = 7.29, p = 0.018$].

Tableau 4. Moyenne des médianes des temps de réponse individuels, moyenne du pourcentage d'erreurs, et écarts-type pour le test de détection de la couleur du piéton qui traverse (vue fixe).

	Jeunes				Âgés			
	TR (ms)		Erreur (%)		TR (ms)		Erreur (%)	
Essai probe	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET
contrôle	924.8	172.1	0.89	2.27	972.2	98.6	3.12	4.06
identité	931.7	182.3	1.34	2.66	1017.3	75	4.46	7.53
localisation	934.5	162	1.78	2.93	1048.9	124.6	5.36	5.93
Effet identité	-6.9	112			-45.1	77.8		
Effet localisation	-9.7	73.2			-76.7	106.3		

L'ANOVA sur mesures répétées ne signale qu'un effet significatif de l'âge, pour lequel les âgés font significativement plus d'erreurs que les jeunes [$F(1, 26) = 6.68, p = 0.015$].

Dénomination de la couleur du piéton qui traverse vidéo (**tableau 5**)

Tableau 5. Moyenne des médianes des temps de réponse individuels, moyenne du pourcentage d'erreurs, et écarts-type pour le test de détection de la couleur du piéton qui traverse (Vidéo).

	Jeunes				Âgés			
	TR (ms)		Erreur (%)		TR (ms)		Erreur (%)	
Essai probe	M	ET	M	ET	M	ET	M	ET
contrôle	765.4	144.4	0.89	2.27	891.1	125.7	4.46	4.54
identité	804.7	180.6	0.89	2.27	896.2	104.6	2.25	3.95
localisation	812.4	151	1.34	2.66	924.1	98.5	5.8	5.18
Effet identité	-39.3	58.1			-5.1	67.1		
Effet localisation	-47	62.9			-33	60.8		

Les résultats de l'analyse montrent que les âgés sont significativement plus lents à répondre que les jeunes [$F(1, 26) = 4.829, p = 0.037$]. On observe également un effet significatif de la condition [$F(2, 52) = 5.518, p = 0.007$] pour tout le groupe, pour les conditions contrôle et localisation. En ce qui concerne le groupe des jeunes, il existe un effet significatif d'inhibition de l'identité [$F(1, 13) = 6.394, p = 0.025$] et un effet d'inhibition de la localisation [$F(1, 13) = 7.791, p = 0.015$]. En ce qui concerne le groupe des âgés, nous n'observons aucun effet significatif.

L'analyse montre que les âgés font significativement plus d'erreurs que les jeunes [$F(1, 26) = 17.491, p < 0.001$].

Effet d'interférence

Dans un premier temps, nous avons mesuré le temps de réponse simple à la dénomination de lettres sans distracteur afin de voir s'il existait un effet d'interférence (Cf. 2^{ème} tâche). Les résultats montrent que les âgés ont des temps de réponse significativement plus longs que les jeunes [$t(28) = -2.46$, $p = 0.02$]. Comme nous n'avons pas observé d'effet d'inhibition chez les jeunes, nous nous sommes demandés si ce groupe avait ressenti un effet de l'apparition d'une lettre distractrice. Nous avons donc procédé à une analyse de l'effet d'interférence à l'aide d'un test T sur mesures répétées, sur les variables dénomination simple des lettres et les TR prime du test de lettres.

Les résultats indiquent que pour le groupe des jeunes, les temps de réponse à la dénomination ne sont pas différents de ceux aux essais prime contrôle. Par contre, les sujets âgés ont des temps de réponse significativement plus longs aux essais prime contrôle [$t(14) = -2.745$, $p = 0.016$]. Ces résultats indiquent que le groupe des jeunes n'a pas subi d'effet d'interférence.

Discussion

Dans le cadre de cette étude, nous avons fait une réplique du test de Connelly et Hasher (1993) afin d'avoir une mesure contrôle de l'inhibition des participants à laquelle nous devons comparer les performances d'inhibition obtenues à un test plus en rapport avec la conduite automobile. Les résultats issus de cette réplique sont très différents de ceux obtenus par Connelly et Hasher. En effet, nous n'avons pas observé d'inhibition de l'identité pour le groupe des jeunes. Aussi, nous pouvons émettre deux hypothèses explicatives du phénomène observé dans notre étude ; (i) Comme la consigne utilisée par Connelly et Hasher (1993) n'est pas fournie dans l'article, nous avons élaboré notre propre consigne, il est possible qu'elle ait induit un biais dans la passation du test ; (ii) la procédure utilisée par Connelly et Hasher (1993) est à discuter. En effet, nous avons remarqué que les jeunes n'ont pas subi d'effet d'interférence, ce qui pourrait laisser penser qu'ils n'ont pas traité la lettre distractrice verte (pour observer un amorçage négatif, il est indispensable que le sujet fasse un traitement des deux lettres). Plusieurs modèles théoriques peuvent expliquer ce phénomène.

Tout d'abord, selon Tipper et Cranston (1985), le niveau d'inhibition peut être influencé par différents facteurs comme la demande de la tâche ou les stratégies des sujets. Ainsi, les jeunes, du fait de la simplicité de la tâche, auraient utilisé la stratégie consistant à ne pas faire attention à la lettre verte, donc à ne pas la traiter.

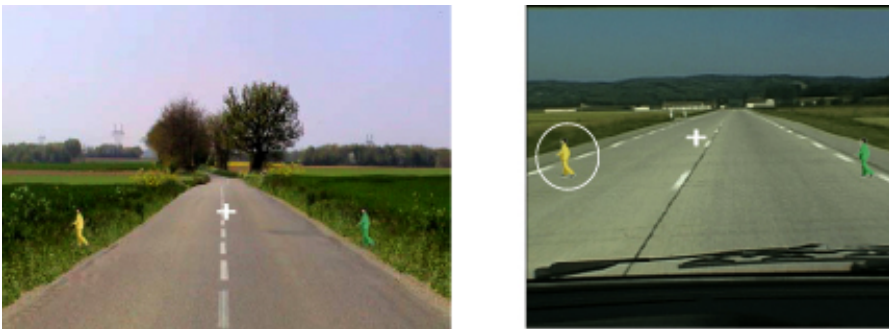
Une autre explication provient du modèle de l'intégration des traits de Treisman et Gelade (1980). Selon ces auteurs, la détection d'une cible est automatique (la cible saute aux yeux) lorsque celle-ci est définie par une seule propriété élémentaire sur une dimension intégrale, par exemple, une cible rouge mélangée à des distracteurs de couleurs différentes. Lorsque la cible est définie uniquement par l'un de ces traits élémentaires, ce niveau fournit des données suffisantes, directement exploitables pour la réponse attendue. Ainsi, dans le cadre du test d'amorçage négatif des lettres de couleurs, le sujet, dans une première phase, va essayer de détecter une forme de couleur rouge puis

dans une deuxième phase, il l'identifiera en tant que lettre sans jamais tenir compte de la forme verte. Dans ce cas, le sujet n'aura pas traité la lettre verte et donc n'aura pas à l'inhiber. Si à l'essai prime, la lettre verte n'est pas inhibée car non traitée, alors à l'essai probe, le délai nécessaire pour l'activer en tant que cible n'est pas différent de celui nécessaire dans la condition contrôle. C'est pourquoi, nous n'observons pas d'effet d'amorçage négatif de l'identité (et de la localisation) pour le groupe des jeunes. L'absence d'effet d'interférence chez les jeunes confirme cette explication.

Les résultats *dénomination de la couleur du piéton qui traverse* sur fond fixe montrent que seuls les sujets âgés présentent un amorçage négatif de l'identité et de la localisation, alors que les sujets jeunes ne présentent aucun effet. Ces résultats sont contraires à ceux observés dans des études sur le vieillissement, dans lesquelles les âgés ne présentaient aucun effet d'inhibition. Dans notre tâche, les sujets devaient dénommer une couleur, sur la base de l'orientation des piétons. La distance qui séparait les deux piétons permettait aux sujets de détecter seulement deux formes de couleurs différentes. Lorsque leur regard se posait sur un piéton et que celui-ci n'était pas la cible, alors les sujets pouvaient déduire la couleur du piéton qui traversait. Cette stratégie utilisée par les participants leur a permis de confirmer leur réponse. On peut émettre l'hypothèse selon laquelle les sujets jeunes, du fait de leur champ de vision plus large et de leur meilleure acuité visuelle ont eu moins recours à l'inférence. Comme le piéton distracteur de l'essai prime n'est pas pris en compte, alors les sujets jeunes ne présentaient pas d'effet d'amorçage négatif.

Entre le test vue fixe et le test sous vidéo, une différence majeure existe. Dans le test vue fixe, les piétons sont placés bien au bord de la route alors que dans le test sous vidéo, les piétons peuvent être sur la route alors qu'ils ne traversent pas (figure 5).

Figure 5. A gauche : vue fixe. A droite : vidéo. On remarque que sur la vidéo, le piéton distracteur est sur la route.



Afin de maintenir la même distance inter-piéton dans les deux tests, vue fixe et vidéo, ils s'avère que certains piétons du côté gauche apparaissent sur la route et non au bord. Ceci peut expliquer les différences de résultats obtenues entre les deux formes du test. Dans le test vue fixe, les piétons cibles et distracteurs sont au bord de la route. Grâce à leur forte pratique de la conduite, les âgés savent que le piéton potentiellement dangereux est celui qui s'apprête

à traverser. Donc, pour ce groupe de sujets, le piéton cible sera plus rapidement détecté (nous n'avons pas observé de différences de temps de réponse entre les deux groupes de sujets). Dans le test sous vidéo, les âgés ont des temps de réponse ralentis par rapport aux jeunes ; on peut faire l'hypothèse que comme les piétons ne sont pas placés comme habituellement sur le bord de la route, le piéton distracteur (pouvant apparaître sur la chaussée) devient le piéton potentiellement dangereux et donc le plus difficile à inhiber.

En ce qui concerne les résultats d'inhibition, dans le test vue fixe, les âgés présentent un effet d'amorçage négatif. On peut faire l'hypothèse qu'ils ont fait appel à des processus d'optimisation acquis du fait de leur expérience de la conduite, afin de masquer les effets négatifs du vieillissement pour les processus d'inhibition.

Pour le test sous vidéo, les résultats sont inversés et ce sont les jeunes qui présentent des effets d'inhibition significatifs. On peut faire l'hypothèse selon laquelle les âgés n'ont pu mettre en place des processus d'optimisation parce que le piéton distracteur devient le piéton potentiellement le plus dangereux des deux. Nous avons pu remarquer que l'ensemble des sujets avaient des temps de réponse significativement plus courts pour le test sous vidéo par rapport au test sous vue fixe. Il semblerait que la détection des piétons soit facilitée lorsque le fond est dynamique. Ceci peut expliquer les très bonnes performances d'inhibition des sujets jeunes. En effet, ceux-ci ont sans doute eu plus de facilité à traiter l'ensemble des deux piétons. Le test sous vidéo reflète bien ce que doit être un test d'amorçage négatif pour être valide : les sujets doivent pouvoir traiter les caractéristiques des deux piétons afin d'inhiber le piéton distracteur.

Conclusion et perspectives

Compte tenue de la très forte hétérogénéité des performances d'attention partagée et d'attention sélective observée chez les individus âgés une interprétation différentialiste peut être envisagée. La psychologie différentielle est une branche de la psychologie dont l'objet est l'étude des différences que l'on peut observer dans les conduites des individus ou des groupes placés dans une même situation. Les tests mettent en évidence les variations individuelles par rapport à une certaine norme établie dans une population donnée. Dans ce contexte, la mise en place de procédures d'évaluation des capacités d'attention soutenue, d'attention sélective ou bien d'attention partagée peut être utile afin d'établir un diagnostic différencié. Une telle démarche pourrait à l'avenir permettre une étude plus analytique des causes d'hypovigilance.

D'autre part, dans le cadre d'étude portant sur les effets du vieillissement, compte tenu du rôle joué par l'expérience, il est nécessaire de mieux explorer les mécanismes d'optimisations mis en place par les conducteurs âgés. Dans cet objectif, une amélioration des outils d'exploration des capacités fonctionnelles est nécessaire. Il nous faudra aussi mettre en œuvre des mesures adaptées permettant de spécifier les mécanismes d'optimisation mis en place par les conducteurs âgés. Par cette approche, nous pourrions explorer

la prise de conscience des changements (négatifs et positifs) liés à l'âge et son impact sur la mise en place de ces stratégies optimisatrices.

Bibliographie

- Ball, K., & Owsley, C. (1991). Identifying correlates of accident involvement for the older driver. *Human Factors*, 33 (5), 583-595.
- Ball, K., Roenker, D.L., & Bruni, J.R. (1990). Developmental changes in attention and visual search throughout adulthood. In J.T. Enns (Ed.) *The development of attention : research and theory* (pp. 489-508). North Holland : Elsevier Science Publishers.
- Berg, E.A. (1948). A simple objective Test for measuring flexibility in thinking. *Journal of General Psychology*, 39, 15-22.
- Brouwer, W.H. ; Rothengatter, J. A., & Van Wolfelaar, P. C. (1992). Older drivers and road traffic informatics. In : H. Bouma and J.A.M. Graafman (Eds.). *Gerontechnology*. Amsterdam : IOS Press.
- Camus, J.F. (1998). L'attention. In C. Bonnet, J.F. Camus, P Craddock, D. Gaonac'h, A. Guerrien, S. Nicolas, J.M. Passerault, T. Ripoll, J.L. Roulin (Eds.). *Psychologie cognitive*. Rosny : Bréal éditions.
- Camus, J.F. (1996). *La psychologie cognitive de l'attention*. Paris : Armand Colin.
- Comalli, P.E., Wapner, S., & Werner, H. (1962). Interference effect of Stroop color-word test in childhood, adulthood and aging. *The Journal of Genetic Psychology*, 100, 47-53.
- Connelly, S.L., & Hasher, L. (1993). Aging and inhibition of spatial location. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 19, 1238-1250.
- De Ribeaupierre, A., & Ludwig, C. (2000). Attention divisée et vieillissement cognitif : différences d'âge dans cinq épreuves duelles de mémoire de travail. In : Brouillet & Syssau (Eds.). *Le vieillissement cognitif normal* (pp. 27-51). Bruxelles : De Boeck Université.
- Fabrigoule, C. (2001). Processus attentionnels, vieillissement et insécurité. In B. Laumon et P. Charnay-Collet (Eds) *Le véritable enjeu de l'insécurité routière : la victime*, actes N°81, 53-58 . les collections de l'INRETS : France.
- Gabaude, C. (2001). *Contribution à l'étude de la perception visuo-attentionnelle : exploration des effets du vieillissement et développement d'un outil d'aide au diagnostic et de suivi*. Université Claude Bernard - Lyon I, France, 247 pp.
- Giambra, L. M. (1993). Sustained attention in older adults : Performance and processes. In J. Cerella, J. Rybash, W. Hoyer, & M. L. Commons (Eds.), *Adult information processing : Limits on loss* (pp. 259-272). San Diego, CA : Academic Press.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs : Prentice-Hall.

- Kenemans, J.L., Smulders, F.T.Y., & Kok, A. (1995). Selective processing of two-dimensional stimuli in young and old subjects : electrophysiological analysis. *Psychophysiology*, 32, 108-120.
- Kirasic, K.C., & Allen, G.L. (1985). Aging, spatial performance and spatial competence. In N. Charness (Ed.), *Aging and human performance*. Chichester, John Wiley & Sons.
- May, C.P., Kane, M.J., & Hasher, L. (1995). Determinants of negative priming. *Psychological Bulletin*, 118, 35-54.
- 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, 267-280.
- McDowd, J.M., & Filion, D.L. (1992). Aging, selective attention and inhibitory processes : a psychophysiological approach. *Psychology and Aging*, 7, 65-71.
- Owsley, C., Ball, K., & Keeton, D.M. (1995). Relationship between visual sensitivity and target localization in older adults. *Vision research*, 35(4), 579-587.
- Plude, D.J., & Hoyer, W.J. (1986). Age and the selectivity of visual information processing. *Journal of the Psychology and Aging*, 1, 4-10.
- Pottier, A. (2000). Sources d'information internes et externes à l'habitable et distribution de l'attention en conduite automobile. *Rapport INRETS 231* (pp. 174). Paris : INRETS.
- Rabbitt, P.M.A. (1965). An age-decrement in the ability to ignore irrelevant information. *Journal of Gerontology*, 20, 233-236.
- Reitan, R.M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indication of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, 8, 271-278.
- Rogers, W. A. (2000). Attention and aging. In : D. C. Park and N. Schwarz (Eds.). *Cognitive aging : A primer* (pp. 57-73). Philadelphia : Psychology press, Taylor and Francis.
- Rogers & al. (1994)
- Salthouse, T.A. (1984). Effects of age and skill in typing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 113, 345-371.
- Salthouse, T.A., Fristoe, N.M., Lineweaver, T.T., & Coon V.E. (1995). Aging of attention : does the ability to divide decline ?. *Memory & Cognition*, 23(1), 59-71.
- Somberg, B.L., & Salthouse, T.A. (1982). Divided attention abilities in young and old adults. *Journal of experimental psychology : Human perception and performance*, 8(5), 651-663.
- Stroop, J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
- Tipper, S.P. (1985). The negative priming effect : Inhibitory priming by ignored objects. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 37A, 571-590.

- Tipper, S.P., & Cranston, M. (1985). Selective attention and priming : Inhibitory and facilitatory effects of ignored primes. *The Quarterly journal of Experimental Psychology*, 37A, 591-611.
- Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention, *Cognitive Psychology*, 12, 97-136.
- Van Elslande, P., & Alberton, L. (1997). Scénario-types de production de « l'erreur humaine » dans l'accident de la route, problématique et analyse qualitative. *Rapport INRETS, n°218*.
- Wickens, C.D. (1984). Processing ressources in attention. In : R. Parasuraman and R. Davies (Eds.). *Varieties of attention* (pp. 63-102). New-York : Academic Press.
- Withaar, F.K. (2000). Divided attention and driving, the effect of aging and brain injury. *Copy service Leeuwarden*.
-

Questions à Frédérique Obriot-Claudiel et Catherine Gabaude

Jean Foret : quelle était la consigne donnée pour les tests.

Frédérique Obriot-Claudiel : la première consigne testée était de « nommer la lettre de couleur rouge et inhiber la lettre de couleur verte ».

Jean Foret : à mon avis cette phrase ne présente aucun sens perceptible.

Frédérique Obriot-Claudiel : la deuxième consigne testée était : « essayer de lire les deux lettres, lisez-les dans votre tête et ne me dites que la rouge ».

Il n'y a pas de différence significative dans les réponses ou entre les réponses aux deux consignes.

Catherine Gabaude : il y a une phase d'identification de la lettre et nous avons mesuré un temps de réponse verbal dès que le nom de la couleur était prononcé.

Michel Pottier : vous avez fait la critique de votre expérimentation impliquant des piétons mais pourquoi n'avez-vous pas pris la même image, la plus simple, dans les situations statique et dynamique ?

Catherine Gabaude : les prises de vues avec un appareil photo et une caméra sont deux techniques différentes. Cependant, nous avons voulu garder la même excentricité du piéton par rapport à la croix de fixation et ce fut malheureusement au détriment du caractère identique de la vue fixe et de la vue vidéo.

Claudine Mélan : en ce qui concerne l'inhibition des lettres vertes et rouges, peut-on dire que les conducteurs les plus âgés n'ont pas réussi le test puisqu'ils n'ont pas inhibé ?

Catherine Gabaude : on peut seulement en conclure que le déficit d'inhibition que Conolly et Ascher avaient constaté du fait du vieillissement n'était pas marqué dans notre groupe de conducteurs âgés.

Frédérique Obriot-Claudiel : j'ai émis l'hypothèse pour le test statique que les sujets jeunes comme dans la tâche des lettres « zappaient » le piéton distracteur dont l'image n'était pas traitée mais non inhibée. Par contre, les sujets âgés feraient plus attention au piéton distracteur et auraient donc besoin d'inhiber ?

La salle : Je voudrais savoir quelle est la différence entre inhiber et ne pas voir car ne pas voir le piéton qui n'a pas l'intention de traverser est peut-être préférable.

Catherine Gabaude : c'est un peu la limite du paradigme utilisé. Après cette étude, en lisant la littérature scientifique, on s'est aperçu que pour les amorçages négatifs les paradigmes qui marchaient le mieux étaient ceux qui obligeaient les sujets à faire le traitement de la cible et du distracteur simultanément en utilisant des lettres emboîtées ou des figures imbriquées nécessitant un traitement supérieur.

4^{ème} partie

Vigilance, stress et santé dans les transports

Chronopsych-ergonomie de la charge de travail, du stress et de la vigilance : le cas des conducteurs de bus à la RATP

Philippe Queval
RATP-Paris
philippe.queval@ratp.fr

Résumé :

Les professionnels de la conduite des bus en réseau urbain constituent une population à risque du point de vue de la santé. En effet, outre les contraintes connues, spécifiques à la conduite en zone urbaine, ces conducteurs sont confrontés à des horaires alternants, aux risques d'agression (violence) spécifiques aux métiers de service (en contact avec le public) ainsi qu'à des contraintes de production importantes.

Depuis quelques années, la RATP a décidé de faire évoluer les aspects problématiques de l'activité de ces professionnels. Notre recherche de thèse s'insère dans cette dynamique et plus particulièrement sur les aspects relatifs aux rythmes de travail. C'est ce travail en l'état que nous présenterons ici.

Mots Clefs : vigilance, stress, conduite de bus, réseau urbain, psychoergonomie, travail posté.

Origines et enjeux de la recherche

Il existe aujourd'hui un consensus qui consiste à penser que le métier de conducteur de bus en zone urbaine est particulièrement stressant. Le rapport de 1993 du Bureau International du Travail (B.I.T.) situe ce métier parmi les huit plus stressants au monde¹.

La littérature scientifique indique que ces professionnels de la conduite sont exposés à une combinaison sévère de facteurs de stress professionnels. Outre les contraintes associées au travail posté, les conducteurs de bus doivent respecter les temps de parcours planifiés malgré les embouteillages (ce qui induit des pressions temporelles omniprésentes), assurer une relation de service optimale aux usagers/clients, gérer leurs comportements parfois agressifs, anticiper les comportements des autres usagers dans

¹ Pour information les 7 autres catégories de métiers sont: les travailleurs manuels (ouvriers à la chaîne notamment), les policiers, les infirmières, les employés des postes (tri manuel), les enseignants, les serveurs et les travailleurs sur écran.

l'environnement direct et indirect du bus (voitures, deux roues, piétons) ce qui nécessite pour le conducteur de bus de maintenir une attention soutenue malgré la fatigue à laquelle s'ajoute la contrainte de travailler en position assise la majeure partie du temps de travail.

Ces facteurs de stress ont des effets clairement identifiés : absentéisme élevé (Long & Perry, 1985), hauts niveaux de désordres psychosomatiques, cardiovasculaires, musculo-squelettiques et gastro-intestinaux (Evans, 1994 ; Rydstedt, Johansson & Evans, 1998 ; Winkleby, Ragland, Fisher & Syme, 1988). Ceci induit de hauts taux de morbidité et de mortalité selon le B.I.T.

Les conducteurs de Bus à la RATP, appelés machinistes-receveurs constituent un corps social, un métier composé de près de 12000 agents qui constitue plus du quart de l'entreprise. Les machinistes n'échappent pas à ces facteurs de stress et aux atteintes sur la santé évoqués précédemment.

Or il y a là un enjeu socio-économique de taille (chaque année à la RATP ce sont près de 10 % de ces 12000 agents qui sont en indisponibilité (inaptitude) provisoire et/ou définitive.

Depuis le début des années 1990, la RATP mène des travaux sur ce métier avec comme objectif d'identifier des leviers d'action permettant d'agir sur les facteurs d'atteintes de la santé.

Ces travaux ont permis une prise de conscience du département BUS de la nécessité d'engager des chantiers d'évolution des fondamentaux du métier.

Un projet d'entreprise intitulé " Evolution du métier de machiniste-receveur" a débouché sur la mise en place de groupes de travail ayant pour objectif d'opérationnaliser, d'expérimenter des évolutions socio-techniques potentielles du métier.

Notre travail de thèse s'inscrit dans ce contexte d'évolutions du métier de machiniste. Les évolutions en matière d'organisation du temps de travail nous concernent plus particulièrement. Il s'agit d'une expérimentation ayant pour thématique " l'adaptation des rythmes de travail aux rythmes de travail " ou plus simplement appelée expérimentation sur les choix de service (ou encore " horaires à la carte ").

Une des pistes explorées est la possibilité de laisser le choix aux machinistes de travailler sur un type d'horaire particulier (choix entre services du matin, d'après-midi), en deux fois (1ère partie du service le matin et 2nde partie l'après-midi) et de nuit.

Jusqu'à présent les machinistes travaillaient en horaires alternants sans avoir la possibilité de choisir un service particulier. En réalité les machinistes ont fréquemment recours à une bourse d'échange des services officieuse leur permettant de travailler ponctuellement sur un autre service que prévu sur la grille de roulement.

Il faut ajouter que les machinistes sont divisés en trois sous-catégories qui correspondent à des statuts et à des contraintes horaires différentes :

- Les machinistes en roulement : machinistes qui sont affectés à une ligne et qui sont en roulement horaire (alternance de poste du matin,

de l'après-midi et de soirée) connu un an à l'avance. On accède à ce statut, si on le souhaite au bout de quelques années de service en tant que hors-ligne.

- Les machinistes hors-ligne : machinistes affectés à un centre et qui travaillent sur plusieurs lignes. Ils ne connaissent leurs horaires de travail que 48 heures à l'avance. Il s'agit en général de machinistes qui débutent dans le métier. Il faut noter tout de même que certains machinistes restent volontairement hors-ligne pour éviter la " routine " consistant à travailler en permanence sur une seule ligne.
- Les assureurs : machinistes expérimentés en général, qui connaissent bien les lignes d'un centre qui ne connaissent leurs horaires que 24 heures à l'avance. Ces machinistes sont habilités à travailler sur plusieurs lignes du centre. Il s'agit d'agents volontaires. Ces assureurs constituent une sorte de pool de remplacement permettant d'assurer des services en cas d'absence d'un machiniste.

Une question qui se pose est celle de l'impact du choix de travailler uniquement le matin, l'après-midi, la nuit ou en deux fois, sur la tolérance individuelle au travail posté et la performance au travail dans ce métier.

Problématique de recherche

La problématique sur laquelle nous travaillons est celle des relations entre vigilance et stress dans la conduite des bus en réseau urbain.

La conduite : une activité complexe

La conduite automobile est une activité qui a fait l'objet de nombreux travaux de recherche en psychologie. Mais il faut noter que ces travaux s'inscrivent dans le champ de la psychologie cognitive et sont le plus souvent des études réalisées sur simulateur ou sur des conducteurs non professionnels ou dans des conditions qui n'ont plus grand chose à voir avec des situations de conduite réelle.

Les études sur des situations de conduite réelle et en ce qui nous concerne sur la conduite de bus en réseau urbain sont beaucoup plus rares. Les études existantes, réalisées pour la plupart en Amérique du Nord et en Europe de l'Est sont basées quant à elle sur une conception très anglo-saxonne (human factors) du fonctionnement humain : plus axés sur les déterminants individuels, psychologiques de la santé et du stress (Evans & Carrère, 1991 ; Rydstedt, Johansson & Evans, 1998, Gulian & al., 1989) et de la fatigue (Milosevic, 1997) de ces professionnels de la conduite.

Selon Van Elslande (2001), malgré la simplicité apparente qui ressort du fonctionnement en grande partie " automatisé " du conducteur (une grande partie des habiletés nécessaires à la conduite sont en effet automatisées par apprentissage ; l'automatisme des actions permet de se focaliser sur d'autres aspects que les gestes techniques nécessaires à la mise en marche du véhicule).

Cette complexité tient dans le fait que les situations que rencontrent les conducteurs comportent de multiples variables en interaction, une dynamique temporelle, des objectifs peu clairs et parfois conflictuels (De Keyser, 1988)

En effet, conduire un véhicule peut être considéré comme une activité en situation dynamique complexe, une activité de contrôle de l'action (Lourens, 1990) qui nécessite la mise en œuvre de fonctions sensorielles, cognitives et motrices se traduisant par un comportement qui se doit d'être adapté aux diverses situations rencontrées dans le système routier. (Berthelon & Nachtergaële, 2001.)

Or comme le souligne Saad (1987), une composante de base du système routier est sa grande diversité qui tient à plusieurs facteurs qui sont les suivants :

- Spécificités des environnements traversés.
- Comportement des autres usagers de la route.
- Opérateurs de conduite eux même qui ont des degrés d'expérience et de familiarité à certains lieux très variables, ce qui implique des comportements différents. Mais cette variabilité du conducteur est dépendante de son état psycho-physiologique (fluctuation circadienne de la vigilance, fatigue).

L'activité de machiniste-receveur : un cas particulier

La conduite n'est pas la seule dimension de l'activité du machiniste. Ce dernier est en effet soumis à un certain nombre de règles de production qui encadrent son travail : horaires stricts de travail, tableau de marche induisent des tensions mais aussi les insatisfactions de la profession.

Les horaires de travail plus ou moins irréguliers sont vécus comme pénibles. L'alternance de journées de travail et de repos qui en résulte, en plus de l'instabilité du calendrier des prises de service, conduisent les machinistes à devoir rompre avec les normes traditionnelles de vie : les prises de repas, l'endormissement, la vie affective sont autant de moments perturbés favorisant les problèmes de santé, de couple (le divorce est souvent avancé comme une menace constante, presque fatale, et inhérente à la profession) voire d'inaptitude au travail (Weller, 1995).

Contraintes de conduite, contraintes d'exactitude, contraintes relationnelles s'exercent de façon plus ou moins forte sur le machiniste, selon l'état du trafic, la souplesse des cadences ou l'humeur des populations à desservir.

Une activité de service à part entière.

La dimension activité de service est problématique dans le métier de machiniste-receveur. Ce n'est que récemment que la RATP a été contrainte de s'interroger sur cet aspect du métier. Contrainte car l'agression (comme relation de service dégradée) est devenue la première cause d'accident du travail et d'arrêt maladie à partir des années 1990 à la RATP.

Selon Caroly, un facteur de stress dans les activités de service est l'imprévisibilité. L'auteur distingue 4 formes d'imprévisibilité :

- l'imprévisibilité temporelle : les demandes arrivent à un moment quelconque, ce qui rend difficile la planification des tâches. L'activité est hachée par l'arrivée des demandes.
- l'imprévisibilité qualitative : la complexité des problèmes posés est extrêmement variable, allant du problème routinier immédiatement identifiable et soluble au problème complexe qui va nécessiter un degré de mobilisation plus important;
- l'imprévisibilité de la charge de travail (au sens usuel) : ceci résulte de la combinaison des deux facteurs précédents. Il peut y avoir des phases avec peu de demandes et des questions simples et des phases où inversement les demandes seront nombreuses et les problèmes complexes.
- l'imprévisibilité de la charge émotionnelle : dans certains cas, si une personne se présente, c'est qu'elle est elle-même embarrassée par une difficulté, qu'elle cherche à résoudre. Elle veut donc une réponse rapide. Ces situations se caractérisent ainsi par un stress qui n'est pas seulement généré par le problème à traiter (comme par exemple dans la supervision de processus), mais aussi transféré par l'interlocuteur.

Contradictions entre exigences du travail

Selon Carolly & Falzon, le personnel en contact avec le client est amené à gérer des conflits intrapsychiques (Langeard & Eiglier, 1994). Les agents se trouvent à l'intérieur de deux systèmes d'objectifs souvent opposés. Ils doivent satisfaire à la fois l'intérêt du client et celui de l'entreprise. Ils sont tiraillés entre des logiques parfois contradictoires et doivent trouver des compromis. Par exemple, les caissières d'hypermarché doivent à la fois vendre et contrôler le client (Prunier & Poète, 1995), les guichetières de la Poste doivent à la fois vendre des produits et accueillir un public en situation de précarité (Caroly & Scheller, 1999).

Les machinistes eux doivent à la fois conduire en respectant les butées temporelles, les délais, assurer la sécurité et vendre les tickets, renseigner les usagers clients, gérer leur mécontentement dont ils font l'objet dans la mesure où ils sont les seuls représentants de l'entreprise pour le public.

L'activité de relation de service se caractérise par trois dimensions : une partie technique, une partie relationnelle et une autre contractuelle (Goffman, 1973). L'analyse des verbalisations dans ces métiers montre d'après Caroly & Scheller (1999), que la situation de stress s'élabore dans la gestion de la relation au client, notamment par un conflit au niveau du contrat.

Nous avons vu que l'activité de machiniste-receveur est composée de trois dimensions qui sont en interactions : conduite, production, activité de service. A cela il faut ajouter le contexte organisationnel. Les machinistes-receveurs sont des travailleurs postés, soumis à des horaires alternants irréguliers continus. C'est sur ce dernier point que nous avons souhaité travailler en particulier. Les horaires de travail ont des effets connus dans la littérature sur l'efficacité au travail, la performance et la santé.

Travailler au cours des 24 heures : variabilité des modes opératoires.

De nombreux travaux attestent des variations comportementales intra-individuelles (un même opérateur à différents horaires) et inter-individuelles. Les opérateurs ne sont pas passifs quant aux effets des contraintes d'un poste, à un horaire donné. Il régule ces contraintes en adaptant leurs modes opératoires aux contraintes qu'ils perçoivent.

Cette adaptation consiste en une réorganisation de l'activité de travail perceptible à deux niveaux : d'une part les opérateurs semblent travailler différemment selon la position du poste sur les 24 heures et notamment de jour et de nuit (Barthe, 1999). D'autre part, à l'intérieur d'un même poste les opérateurs travailleraient différemment selon l'horaire de travail (effet du moment) et/ou la durée du poste (effet d'accumulation).

Ces variations indiquent que les opérateurs ne sont pas passifs quant aux effets des horaires sur leur activité. On peut véritablement parler d'ajustement des opérateurs aux contraintes de leur activité en fonction de leur état psychophysiologique et du diagnostic qu'ils en font. Ce diagnostic (ou couplage) est fondamental dans l'ajustement de l'opérateur aux contraintes de son activité et sa performance.

Il y a donc une double composante. D'une part, les exigences de la tâche et donc les conditions de réalisation de l'activité qui ne sont pas identiques entre les types de postes (matin, après-midi, soirée, nuit) et selon le système de rotation horaire. D'autre part, l'état psychophysiologique varie d'un opérateur à un autre pour un même poste (variabilité inter-individuelle) et pour un opérateur au sein d'un poste (variabilité intra-individuelle).

Ceci va dans le sens du modèle de l'activité de Leplat et Cuny (1984). L'activité est le résultat d'une interaction entre les exigences de la tâche et les caractéristiques de l'opérateur (facteurs internes), y compris les fluctuations de son état physiologique.

De même Gadbois et Quéinnec (1984), qui s'inspirent de ce modèle ont formalisé quelques facteurs susceptibles de moduler l'impact des rythmes biologiques de l'organisme sur l'activité de travail. Pour ces auteurs, l'activité est le résultat d'un compromis que fait l'opérateur entre les exigences de la tâche et son propre état. Elle est également influencée par les facteurs de mobilisation de l'opérateur et se répercute directement sur la performance et sur le coût pour l'opérateur.

Le coût pour l'opérateur à court terme est la fatigue, une baisse de l'efficacité au travail, de la performance globale. Pour l'entreprise il s'agit d'une augmentation des facteurs de risques pour les biens et les personnes. A moyen et long terme le risque pour les opérateurs soumis aux horaires postés ou atypiques est d'entrer dans un processus de déconstruction de la santé : désorganisation des rythmes circadiens, troubles du sommeil, qui a des effets sur les pathologies gastro-intestinales, cardio-vasculaires, psychologiques, etc.

Vigilance, stress et régulation

L'existence de fluctuations des capacités psychophysiologiques au cours des 24 heures est un fait incontesté aujourd'hui. Ces fluctuations ont des effets sur la sphère biologique (rythmes biologiques) et sur la sphère psychologique, comportementale (rythmes psychologiques).

L'état d'un opérateur à un moment donné est le résultat d'un jeu d'influence entre trois types de déterminants (Andorre-Gruet, 1997 ; De Vries-Griever et Meijman, 1987) :

- des facteurs de risques internes à l'opérateur,
- des facteurs de risques liés en particulier aux horaires de travail décalés,
- des facteurs de risques externes issus de l'environnement.

Dans le cas d'horaires irréguliers ou décalés ces facteurs de risque sont susceptibles de provoquer :

- à court terme : une détérioration de la performance et une accumulation de la fatigue qui impliquera un effort supplémentaire de la part de l'opérateur
- à plus ou moins long terme : de la fatigue chronique, une déconstruction de la santé.

Cependant les caractéristiques de l'opérateur (âge, expérience, habiletés, etc.) de la tâche sont susceptibles d'intervenir et de jouer le rôle de médiateur dans ce jeu d'influences.(Gadbois & Quéinnec, 1984).

Ceci signifie que les capacités fonctionnelles de l'opérateur varient au cours du nyctémère. Mais, cela ne signifie pas forcément qu'un opérateur est moins à même d'assurer ses fonctions à certains moments des 24 heures (Andorre-Gruet, 1997). Les opérateurs ne subissent pas passivement les rythmes auxquels ils sont soumis. Pour réaliser leur activité, les opérateurs ont recours à des processus de régulation ou à des modes opératoires différents, mieux adaptés à leurs capacités fonctionnelles du moment. De fait, un " opérateur dont l'organisme est dans une phase circadienne de moindre efficacité n'est pas forcément un opérateur non performant ou défaillant. "(Gadbois, 1990).

Les fluctuations de l'état de vigilance perçu ainsi que le stress ressenti sont susceptibles de permettre à un opérateur en activité de modifier ses représentations de l'activité en cours afin de s'y adapter. Il s'agit donc de représentations pour l'action.

Ceci est cohérent avec la conception de la vigilance établie par Koella (1985). Cette conception défend que " la vigilance est l'indicateur d'un niveau de préparation de l'organisme à répondre par un comportement adapté à une classe particulière de stimulus externes et/ou internes" (Koella, 1985). Cette définition apporte quelque chose de nouveau en ce sens que les stimulus n'ont plus pour origine que l'environnement mais aussi l'état du sujet. L'état du sujet lui-même, en dynamique avec l'environnement mais aussi la nature de la tâche jouent un rôle sur l'évolution de la vigilance.

Tout opérateur doit donc à la fois gérer sa propre variabilité mais également les contraintes de la situation (Quéinnec & al. 1983). Cette gestion passe par

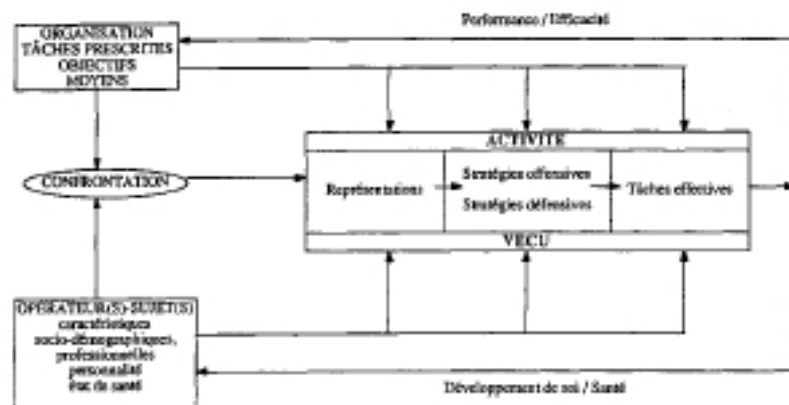
une activité de régulation qui s'exprime au travers de variations quantitative et qualitative de l'activité (Quéinnec et al., 1991).

Ceci signifie que les opérateurs ne subissent pas passivement les contraintes horaires et chronobiologiques en faisant varier leurs modes opératoires en fonction des buts poursuivis et des ressources.

Mais comme le souligne Daniellou (1992), cela dépend pour partie des marges de manœuvre dont dispose l'opérateur pour mettre en œuvre ces processus de régulation. Les caractéristiques de la situation de travail, de l'activité, de la tâche (flexibilité) sont donc des variables dont il faut tenir compte.

Selon Monk (1990), Andorre-Gruet (1997), l'amointrissement de l'efficacité, de la baisse de la vigilance de l'opérateur au travail ne sont pas simplement le fait des horaires décalés. D'autres facteurs tels que le stress, la pression temporelle, l'état de santé sont susceptible de participer à cet amointrissement.

De même le modèle de Vaxévanoglou va dans le sens de notre conception. L'auteur qui s'appuie sur une conception psychoergonomique du stress avance l'idée que la confrontation inhérente à toute situation de travail entre d'une part un opérateur-sujet et d'autre part l'organisation et les caractéristiques de la tâche induisent une confrontation inévitable. Cette confrontation générerait des représentations qui ont des effets sur l'action (coping), sur la tâche effective qui sont à l'intersection de l'activité (telle qu'on peut l'observer) et le vécu au travail. Ce système a des effets en feed-back sur l'opérateur sujet et l'organisation (cf. schéma suivant)



De fait nous pensons que nous pouvons parler de variations ultradiennes des représentations pour l'action qui seraient dépendantes de la rencontre entre :

- Les rythmes naturels circadiens de la vigilance
- Les rythmicités ultradiennes de la vigilance qui seraient dépendantes de la confrontation (fatigue) avec les exigences de la tâche et plus largement de l'activité

— Le stress généré par l'activité

Selon Mollard, la fatigue peut en effet apparaître même chez des opérateurs ne présentant pas au préalable de déficits de sommeil et faisant preuve d'un niveau d'éveil élevé mais soumis à une activité intense et notamment cognitive comme dans l'activité de machiniste receveur.

Par ailleurs la diminution du niveau d'éveil est susceptible de constituer un état contre lequel le sujet est amené à lutter, à fournir un effort. Cette "auto-activation" peut constituer une source de fatigue supplémentaire.

A cela s'ajoute que les machinistes-receveurs ont des responsabilités importantes qui nécessitent un niveau de vigilance élevé quasiment prescrit par l'entreprise. Foret (1992) insiste sur le fait qu'une tâche nécessitant un niveau de vigilance élevé et mettant en jeu la responsabilité du travailleur, ne doit pas être effectuée par un opérateur seul durant de longues heures de nuit ou après un repos insuffisant. D'une certaine manière le machiniste bien qu'entouré d'usagers est paradoxalement seul.

Il est donc intéressant de nous interroger sur les relations entre vigilance et stress dans la mesure où nous pensons que leur rencontre influence l'efficacité au travail ainsi que les processus de santé.

Notre problématique se résume donc ainsi :

Quel est le rôle de la vigilance et du stress et de leurs relations sur l'efficacité dans l'activité de conduite des bus en réseau urbain ?

Population et Méthodologie

La population à laquelle nous nous intéressons est celle des machinistes-receveurs. Cependant au cours des deux phases que nous avons mis en place les échantillons diffèrent.

Nous avons procédé en deux phases :

- Une phase de caractérisation d'un échantillon de la population de machiniste (N=175) répartis sur 3 centres de la région Parisienne (1 centre Parisien et deux centres de banlieue). Pour effectuer cette caractérisation nous avons utilisé une batterie de questionnaires. Ceci nous a permis d'avoir une « photographie » de cet échantillon.

Le questionnaire était constitué :

- d'une page de recueil d'informations sur les caractéristiques socio-démographiques, socio-professionnelles et organisationnelles du métier de machiniste-receveur ;
- du QERDOPS (*Questionnaire d'Evaluation des Représentations des Déterminants Organisationnels et Psycho-Sociaux de l'activité*) de X.Vaxévanoglou qui a été légèrement modifié. *Ce questionnaire évalue les représentations qu'ont les opérateurs des caractéristiques centrales de leur activité (relations et interactions avec la hiérarchie, les dimensions organisationnelles (contraintes temporelles, charge de travail, conditions d'exécution des tâches, les facteurs de risques, les relations avec les usagers), les représentations de leur propre rapport*

avec la situation du point de vue opérationnel, les relations sociales et opérationnelles avec les collègues), le sens que donne l'opérateur à son travail et à son utilité dans la situation (sens et rôle).

- du MEQ (Morningness Eveningness Questionnaire de Horne & Oestberg) qui évalue le degré (en 5 niveaux) de matinalité/vespéralité) qui joue un rôle important dans l'adaptation à certaines formes d'horaires ou de changement d'horaires.
- de l'échelle WCC (Way of Coping Check-list) adaptée à notre problématique centrée sur l'activité réelle de travail. Elle évalue les stratégies de régulation du stress et des émotions ressenties au cours de l'activité par un opérateur.
- des questions relatives aux TMS (Troubles Musculo-Squelettiques) ainsi qu'à la santé générale (physique, psychique, cognitive, physique) et les conduites de compensation (médicaments, alcool, etc.). Ces questions sont extraites du questionnaire INRS d'évaluation des facteurs de risques impliqués dans les TMS.

Cette batterie de questionnaires a permis de constituer une base de données sur les machinistes avant la phase d'analyse de l'activité de machiniste-receveur.

- Une phase d'analyse de l'activité, du système travailleur x travail, dans le sens défini par Leplat (1980), c'est à dire la tâche ou la mission, les contextes et conditions dans lesquelles elles se déroulent et l'activité dans ses aspects observables et les mécanismes qui la sous-tendent. Le machiniste-receveur est ici " étudié " sous l'angle des réalisations effectives et de ce qui les sous-tend et sous l'angle des représentations et du vécu de son travail. Notre approche met au premier plan l'étude de l'activité des conducteurs en situation réelle de conduite. Il s'agit là pour nous d'une condition de base pour appréhender le caractère complexe et dynamique de l'activité de conduite, ainsi que sa dimension éminemment contextuelle. Nous considérons en effet avec Theureau que la conduite se construit pour une large part en fonction des circonstances, ces dernières ne pouvant jamais être totalement anticipées et changeant constamment.

Ce travail s'inscrit par ailleurs dans le champ de la chronopsychologie-ergonomie c'est-à-dire à l'étude des variations circadiennes, ultradiennes des processus psychologiques en œuvre dans la réalisation de l'activité. Les processus étudiés ici sont notamment la vigilance auto-estimée et le stress ressenti et leurs relations.

Les analyses de l'activité de machiniste-receveur (N=40) ont été réalisées sur différents horaires (matin, après-midi, soir, nuit).

Les critères analysés étaient les suivants :

- Activité de conduite
- Activité de service et interactions clients
- Les comportements au travail (activités collatérales, postures et changements, autres comportements)

- En parallèle évaluation en dynamique de la vigilance et du stress ressenti. Auto-estimations à l'aide d'outils : RAS et échelle analogique de stress.

A ce jour, le recueil des données issues de la batterie de questionnaires a permis d'identifier certains déterminants de la santé et de les mettre en relation avec des caractéristiques centrales du métier (cartographie santé). Les analyses de l'activité sont presque terminées. Nous présenterons des éléments du questionnaire santé.

Principaux résultats issus du questionnaire

Nous avons recueilli 175 questionnaires sur environ 500 envois (35 % de retours). Les caractéristiques générales de cet échantillon sont significativement représentatives de la population totale de machinistes : profession très masculinisée (environ 93 % d'hommes), la majorité des machinistes ont entre 30 et 40 ans (environ 78 %), etc.

Nous avons pu ainsi collecter un ensemble de données permettant de caractériser l'échantillon d'étude et de montrer que :

- Les machinistes ont une perception plutôt négative de certaines dimensions organisationnelles, parmi lesquelles on retiendra :
 - des contraintes temporelles perçues comme fortes: rythmes de travail élevés, manque de temps pour réaliser le nombre de tours prévus, impossibilité de contrôle sur la cadence de travail.
 - une charge de travail perçue comme élevée: impression de faire le travail de plusieurs personnes, une quantité de travail estimée comme importante, des temps de pause jugés insuffisants pour récupérer de la fatigue.
 - des conditions d'exécution des tâches difficiles: simultanéité des tâches, nécessité de prendre des décisions rapidement sous contraintes temporelles.
 - les risques auxquels ils sont soumis dans leur activité: agressivité verbales essentiellement des clients, et des relations avec les usagers. A cela s'ajoute les risques qu'ils perçoivent pour leur intégrité physique et mentale.
 - Les relations et les interactions avec la hiérarchie sont perçues elles aussi négativement essentiellement par les [20;25], [26;30] et les [46;50].
- En ce qui concerne la typologie matin/soir, la tendance à être du matin devient dominante lorsque l'âge augmente ($r=0.20$). C'est-à-dire que, plus on vieillit et plus on a tendance à être dans de bonnes conditions psychophysiologiques pour le travail du matin. Une majorité de la population est "plutôt matinale".
- L'analyse des troubles musculo-squelettiques auto-estimés (douleurs ressenties par les machinistes au cours des 12 derniers mois) a montré que les zones les plus touchées sont dans l'ordre le bas du dos, la nuque, le haut du

dos. Viennent ensuite les épaules, les genoux, les hanches/cuisses, puis les chevilles/pieds. Les autres membres (poignets, coudes ne semblent que très peu touchés). Il s'agit ici de douleurs chroniques. Il faut noter cependant que peu de ces douleurs ont entraîné une incapacité de travail du machiniste.

- Concernant la santé perçue : les aspects les plus marqués sont la tension (maux de tête en fin de journée de travail, sensation de tension/crispation, sensation d'être mal à l'aise), les symptômes musculaires (douleurs et courbatures musculaires). Enfin les troubles du sommeil, difficultés d'endormissement, mauvaise qualité de sommeil avec fatigue au réveil, sommeil interrompu et nuits agitées, sont fréquemment évoqués par les machinistes. L'humeur est marquée par de l'anxiété. Les troubles des fonctions cognitives moins fréquents se manifestent par une concentration difficile et des troubles de la mémoire. Enfin, concernant les troubles neuro-végétatifs on note dans l'ordre des brûlures d'estomac, des sensations d'avoir l'estomac noué, enfin des coliques ou douleurs abdominales.

Hypothèses de recherche : les relations entre vigilance, stress et régulation.

Les analyses du questionnaire ainsi que des analyses préliminaires de l'activité ont permis de dégager des hypothèses que nous sommes en train de tester grâce à une approche chronopsychoeconomique.

Préambule :

Nous ne sommes pas égaux face aux effets des horaires. Cela repose sur deux réalités : d'une part, il existe une variabilité intra et interindividuelle concernant les effets des horaires sur la santé ; d'autre part, il existe une charge spécifique induite par un horaire particulier. De fait on ne travaille pas de la même façon :

- d'un opérateur à l'autre sur un même type horaire
- sur des horaires différents pour un même opérateur

Cela signifie que pour travailler, un opérateur met en place des stratégies de régulation des contraintes spécifiques à un poste donné en faisant varier ses modes opératoires pour réduire l'astreinte (stress, tension, fatigue, etc.)

Nous pensons que pour mettre en place ces stratégies de régulation, un opérateur fait une auto-évaluation en continu de son propre état. Dans ce processus et dans ce métier la vigilance, le stress et leurs relations sont centrales (représentations pour l'action).

De ces relations dépend selon nous la santé des opérateurs qui se pose en terme de construction et de déconstruction.

Hypothèse 1 :

La vigilance et le stress sont des processus en relation constante au cours de l'activité et permettent à un opérateur de se représenter son propre état interne (astreinte/ressources) et donc de s'adapter aux contraintes de l'activité

compte tenu du but à atteindre en mettant en place une variation des modes opératoires.

Hypothèse 2 :

Les horaires du matin et de nuit sont plus difficiles que les autres horaires.

Certains opérateurs sont plus à même de gérer ces contraintes que d'autres.

Hypothèse 3 :

Plusieurs pistes d'investigation concernant les relations entre vigilance et stress

Si stress ↗ la vigilance ↗ (*mobilisation*)

Si stress ↗ la vigilance ↘ (*usure/fatigue*)

Si stress ↘ la vigilance ↘ (*démobilisation*)

Si stress ↘ la vigilance ↗ (*attention*)

Finalités de la recherche :

Avec cette approche chronopsychologique-ergonomique des relations entre vigilance et stress nous visons plusieurs objectifs :

Pour la recherche :

- Ces analyses nous permettront d'avancer sur notre compréhension des mécanismes psychologiques impliqués dans l'activité de conduite (stress, vigilance, régulation, contraintes/astreintes) et les processus de santé.
- De mieux comprendre le statut des processus comme le stress et la vigilance, leurs relations, leurs impacts sur l'activité, la régulation de la charge de travail (émotionnelle/psychique et mentale) et la santé (construction/déconstruction) et ce dans une optique organisationnelle, temporelle (travail posté).

Pour la RATP :

- Caractériser le métier de conduite sur des variables fondamentales : le stress et la vigilance. Et avancer ainsi sur la compréhension des processus en jeu.
- Identifier des critères de gestion des opérateurs/sujets en tenant compte de leurs spécificités et de celle des postes.
- Avoir des repères concernant les risques psychosociaux intégrables au document unique (plan annuel de prévention des risques)

Bibliographie

Andorre-Gruet V., (1997). Approche chronopsychologique de la prise de poste et de la surveillance d'un processus dynamique continu, Thèse de doctorat nouveau régime, Université Toulouse II, 202p.

- Andorre-Gruet V., Barthe B., Cascino N., Quéinnec Y., Valax M.-F., Verdier F., (1998) Approche pluridimensionnelle des régulations temporelles du couplage individu-environnement de travail; exemple de la variabilité des plages horaires effectives en milieu ferroviaire, In Actes du XXXIII^e Congrès de la SELF "Temps et Travail", pp.79-88
- Barthe B., (1999), Gestion collective de l'activité de travail et variation de la vigilance nocturne: le cas d'équipes hospitalières de travail en poste de nuit longs.. Doctorat d'Ergonomie, Université Toulouse le Mirail, (dirigé par Y.Quéinnec).
- Evans,-Gary-W., Carrere,-Sybil, (1991), Traffic congestion, perceived control, and psychophysiological stress among urban bus drivers, *Journal-of-Applied-Psychology*, Oct., 76(5), 658-663.
- Evans G.-W., Johansson G., (1998), Urban bus driving : an international arena for the study of occupational health psychology, *Journal of occupational health psychology*, apr, 3(2), 99-108.
- Milosevic S., (1997), Driver's fatigue studies, *Ergonomics*, Mar, 40(3), 381-389.
- Ponnelle S., Vaxevanoglou X., (1999), Ajustement au stress et santé au travail, Actes du XXXIV^{ème} Congrès de la S.E.L.F. – Caen, 15-17 Septembre 1999.
- Rydstedt,-Leif-W.; Johansson,-Gunn, (1998), A longitudinal study of workload, health and well-being among male and female urban bus drivers, *Journal-of-Occupational-and-Organizational-Psychology*, Mar; 71(I), 35-45.
- Rydstedt,-Leif-W.; Johansson,-Gunn; Evans,-Gary-W., (1998), The human side of the road: Improving the working conditions of urban bus drivers, *Journal-of-Occupational-Health-Psychology*, 1998, 3(2), 161-171.
- Vaxevanoglou X., Ponnelle S., (1999), Déterminants de l'activité de santé psychique au travail, Actes du XXXIV^{ème} Congrès de la S.E.L.F. – Caen, 15-17 Septembre 1999.
- Vaxevanoglou X., (1999), Déterminants organisationnels et psychosociaux, activité de travail et santé psychique au travail, Presses Universitaires du Septentrion, Lille, 316p.

Questions à Philippe QUEVAL

La salle : comment estimez-vous l'activité de conduite et les activités collatérales ?

Philippe Queval : je vais utiliser chronos, un logiciel d'analyse de l'activité.

Jean Foret : quel était le sexe ratio de votre population ?

Philippe Queval : dans la population générale de machinistes, les femmes sont pratiquement absentes, mais elles sont actuellement en progression dans un nouveau recrutement. En gros, il y a 7 % de femmes sur un échantillon national.

Jean Foret : il ne s'agit pas d'une question méthodologique et j'imagine que, si les femmes ne comptent pas, cela a peut-être une signification intéressante.

Philippe Queval : une thèse a été écrite qui sur cette question montre effectivement des freins à l'intégration des femmes dans ces métiers-là. Celles qui sont intégrées sont en général des femmes qui ont soit un père soit une mère déjà machiniste, depuis les années 80.

Par rapport aux différentes phases d'intégration possible des femmes machinistes, ce travail démontre qu'à chaque étape, il y a des freins. Par exemple, certains tests de recrutement basés sur l'évaluation de la force ne permettent pas de faire rentrer des femmes. Dans le domaine de la formation, il y a aussi quelques problèmes qui sont plus délicats par exemple au niveau relationnel ; comme ce sont des hommes qui en général sont les formateurs, ce sont eux qui décident, ce qui peut aboutir à l'élimination des femmes.

Jean Foret : en ce qui concerne les carrières Ghislaine Tirilly, dans sa thèse écrit qu'on ne vieillit pas ou très rarement marin pêcheur. Dans le tableau de carrière des machinistes, est-ce que l'on reste longtemps machiniste, car j'imagine qu'à la RATP on est très protégé du point de vue social et que le renoncement au métier peut en indiquer la dureté, l'acceptabilité.

Philippe Queval : jusqu'à présent le machiniste reste machiniste à moins de préparer le concours du métro pour travailler dans des conditions plus mauvaises.

Jean Foret : il est difficile de comparer le travail du machiniste et celui du marin-pêcheur, métier particulièrement dur.

Philippe Queval : il y a actuellement une exploration sur ce que l'on appelle « l'alternative courte à la conduite » ; c'est la possibilité de faire des pauses par rapport au métier sur un temps donné, par exemple la semaine pendant laquelle le machiniste va s'arrêter pour faire un autre métier. Par ailleurs, en relation avec l'âge, on peut différencier des catégories professionnelles : au

début le machiniste tourne sur l'ensemble des lignes de son centre de bus et sur l'ensemble des horaires ; ensuite, à un stade supérieur il peut devenir agent de complément qui ne fait des roulements que sur les horaires et se trouve attiré à une ligne, la catégorie des « assureurs » étant ceux qu'on prévient la veille ou le jour même pour leur dire « il y a quelqu'un qui ne peut pas être là, venez le remplacer ». Ces derniers sont en général les plus expérimentés. Mais actuellement, dans la majorité des cas quand on est machiniste, on reste machiniste.

Michel Pottier : vous avez insisté deux fois sur les troubles du sommeil et vous avez aussi parlé des troubles neuropsychiatriques (dépression etc...). Il y a probablement une relation entre la dépression et les troubles du sommeil que vous avez bien noté et peut être un cycle dépression/anxiété. Dans les enquêtes par questionnaires avez-vous posé le problème de la prise d'anxiolytiques, d'hypnotiques, de drogues psychotropes qui en définitive aggraverait les choses ?

Deuxième question en rapport avec la précédente : puisque vous avez étudié l'actimétrie pendant la tâche, avez-vous laissé l'actimètre pendant le sommeil de nuit de ces machinistes, car de cette façon auriez-vous peut-être déjà une image relativement grossière de leur nuit de sommeil et ses perturbations, par exemple la fragmentation de leur sommeil.

Philippe Queval : ce qui est prévu c'est de régler l'actimètre sur une période donnée pour pouvoir mesurer aussi leur activité de repos de nuit.

A la RATP on peut supposer que des machinistes prennent des psychotropes mais c'est une faute professionnelle grave et un motif de renvoi puisqu'il s'agit de la sécurité.

Michel Pottier : en cas d'accident grave, il serait peut-être souhaitable de pratiquer des prélèvements biologiques.

Horaires de travail, variations de la vigilance et risques d'accidents dans le domaine maritime

Ghislaine Tirilly & Jean Foret

Laboratoire Travail et cognition, UTM, Toulouse

redghis@wanadoo.fr

jeanm.foret@laposte.net

Introduction

Malgré des progrès considérables réalisés en terme de réglementations, au plan national (inspecteurs du travail, prévention des risques professionnels¹,...) et international (application du code ISM : *International Safety Management*,...), mais aussi de conception des navires (Andro & Leroy, 1990 ; Chauvin, Dorval, & Binot, 1995), navigation par satellite, ordinateurs de bord,...), le métier de marin reste dangereux comme le montrent les statistiques (fréquence et gravité des accidents maritimes). Les derniers naufrages comme celui de l'Erika (12/99) ou du levoli Sun (10/00) ont ravivé la question de la sécurité dans le domaine maritime. Suite à ces catastrophes, les préoccupations en matière de sécurité maritime se sont orientées vers la sûreté des navires (navires à double coque,...) et la protection du milieu marin laissant en arrière plan la question de l'homme au travail. Pourtant, selon le rapport annuel 2001 du BEA-mer², l'une des causes majeures d'accidents est un « défaut de veille » (assoupissement ou absence de l'homme de quart) comme en témoignent l'échouement du Melbridge Bilbao (11/01) ou encore l'abordage entre le Cistude et le Bow Eagle (08/02). Pour affiner cette démarche de sécurité, il est nécessaire de comprendre dans quelles conditions les marins sont amenés à exercer leurs fonctions. Une première approche pourrait s'attacher à prendre en compte l'organisation du temps de travail à bord des navires.

En effet, dans la grande majorité des cas, les systèmes d'horaires pratiqués dans le domaine maritime reposent sur le principe de la prise de quart et sont caractérisés par un fractionnement des 24 heures en plusieurs épisodes d'activité et de repos d'où le terme d' « horaires fractionnés » pour désigner l'ensemble de ces systèmes. Dans le secteur de la marine marchande ces systèmes sont généralement de type « horaires fixes » où le « 4-on/8-off » est le plus répandu ; trois équipes se répartissent les 24h en effectuant chacune un quart de jour et un quart de nuit de 4 heures séparés par 8 heures de repos.

¹ *D'une part, le décret du 7 juin 1999 modifie la fonction des inspecteurs du travail en la calquant sur le modèle du régime général et, d'autre part, les « inspecteurs de la sécurité du navire et du travail maritime » deviennent « inspecteurs de la sécurité du navire et de la prévention des risques professionnels » (pour plus de détails, voir (Gout, D. (2000). "Pêcheur" : un métier à risque. Travail & Sécurité, septembre, p33).*

² *Bureau Enquête Accident en mer.*

Dans le secteur des pêches, l'organisation à bord des navires dépend du type de pêche pratiquée, du genre de navigation et de la technique utilisée mais d'une façon générale, les marins travaillent de jour comme de nuit, au rythme des manœuvres (Tirilly, 1998). Ce type d'horaire qui tend à fractionner les épisodes de travail et de repos est source de fatigue³ qui s'accumule sur toute la durée de l'embarquement.

La spécificité du domaine maritime tant du point de vue de son environnement physique (milieu contraignant en mouvement constant) et social (éloignement, isolement, confinement) que du contexte dans lequel se déroule le travail des marins (horaires fractionnés, réduction des effectifs,...) justifient que l'on s'intéresse à l'ajustement du rythme veille/sommeil et de la vigilance en mer.

Les premières études ayant évalué l'impact de ces systèmes d'horaires sur le niveau de vigilance insistent sur l'influence des facteurs chronobiologiques (heure de la journée, heure et durée du sommeil) sur cet état (Colquhoun et al., 1988; Condon, Colquhoun, Plett, Vol, & Fletcher, 1988). D'une manière générale, les valeurs critiques associées à un risque d'accident, surviennent durant les quarts nocturnes (Sanquist, Raby, Forsythe, & Carvalhais, 1997). La plupart des auteurs préconisent des horaires fixes pour faciliter l'ajustement des rythmes aux horaires atypiques. Avec des horaires de travail fractionnés, l'entraînement des rythmes n'est que partiel et présente des différences entre les études. Pour un système 4-on/8-off, Knauth et son équipe (1988) mettent en évidence un rythme de la vigilance de 12h alors que dans l'étude de Colquhoun, Watson, & Gordon (1987), la vigilance et les performances varient sur une période de 24h en relation avec la température. Ces divergences sont à mettre en relation avec les caractéristiques du travail des marins qui diffèrent considérablement en fonction du type de poste occupé (officier, technicien, manœuvre, ...) et de l'organisation sociale à bord liée au type de navire et aux effectifs présents à bord. Notre objectif est donc d'évaluer le poids de ces différents facteurs dans l'ajustement du rythme veille/sommeil et la vigilance aux horaires fractionnés en mer.

Cadre de l'étude

Pour répondre à cet objectif, nous avons choisi deux situations de travail en mer dont la spécificité est le fractionnement induit par les horaires et qui diffèrent par l'activité menée à bord et l'environnement social autour duquel ces activités s'organisent. Il s'agit de :

- l'activité de plusieurs équipes occupant des fonctions diverses (officiers, scientifiques, techniciens,...) embarquées sur un navire scientifique lors d'une campagne océanographique (CO) dans l'océan Atlantique Nord pour des durées de 3 semaines minimum ; l'activité principale à bord est le carottage qui consiste à extraire des sédiments des fonds marins à l'aide d'un carottier. Trois catégories

³ *Le terme de fatigue est pris ici dans son acception la plus large et fait référence à la littérature anglosaxonne où il désigne un ensemble de symptômes ou signes décrits par les conducteurs dans le domaine des transports terrestres en général (Hartley, 2001).*

de personnels ont fait l'objet de l'analyse : l'équipe scientifique, l'équipe océanographique (équipe océano.) et les membres de l'équipage.

- l'activité d'un équipage de 4 à 5 marins pêcheurs embarqués durant 11 jours sur un navire pratiquant la pêche côtière (PC) en continu au large de la Bretagne. Les principales activités des marins à bord consistent en la manœuvre du chalut et le travail des captures (langoustines et poissons). Il s'agit d'opérations physiques se déroulant à l'extérieur du navire. Seuls les épisodes de quart à la passerelle pour remplacer le patron se passe à l'intérieur.

Outils d'analyse

Les outils que nous avons utilisés pour l'analyse des données ont été choisis pour leur fiabilité et leur facilité d'utilisation en condition de travail en mer. Les observations ont été menées lors des embarquements (CO/2embarquements de 3 semaines ; PC/3 embarquements de 24h à 72h). Le rythme veille/sommeil a été évalué par l'intermédiaire d'agendas de sommeil et complété par la technique de l'actimétrie. La vigilance a été évaluée grâce à des échelles analogiques visuelles correspondant à une ligne de 10 cm dont les deux bornes représentent les niveaux extrêmes de vigilance. Les tests ont été réalisés toutes les 4 heures pour la campagne océanographique (CO) et toutes les 3 heures pour la pêche côtière en continu (PC).

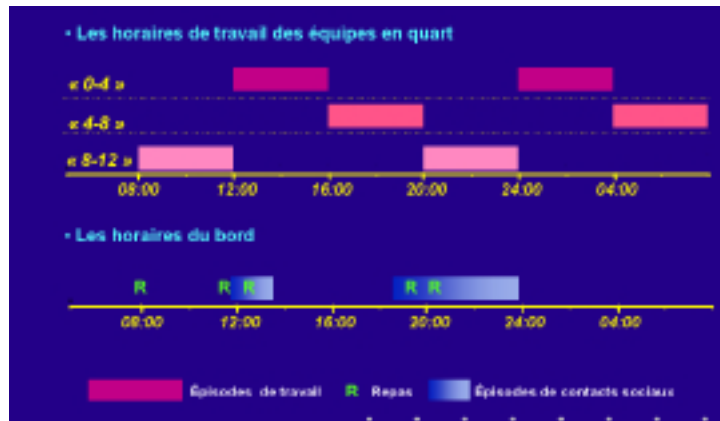
Résultats

Campagne océanographique

L'organisation temporelle à bord

Les 3 catégories de personnel ayant suivi l'étude pratiquent le système de quart dit "4-on/8-off" et sont donc soumis aux horaires de travail ainsi qu'aux horaires du bord correspondant aux repas et aux épisodes de contacts sociaux qui s'organisent autour de ces repas (cf. figure 1).

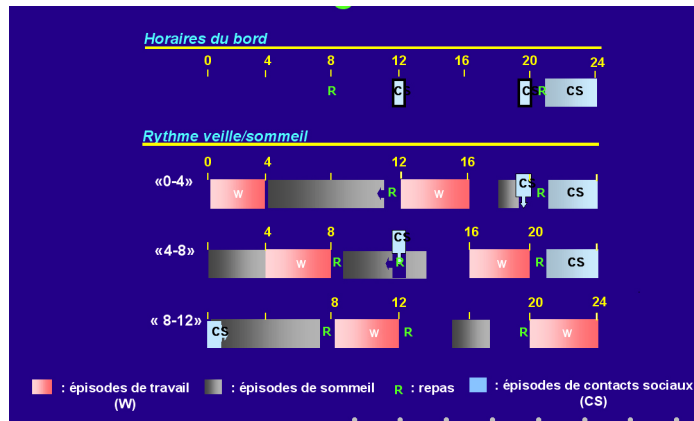
Figure 2 - Organisation temporelle au travail et hors-travail.



Le rythme veille/sommeil

L'ensemble des personnes embarquées dort en moyenne 1 heure de moins qu'à terre ($7h25 \pm 52min$ à bord contre $8h22 \pm 51min$ à terre). Bien qu'il n'y ait pas de différence significative entre les groupes horaire ($F=1,4$; $p=.25$), les durées les plus longues sont obtenues pour le groupe « 0-4 ». Plusieurs stratégies de sommeil sont adoptées en réponse aux horaires de travail pratiqués et à l'organisation de la vie sociale à bord. En conséquence, le sommeil est fractionné en deux épisodes et le coucher est retardé dans la grande majorité des cas (cf. figure 2). L'effet principal des repas est le raccourcissement des épisodes de sommeil, en particulier, pour les groupes « 0-4 » et « 4-8 ». Avant et après les repas, on retrouve également des moments privilégiés pour les contacts sociaux dont l'effet principal est de retarder l'épisode de début de nuit (exemple du « 8-12 » et du « 4-8 »), voire le supprimer (« 0-4 »).

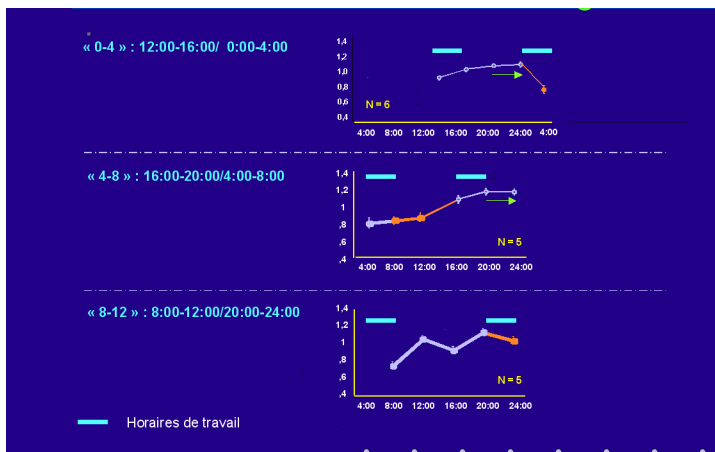
Figure 3 – Les stratégies de sommeil adoptées par les différentes équipes pratiquant le système de quart



Les variations circadiennes de la vigilance

La figure 3 présente les résultats des fluctuations de la vigilance au cours des 24 heures pour chacun des trois types de quart pratiqués par l'équipe scientifique, océano et l'équipage. Les scores sont obtenus en rapportant chaque valeur à la moyenne générale du sujet. L'effet de l'heure est significatif pour chaque groupe horaire (« 0-4 » : $F=7,2$; $p=.0001$ / « 4-8 » : $F=23,7$; $p<.0001$ / « 8-12 » : $F=25$; $p<.0001$ / « jour » : $F=38,2$; $p<.0001$).

Figure 4 – Fluctuations de la vigilance en fonction des horaires de quart (Moyennes ± écart type).



Par rapport aux études précédemment citées, la décroissance de la vigilance est plus tardive dans notre étude. Ce résultat peut s'expliquer par le retard des heures de coucher, notamment chez les personnes des groupes « 0-4 » et « 4-8 ».

Pêche côtière en continu

L'organisation temporelle à bord

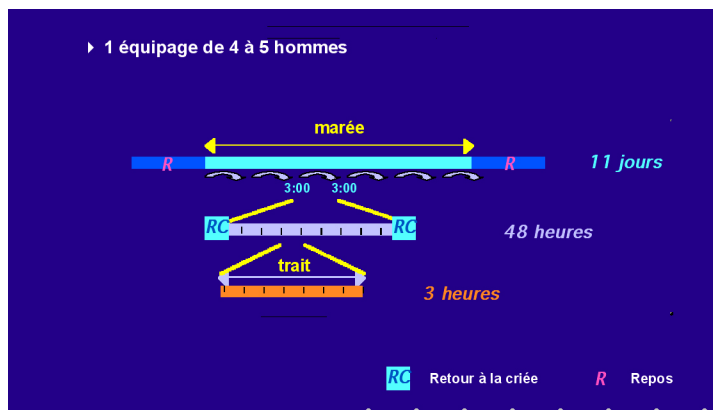
Après trois jours de repos passés à terre, l'équipage embarque pour une période de 11 jours communément désignée sous le terme de « marée » (cf. figure 4). L'organisation d'une marée est soumise à différentes contraintes temporelles liées à l'activité pratiquée (pêche côtière « en continu » dont la principale activité est la langoustine). Les différents facteurs de contrainte qui influencent le rythme activité/repos sont les suivants :

- La technique de pêche utilisée. Il s'agit ici de la technique du chalut dont le principe est le raclage des fonds par filet traînant, qui forme une poche une fois remonté enfermant ainsi les prises. Comme il faut environ trois heures pour remplir une poche de langoustines, tout en conservant leur qualité, le chalut doit être remonté toutes les 3 heures environ. Le rythme des traits⁴ représente une période moyenne de 3h.

⁴ Le trait correspond au temps que passe le chalut à racler les fonds.

- Les heures d'ouverture de la criée imposent un retour au port au cours de la nuit, avant 3:00 pour la vente du matin qui détermine ainsi la fin d'une « journée » de pêche.
- L'absence de système de congélation à bord ne permet pas la conservation de la langoustine plus de 48 heures sur la glace dans la cale réfrigérante à 2 °C. Les marins effectuent ainsi des retours au port toutes les 48 heures et reprennent la mer si tôt déchargée la pêche. Cette contrainte définit le rythme du retour à la criée (RC) d'une période de 48h.

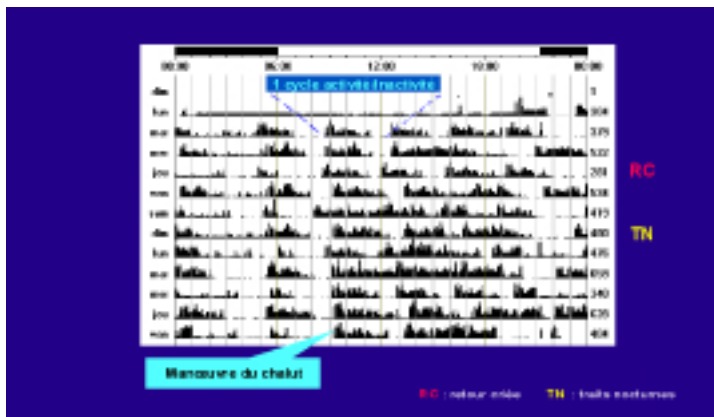
Figure 5 – Schéma de l'organisation du travail au cours d'une marée de 11 jours. Les flèches illustrent le rythme des retours à la criée (RC). Sur les périodes de 48h et 3h, les traits verticaux représentent la manœuvre du chalut. R : repos entre deux marées.



Le rythme veille/sommeil

Le rythme imposé par les manœuvres implique un fractionnement du sommeil en 4 épisodes en moyenne sur 24h. La durée de sommeil quotidien ne dépasse pas les 6h en moyenne sur 11 jours. L'organisation du rythme veille/sommeil et la durée des épisodes varient en fonction des jours de marée : lors des RC, les épisodes de sommeil nocturnes sont plus longs et plus rapprochés que lors des traits nocturnes (cf. figure 5). Lors des jours de marée où les traits nocturnes sont maintenus, leur durée est allongée à 4 heures pour favoriser le sommeil nocturne.

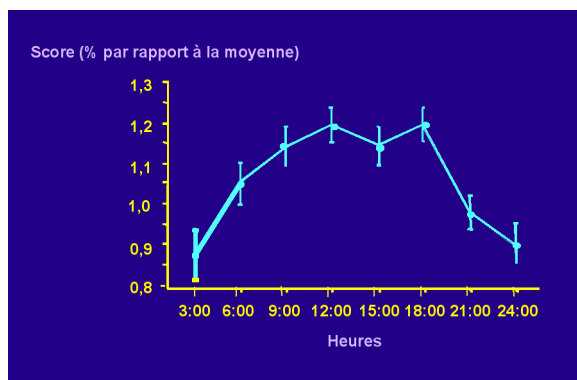
Figure 6 – Exemple d’actogramme obtenu sur 11 jours d’enregistrement pour un marin. Chaque barre verticale noire prise séparément correspond à une quantité de mouvements/période (fixée ici à 2 min) dont l’amplitude varie en fonction de la quantité de mouvement. Les jours de marée sont indiqués à gauche du graphe et le niveau d’activité moyen à droite.



Les variations circadiennes de la vigilance

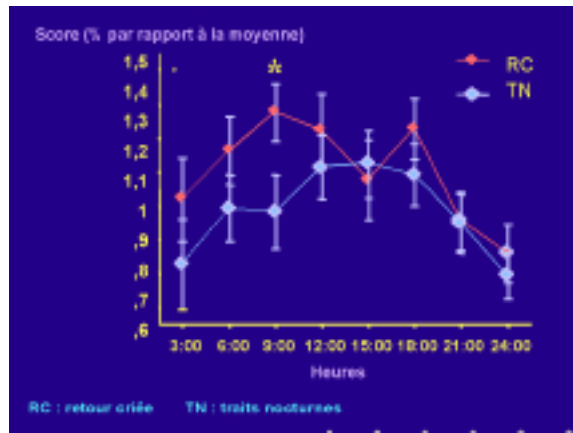
L’analyse de la variance (ANOVA) indique que le niveau de vigilance varie significativement en fonction de l’heure ($F=9,557$; $p<.0001$). La figure 6 illustre l’évolution temporelle de la courbe moyenne de vigilance subjective au cours des 24h. Le niveau de vigilance augmente progressivement dans la journée pour atteindre son maximum en fin d’après-midi (18:00). Le soir, la décroissance est plus rapide pour revenir à un minimum nocturne, vers 24:00. Cette évolution circadienne est très proche du décours temporel obtenu dans les situations expérimentales avec ou sans privation de sommeil (Monk, Moline, Fookson, & Peetz, 1989). Ce qui signifie que l’effet circadien persiste dans les conditions de travail présentes.

Figure 7 – Evolution circadienne du niveau de vigilance subjectif (moyennes ± erreurs standards)



Par ailleurs, la meilleure répartition des épisodes de sommeil suite à RC tend à améliorer le niveau de vigilance au cours des premières heures de travail (cf. figure 7).

Figure 8 – Comparaison de l'évolution de la vigilance subjective entre le retour à la criée (RC) et les traits nocturnes (TN), * $p < .05$.



Conclusion

Les principaux résultats concernant les fluctuations de la vigilance sont le maintien de la rythmicité circadienne de cette variable et la mise en évidence d'une composante de 12 heures se traduisant par une baisse du niveau de vigilance dans l'après-midi. De plus, si les variations de la vigilance restent soumises à l'influence de l'heure de la journée dans ces conditions de fractionnement du sommeil, les différentes étapes du travail et l'organisation de la vie sociale à bord jouent un rôle non négligeable sur le niveau de vigilance, notamment, en influençant le rythme veille/sommeil. Par ailleurs, il faut tenir compte de l'importance de l'activité physique intense dans le maintien de l'éveil et dans la stabilisation de la rythmicité circadienne, notamment dans le cas des pêcheurs.

Ces résultats soulignent l'importance de prendre en compte la situation dans sa globalité avant d'incriminer un « défaut de veille ». Ainsi, si l'on veut évaluer les fluctuations de la vigilance en mer et les risques d'accidents associés, il est nécessaire de prendre en compte non seulement les horaires de travail au sens strict mais surtout le fractionnement du sommeil qu'ils imposent et les différents paramètres liés à l'organisation générale à bord (travail et hors-travail). Dans le contexte maritime actuel, la prise en compte de l'homme au travail devrait faire partie des réflexions à mener dans toute démarche de sécurité. L'amélioration des conditions de travail à bord peut aussi passer par la formation des professionnels de la mer, en leur apportant les connaissances nécessaires sur le fonctionnement de l'homme au travail.

Bibliographie

- Andro, M., & Leroy, Y. (1990). L'analyse du travail et l'introduction de nouvelles techniques de stockage des captures à bord des navires de pêche. XXVIème congrès de la SELF, Montréal., 5-10 octobre.
- Chauvin, C., Dorval, P., & Binot, J. (1995). Suivi ergonomique du projet de construction d'un navire de recherche. XXX congrès de la SELF, Biarritz, septembre.
- Colquhoun, W. P., Rutenfranz, J., Goethe, H., Condon, R., Plett, R., & Knauth, P. (1988). Work at sea: a study of sleep, and of circadian rhythms in physiological and psychological functions, in watchkeepers on merchant vessels. I. Watchkeeping on board ships: a methodological approach. *Int Arch Occup Environ Health*, 60, 321-329.
- Colquhoun, W. P., Watson, K. J., & Gordon, D. S. (1987). A shipboard study of a four-crew rotating watchkeeping system. *Ergonomics*, 30(9), 1341-1352.
- Condon, Colquhoun, Plett, Vol, d., & Fletcher. (1988). Work at sea: a study of sleep, and of circadian rhythms in physiological and psychological functions, in watchkeepers on merchant vessels. IV. Rhythms in performance and alertness. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 60, 405-411.
- Hartley, L. (2001). Fatigue and Driving. Paper presented at the International Conference on Traffic and Transport Psychology, Berne.
- Knauth, P., Condon, R., Colquhoun, W. P., Plett, R., Schmidt, K.-H., & Rutenfranz, J. (1988). Alertness of watchkeeping personnel during long distance ship voyages (pp. 91-98).
- Monk, T., Moline, M., Fookson, J., & Peetz, S. (1989). Circadian Determinants of Subjective Alertness. *Journal of Biological Rhythms*, 4(4), 393-404.
- Sanquist, T., Raby, M., Forsythe, A., & Carvalhais, A. (1997). Work hours, sleep patterns and fatigue among merchant marine personnel. *J. Sleep Res.*, 6, 245-251.
- Tirilly, G. (1998). Rythmes de travail et stratégies de sommeil à la pêche côtière, DEA d'Ergonomie (pp. 57). Toulouse : Université Toulouse II.

Questions à Ghislaine Tirilly

La salle : par comparaison avec la difficulté de faire ce type d'essai à la RATP, dans les bus, comment avez-vous obtenu l'autorisation d'expérimenter surtout pour la pêche côtière, peut être plus facilement pour un navire scientifique, comportant une équipe de quatre à cinq marins. Comment ont-il perçu cette étude ?

Ghislaine Tirilly : je suis passée par un médecin des gens de mer pour monter à bord d'un navire qui avait déjà embarqué un chercheur auparavant. Les marins étaient assez ouverts sur les questions que pose le travail en équipe et la sécurité les intéressait. Je prévenais suffisamment tôt à l'avance pour savoir à peu près quand je pouvais embarquer. Tant que le patron était à bord ça se passait très bien mais dès qu'il n'était plus là c'était plus difficile. C'est pourquoi je n'ai fait que trois embarquements pour réaliser une analyse réelle de la situation de travail dont la visualisation est difficile comme pour le poste de machiniste RATP.

En ce qui concerne l'activité du marin, le confinement et le rapprochement du lieu de travail, notamment pour la pêche côtière rend très facile l'observation du collectif. Par contre les conditions de mer rendent plus difficile cette observation. Il s'agit d'une intégration assez remarquable.

Michel Pottier : mais sans avoir pu faire l'analyse exhaustive de l'activité et puisque vous avez insisté sur les risques d'accidents, avez-vous une notion des incidents, des petits accidents qui se produisent à bord car j'ai noté, entre 20 et 24 heures, pour l'équipe 8/12 de la campagne océanographique une diminution de la vigilance qui peut entraîner davantage d'incidents à ce moment-là.

Ghislaine Tirilly : j'ai observé plus d'incidents liés à des prises de décision notamment au début d'une tempête lorsqu'il s'agissait de décider ou pas de mettre les carottiers à l'eau. Vers la fin de trois semaines de travail, le chef de mission était fatigué et prenait de mauvaises décisions entraînant parfois la perte de la carotte.

Sur ce type de navire j'ai montré étant donné le type d'organisation de vie à bord que le quart 8/12 est le plus difficile à gérer parce qu'il empêche de vivre avec les autres membres de l'équipage car de 20 à 24 heures la majorité est en train de boire l'apéritif et discuter. Il n'y a personne à cette heure-là pour éventuellement aider ceux qui travaillent. Par conséquent, les facteurs sociaux peuvent exercer une influence sur les incidents.

La salle : quel positionnement est le plus facile dans la journée ?

Ghislaine Tirilly : si, pour les techniciens, le positionnement de 24 heures est assez simplement admis, ce n'est pas celui qui est préféré par les scientifiques. Le quart préféré est le 0/4 parce qu'il est calé sur le cycle veille/sommeil et suivi d'un épisode régulier et long en fin de nuit entre 4 heures et midi, pendant lequel rien ne vient interrompre le sommeil jusqu'au repas de midi. Par contre le quart 4/8 entraîne une fragmentation du sommeil. Ces hommes de quart ne vont pas se coucher trop tôt avant minuit pour rester avec les autres membres de l'équipage. Il en résulte deux périodes de 4 heures de sommeil, de 0 à 4 heures et de 8 heures à midi avant le repas. Au début de la campagne, après l'embarquement, ces derniers ne se réveillaient pas pour le repas et dormaient jusqu'à 14 heures, puis au fur et à mesure ils se sont réveillés pour le repas afin de trouver encore quelque chose à manger et des gens à table. Il faut savoir, en effet que sur ce navire tout le monde est servi en même temps au restaurant

selon un repas traditionnel français. A bord d'autres navires scientifiques étrangers, les repas sont distribués en self-service et c'est très différent.

La salle : avez-vous des informations sur la qualité du sommeil, sa répercussion sur le travail et la récupération à terre ?

Ghislaine Tirilly : en ce qui concerne la campagne océanographique, j'ai fait remplir des échelles sur la qualité du sommeil que je n'ai pas totalement analysées encore. Celle-ci est directement influencée par les conditions météorologiques et le bruit important que provoque le carottage.

Je n'ai pas beaucoup de données sur la récupération, mais, sur un embarquement, les enregistrements actimétriques et les agendas de sommeil ne montrent pas de rebonds du sommeil. En effet, les sujets après la campagne sont soit soumis aux horaires de travail normaux, soit partent en vacances. Si on ne retrouve pas d'énormes récupérations de sommeil sur les agendas, les sujets mettent cependant du temps à s'ajuster et notamment après les 4/8. Les siestes sont régulièrement pratiquées à bord dès que possible par épisodes d'environ 20 minutes pour la campagne océanographique. Pour les marins pêcheurs, les périodes de repos sont plus variables et dépendent de la relève du chalut. C'est pourquoi les petits épisodes de 20 minutes ne se pratiquent pas.

Synthèse de la journée

Bernard Laumon

INRETS-Unité Mixte de Recherche Epidémiologie Transports Travail

Environnement-UMRETTE

bernard.laumon@inrets.fr

Ne prétendant pas pouvoir faire une synthèse de cette journée (je n'en ai d'ailleurs pas la compétence), je vais simplement me permettre quelques commentaires très brefs. Si j'ai répondu à votre invitation, et si j'ai assisté avec intérêt à cette journée, c'est en tant qu'épidémiologiste travaillant dans le domaine de la sécurité routière.

J'ai d'abord retenu que nous avons peut-être un problème de vocabulaire : ceux que nous, qui étudions les accidents et leurs victimes, nous appelons *des usagers vulnérables*, vous, les spécialistes de la simulation, vous les appelez *des cibles* ! Et là, même si vous travaillez sur des images virtuelles, et même si je ne doute pas que nous partageons le même souci de prévention, il y a peut-être un effort à faire en matière de vocabulaire...

Certains des propos tenus ici m'ont aussi rappelé une autre expérience, à certains égards, comparable : on m'avait demandé de participer à un groupe d'expertise collective de l'INSERM sur les rythmes biologiques de l'enfant. Et ce groupe avait notamment retenu, comme l'une de ces conclusions, que les rythmes scolaires imposés aux adolescents étaient totalement aberrants, dans la mesure où ce sont par nature des individus qui devraient se lever plus tard que d'autres et ainsi être plus et mieux "vigilants" tout au long de leur journée. J'ai l'impression que cette préoccupation rejoint celles exprimées ici, par exemple par Alain Muzet, et je me demande si les spécialistes de la vigilance en matière de sécurité routière ne devraient pas s'allier à ceux qui militent pour que les adolescents aient d'autres rythmes scolaires.

Vous déplorez par ailleurs l'absence d'études épidémiologiques en matière de vigilance, et de fait la méconnaissance que l'on peut avoir de la part de l'hypovigilance dans les accidents de la route. Je partage complètement ce constat. Cependant vous ne m'avez pas vraiment encouragé à combler cette lacune : l'épidémiologiste a besoin de définitions simples auxquelles on peut associer des outils de mesure précis, faciles à mettre en œuvre sur des populations importantes. Ce n'est pas vraiment ce que je retiens de cette journée sur l'hypovigilance. De plus, je perçois l'hypovigilance, et certains d'entre vous aussi d'ailleurs, comme un facteur intermédiaire, c'est-à-dire comme étant lui-même la conséquence de facteurs amont dont plusieurs d'entre eux ont été évoqués au cours de cette journée, qu'il s'agisse de personnes âgées, de jeunes, de sexe, d'activité professionnelle, de médicaments, de saisons, de variations physiologiques, et même de Bison

Futé. On peut donc légitimement se demander, d'un point de vue très pragmatique, s'il faut vraiment mettre en évidence la part de l'hypovigilance dans la survenue de l'accident (et pas plutôt la part de chacun de ces facteurs). Je n'ai pas vraiment la réponse à cette question, mais peut-être aurez-vous des commentaires à faire ...

2^{ème} intervention

Je ne voudrais surtout pas avoir donné l'impression inverse de celle que je souhaitais exprimer : Non pas « Leur affaire, c'est compliqué, on ne pourra jamais rien en tirer, autant se contenter de facteurs faciles à mesurer comme l'âge ou le sexe ». Bien au contraire, je serais extrêmement fier d'arriver avec une étude épidémiologique, représentative de l'accidentologie routière française, en disant « Voilà, 40 % des accidents sont liés à des baisses de vigilance excessives », et ça serait formidable. Mais si l'on veut travailler sérieusement, il y a des préalables et des précautions méthodologiques à respecter, notamment dans un domaine aussi sensible et porteur que le vôtre.

Damien Davenne

CRAPS

davenne@staps.unicaen.fr

Je crois déjà, pour tout de suite rebondir sur ce qui vient d'être dit, que notre attente en tant que chercheur travaillant sur l'hypovigilance, c'est qu'on a besoin de données pour introduire nos articles et dire que les études épidémiologiques ont montré que l'hypovigilance a été une source d'accidents. C'est là notre première attente, parce que je crois que tous individuellement on a tous eu l'expérience d'une baisse de vigilance qui a conduit à une grosse erreur, une grosse erreur au volant ou ailleurs, et on en est tous bien conscient mais il nous manque réellement ces données scientifiques pour que, comme arguments là-dessus pour attaquer nos travaux en fait, et demander des subventions aussi. Donc je vais faire un petit bilan de cette journée, il sera rapide parce que je n'arriverais presque plus à parler. D'abord je voudrais commencer par remercier les organisateurs parce que c'est la 2^{ème} Journée sur la vigilance, et à chaque fois c'est une réunion extrêmement intéressante qui tient à la façon dont c'est organisé, donc merci à Annick et merci à Olivier de ce travail qui a été fait, c'est clair que quand on rassemble à la fois des ergonomes, des physiologistes, des psychologues, des sociologues, des chrono biologistes dans la même salle pour travailler sur un thème, on voit tout de suite le langage commun et là où ça diverge et c'est vraiment très, très intéressant.

Je suis très étonné qu'aujourd'hui on soit tous d'accord sur le fait qu'on n'arrive pas à définir la vigilance et ça c'est quelque chose qui m'ennuie plus qu'elle ne m'arrange, enfin qui est un point très très fort, dans le cadre de nos travaux, on est assez nombreux aujourd'hui aussi pour relancer les débats etc, et c'était très intéressant, donc je suis très content d'avoir participé à cette journée, d'avoir écouté plutôt, et je vais peut-être dire ce qui m'a plu. Ce qui est clair c'est qu'il ressort de cette journée que même si on n'est pas d'accord sur ce qu'on appelle l'hypovigilance, la baisse de vigilance qui peut conduire à une erreur grave, de tous les travaux quand même c'est ce qui était derrière, tout ce qu'on a entendu aujourd'hui c'est clair, et en plus la plupart des travaux sont faits sur des personnes saines, à part les évaluations de privations de sommeil où on met les gens en situation de détérioration de la vigilance, tout ce qu'on a entendu c'est des variations circadiennes, variations dans des situations d'hypovigilance qui arrivent tout le temps, les plus simples et l'on n'a pas du tout combiné l'hypovigilance, on l'a dit on l'a redit aujourd'hui, l'hypovigilance avec prise d'alcool, l'hypovigilance et drogues et donc sur des situations les moins graves qui puissent se présenter on voit déjà des tas de choses, vraiment il y a un gros travail d'information, et je crois que c'est Alain Muzet qui a parlé de ça en début d'après midi mais je crois que le plus important il est là, c'est l'information, l'éducation.

Nous avons besoin de faire des travaux scientifiques qui nous confirment dans cela, mais c'est clair qu'à la fois en terme d'éducation au permis de conduire, d'éducation dans les milieux professionnels il n'y a absolument rien

qui est fait, ou vraiment très très peu de chose qui est fait et en terme d'information c'est encore pire. C'est vrai qu'il y a des leitmotifs où on parle d'insécurité et aujourd'hui c'est l'insécurité routière. C'est un terme un peu à la mode, ne parlons pas d'insécurité ou de sécurité. C'est que l'on n'aborde pas du tous les problèmes d'hypovigilance quand on vient de terminer une semaine sur la sécurité routière, je trouve cela extrêmement grave. J'ai bien regardé les informations dans les journaux etc. ça n'est pratiquement pas sorti, on a parlé d'alcool, beaucoup de drogues cette année. On a parlé d'autre chose, de la vitesse, mais comment contrôler la vitesse, la répression ça aussi c'est des termes très porteurs au niveau du gouvernement, insécurité-répression, je trouve que là on devrait creuser, être beaucoup plus actif pour faire passer des messages qui sont pourtant simples et qui ne passent pas.

Je ne reprendrai pas toutes les présentations, toutes les questions ont été posées au fur et à mesure et donc on a tous une bonne idée de ce qui s'est dit, mais l'organisation générale, l'évolution des communications s'enchaînaient très bien et étaient à chaque fois un complément de l'information précédente et je trouve que c'était vraiment un plaisir d'écouter toutes ces interventions et un encouragement à continuer ces travaux.

Liste des participants

Nom et Institut	Adresse	e.mail - téléphone - télécopie
Catherine BERTHELON INRETS MA	Chemin de la Croix Blanche 13300 SALON DE PROVENCE	catherine.berthelon@inrets.fr Tél : 04 90 56 86 12 Fax : 04 90 56 25 51
Marie Laure BOCCA CRAPS Orsay	Laboratoire de Physiologie CHU Côte de Nacre 14032 CAEN	marie-laure.bocca@staps.u-psud.fr Tél : 02 31 06 82 14 Fax : 02 31 06 82 19
Aurélié CAMPAGNE CEPA/CNRS	21, rue de Becquerel 67087 STRASBOURG CEDEX	aurelie.campagne@c-strasbourg.fr Tél : 03 88 10 62 47 Fax : 03 88 10 62 45
André CHAPON INRETS LESCOT	25, Av. François Mitterrand 69 675 BRON CEDEX	andre.chapon@inrets.fr Tél : 04 72 14 24 21 Fax : 04 72 37 68 37
Damien DAVENNE CRAPS Caen	2, Boulevard du Maréchal Juin 14032 CAEN	Davenne@staps.unicaen.fr Tél : 02 31 56 72 83 Fax : 02 31 56 72 82
Jocelyne DORE-PICARD INRETS-LPC	2, Av du Général Malleret-Joinville 94114 ARCUEIL CEDEX	jocelyne.dore@inrets.fr Tél : 01 47 40 73 59 Fax : 01 45 47 56 06
Claude FILOU INRETS DERA	2, Av du Général Malleret-Joinville 94114 ARCUEIL CEDEX	claudio.filou@inrets.fr Tél : 01 47 40 71 16 Fax : 01 45 47 56 06
Jean FORET INSERM	CHU Côte de Nacre 14032 CAEN	jeanm.foret@laposte.net Tél : Fax :
Catherine GABAUDE INRETS LESCOT	25, Av. François Mitterrand 69 675 BRON CEDEX	catherine.gabaude@inrets.fr Tél : 04 72 14 24 50 Fax : 04 72 37 68 37
Edith GALY Univ. Toulouse II	UMR 551 CNRS Maison de la recherche 31058 TOULOUSE CEDEX 1	egaly@univ-tlse2.fr Tél : 05 61 50 35 42 Fax : 05 61 50 35 33
Sandrine GRUAU INRETS LPC	2, Av du général Malleret-Joinville 94 114 ARCUEIL CEDEX	sandrine.gruau@inrets.fr Tél : Fax :
Habib HADJ-MABROUK INRETS ESTAS	2, Av du général Malleret-Joinville 94 114 ARCUEIL CEDEX	habib.hadj-mabrouk@inrets.fr Tél : 01 47 40 73 52 Fax : 01 45 47 56 06
Abderraouf HADJ-MABROUK INRETS ESTAS	2, Av du Général Malleret-Joinville 4 114 ARCUEIL CEDEX	raouf@inrets.fr Tél : 01 47 40 73 48 Fax : 01 45 47 56 06
Patrick HAMELIN INRETS-LPC	2, Av du Général Malleret-Joinville 94 114 ARCUEIL CEDEX	patrick.hamelin@inrets.fr Tél : 01 47 40 73 80 Fax : 01 45 47 56 06
Didier LAGARDE DGA - DSP/STTC/DT-SH	8, Boulevard Victor 00303 ARMEES	didier.lagarde@dga.gouv.defense.fr Tél : 01 40 59 19 99 Fax : 01 40 59 20 22

Nom et Institut	Adresse	e.mail - téléphone - télécopie
Bernard LAUMON INRETS UMRETTE	25, Av. François Mitterrand 69 675 BRON CEDEX	bernard.laumon@inrets.fr Tél : 04 72 14 25 11 Fax : 04 72 37 68 37
Olivier LAYA INRETS-LPC	2, Av du Général Malleret-Joinville 94 114 ARCUEIL CEDEX	olivier.laya@inrets.fr Tél : 01 47 40 73 79 Fax : 01 45 47 56 06
Laetitia MARQUIE Univ. Toulouse II	Lab. Trav. Et Cognition Maison de la Recherche 31058 TOULOUSE CEDEX	lmarquie@univ-tlse2.fr Tél : 05 61 50 35 42 Fax : 05 61 50 35 33
Claudine MELAN Univ. Toulouse II	Maison de la Recherche 31058 TOULOUSE CEDEX	cmelan@univ-tlse2.fr Tél : 05 61 50 35 38 Fax : 05 61 50 35 33
Sylvain MILLEMANN PSA Peugeot Citroën	2, route de Gizy 78493 VELIZY VILLACOUBLAY CEDEX	sylvain.milleman@mpsa.com Tél : 01 57 59 29 56 Fax : 01 57 59 62 74
Régis MOLLARD Labo d'Anthropologie Appliquée	45, rue des Saints-Pères 75 270 PARIS CEDEX 06	laa@citi2.fr Tél : 01 42 86 20 41 Fax : 01 42 61 53 80
Alain MUZET CEPA/CNRS	21, rue Becquerel 67087 STRASBOURG CEDEX	alain.muzet@c-strasbourg.fr Tél : 03 88 10 67 60 Fax : 03 88 10 67 70
Frédérique OBRIOT- CLAUDEL INRETS LESCOT	25, Av. François Mitterrand 69 675 BRON CEDEX	obriot-claudel@inrets.fr Tél : 04 72 14 24 66 Fax : 04 72 37 68 37
René PATESSON Univ. Libre de Bruxelles	2, rue des Canoniers 1400 NIVELLES (Belgique)	rpatess@ukb.ac.be Tél : 32 2 650 91 31 Fax : 32 2 650 91 30
Claude PERROT INRETS LPC	2, Av du Général Malleret-Joinville 94 114 ARCUEIL CEDEX	claud.perrot@inrets.fr Tél : 01 47 40 73 72 Fax : 01 45 47 56 06
Claire PETIT-BOULANGER RENAULT	1, Av. du Golf Technocentre 78 288 GUYANCOURT CEDEX	claire.petit-boulangier@renault.com Tél : 01 34 95 71 25 Fax : 01 34 95 90 80
Michel POTTIER CHU de Caen	Labo. De Physiologie Av. Côte de Nacre 14032 CAEN	michel.jean.pottier@mageos.com Tél : 02 31 06 82 14 Fax : 02 31 06 82 19
Annick POTTIER INRETS LPC	2, Av du Général Malleret-Joinville 94114 ARCUEIL CEDEX	annick.pottier@inrets.fr Tél : 01 47 40 73 57 Fax : 01 45 47 56 06
Philippe QUEVAL RATP	19, Place Lachambeaudie 75 570 PARIS CEDEX 12	philippe.queval@ratp.fr Tél : 01 49 28 16 79 Fax : 01 49 28 16 64
Ghislaine TIRILLY Univ. Toulouse II	Maison de la Recherche 31058 TOULOUSE CEDEX	redghis@wanadoo.fr Tél : 02 98 51 11 25 Fax : /

Dépôt légal - Septembre 2003
