

**Proceedings of the Fatigue in Transportation Workshop:  
Multimodal Issues and Solutions**  
Ottawa, Ontario

October 15 & 16, 1998

**Compte rendu de l'Atelier sur la fatigue dans les transports :  
questions et réponses multimodales**  
Ottawa, Ontario

15-16 octobre 1998

The contents of these proceedings reflect the views of the speakers and not necessarily the official views of the sponsors.

The presentations appear in the language in which they were delivered. Summaries are provided in both official languages.

---

Les opinions et les vues exprimées dans ce compte rendu sont celles des conférenciers et ne reflètent pas nécessairement celles des commanditaires.

Les présentations sont reproduites dans la langue dans laquelle elles ont été remises. Les sommaires sont présentés dans les deux langues officielles.





1. Transport Canada Publication No. <b>TP 13375</b>		2. Project No. <b>9371</b>		3. Recipient's Catalogue No.	
4. Title and Subtitle <b>Proceedings of the Fatigue in Transportation Workshop: Multimodal Issues and Solutions Ottawa, Ontario October 15 &amp; 16, 1998</b>				5. Publication Date <b>April 1999</b>	
				6. Performing Organization Document No.	
7. Author(s) <b>Steve Henderson (editor)</b>				8. Transport Canada File No. <b>ZCD1450-190</b>	
9. Performing Organization Name and Address <ul style="list-style-type: none"><li>• Transportation Development Centre</li><li>• Road Safety Directorate, Transport Canada</li></ul>				10. PWGSC File No.	
				11. PWGSC or Transport Canada Contract No.	
12. Sponsoring Agency Name and Address <b>Transportation Development Centre (TDC) 800 René Lévesque Blvd. West Suite 600 Montreal, Quebec H3B 1X9</b>				13. Type of Publication and Period Covered <b>Proceedings</b>	
				14. Project Officer <b>Alex Vincent</b>	
15. Supplementary Notes (Funding programs, titles of related publications, etc.)					
16. Abstract <p>This report contains the presentations given at the Fatigue in Transportation Workshop held in Ottawa, 15-16 October 1998. The workshop was organized by the Transportation Development Centre and co-sponsored by the Road Safety Directorate of Transport Canada, the Canada Safety Council, and the Railway Association of Canada. The presentations cover a broad range of issues related to fatigue in all transportation modes. Summaries are provided in both official languages.</p>					
17. Key Words <b>fatigue management, human factors, transportation safety, fatigue countermeasures</b>				18. Distribution Statement <b>Limited number of copies available from the Transportation Development Centre</b>	
19. Security Classification (of this publication) <b>Unclassified</b>	20. Security Classification (of this page) <b>Unclassified</b>	21. Declassification (date) <b>—</b>	22. No. of Pages	23. Price <b>Shipping/ Handling</b>	



1. N° de la publication de Transports Canada <b>TP 13375</b>		2. N° de l'étude <b>9371</b>		3. N° de catalogue du destinataire	
4. Titre et sous-titre <b>Compte rendu de l'Atelier sur la fatigue dans les transports : questions et réponses multimodales Ottawa, Ontario 15-16 octobre 1998</b>				5. Date de la publication <b>Avril 1999</b>	
				6. N° de document de l'organisme exécutant	
7. Auteur(s) <b>Steve Henderson (éditeur)</b>				8. N° de dossier - Transports Canada <b>ZCD1450-190</b>	
9. Nom et adresse de l'organisme exécutant <ul style="list-style-type: none"><li>• Centre de développement des transports</li><li>• Direction générale de la sécurité routière, Transports Canada</li></ul>				10. N° de dossier - TPSGC	
				11. N° de contrat - TPSGC ou Transports Canada	
12. Nom et adresse de l'organisme parrain <b>Centre de développement des transports (CDT) 800, boul. René-Lévesque Ouest Bureau 600 Montréal (Québec) H3B 1X9</b>				13. Genre de publication et période visée <b>Compte rendu</b>	
				14. Agent de projet <b>Alex Vincent</b>	
15. Remarques additionnelles (programmes de financement, titres de publications connexes, etc.)					
16. Résumé <p>Ce rapport contient les exposés présentés à l'Atelier sur la fatigue dans les transports qui s'est tenu à Ottawa les 15 et 16 octobre 1998. L'atelier a été organisé par le Centre de développement des transports et coparrainé par la Direction générale de la sécurité routière de Transports Canada, le Conseil canadien de la sécurité et l'Association des chemins de fer du Canada. Les exposés portent sur un large éventail de sujets reliés à la fatigue, dans tous les modes de transport. Les sommaires sont présentés dans les deux langues officielles.</p>					
17. Mots clés <b>Gestion de la fatigue, facteurs humains, sécurité dans les transports, contre-mesures à la fatigue</b>				18. Diffusion <b>Le Centre de développement des transports dispose d'un nombre limité d'exemplaires.</b>	
19. Classification de sécurité (de cette publication) <b>Non classifiée</b>		20. Classification de sécurité (de cette page) <b>Non classifiée</b>		21. Déclassification (date) <b>—</b>	22. Nombre de pages
					23. Prix <b>Port et manutention</b>

---

## Foreword

**W.F. Johnson**

Executive Director

Transportation Development Centre, Transport Canada

Montreal, Quebec

I am very pleased to have this opportunity to thank the speakers, participants, and sponsors for helping to make the Transportation Development Centre workshop on *Fatigue in Transportation: Multimodal Issues and Solutions* a gratifying success. This workshop (TDC's first on this subject) attracted over 75 researchers, regulators, investigators, and operators from across North America to Ottawa's Government Conference Centre on October 15 and 16, 1998. I would also like to thank the workshop organizers – Alex Vincent, Senior Ergonomist, and Sesto Vespa, Senior Development Officer – for their hard work and dedication to this project.

This workshop was intended to inform stakeholders in the Canadian transportation industry of the most advanced and proven developments in fatigue management, to provide a forum for exchange of information across the transportation community, and to identify the most important areas for future research and development. Those objectives were achieved.

The wealth of experience and knowledge brought by all workshop participants and the cross-modal communication of concerns and solutions have laid a strong foundation for a Canadian resource network of people concerned with fatigue management in transportation. Furthermore, output from the working groups will help to guide Transport Canada's development of coherent and effective initiatives in the area of fatigue's impact on transportation safety and security.

Feedback about the workshop has been very positive. Many participants suggested that because fatigue management R&D is an ongoing process, the workshop should become an annual forum for sharing advances in fatigue management best practices – a one-stop shop for transportation professionals.

A high level of interest has also been expressed by participants and others regarding the workshop *Proceedings*. One presenter commented that the sheer volume of information presented was too much to absorb over the two days of the workshop. Accordingly, we have assembled these *Proceedings* to maintain the initiative begun by the workshop.

In the following pages you will find the welcoming address given by Ron Jackson, Assistant Deputy Minister, Safety and Security, Transport Canada, and an outline of workshop objectives and expectations given by Gaétan Boucher, Director General, Safety Programs, Strategies and Coordination, Transport Canada. You will find summaries of the presentations by leading Canadian and American researchers and experts on current scientific knowledge and concepts, fatigue management programs, and industry perspectives. Finally, you will find discussion notes from the four working groups on high-tech and low-tech countermeasures, countermeasure implementation strategies and evaluation techniques, impediments to effective fatigue

management, encouragement of buy-in, and gaps in current knowledge and the R&D initiatives needed to fill them.

In conclusion, I am pleased to note that participants reached consensus on a number of recommendations that are now being considered by Transport Canada and other stakeholders.

---

## Avant-propos

**W.F. Johnson**

Directeur exécutif

Centre de développement des transports, Transports Canada

Montréal, Québec

Je suis très heureux de cette occasion qui m'est offerte de remercier chaleureusement tous les conférenciers, participants et commanditaires qui ont aidé le Centre de développement des transports à faire de l'*Atelier sur la fatigue dans les transports : questions et réponses multimodales* un succès marquant. Plus de 75 chercheurs, représentants d'organismes de réglementation, enquêteurs et exploitants de sociétés de transport sont venus de partout en Amérique du Nord pour participer à cet atelier (le premier organisé par le CDT sur cette question) qui a eu lieu au Centre de conférences du gouvernement, à Ottawa, les 15 et 16 octobre 1998. J'aimerais également remercier les organisateurs de l'atelier – Alex Vincent, Ergonomiste principal, et Sesto Vespa, Agent principal de développement – de leur immense travail et de leur enthousiasme à l'égard de ce projet.

Cet atelier visait à informer les intervenants de l'industrie canadienne des transports des dernières découvertes et faits établis en ce qui a trait à la gestion de la fatigue, à offrir un forum pour l'échange d'informations, et à cerner les domaines où les besoins de R&D sont les plus pressants. Ces objectifs ont été atteints.

La riche expérience et la masse de connaissances mises en commun par tous les participants à l'atelier, ainsi que les échanges transmodaux sur les problèmes que pose la fatigue et les solutions élaborées, ont permis de jeter les bases d'un réseau canadien de ressources sur la gestion de la fatigue dans les transports. De plus, les commentaires formulés par les groupes de travail aideront Transports Canada à mettre au point des initiatives cohérentes et efficaces pour contrer les effets de la fatigue sur la sécurité et la sûreté dans les transports.

Les réactions à l'atelier ont été très favorables. De nombreux participants, faisant remarquer que la R&D sur la gestion de la fatigue est un processus continu, ont suggéré des rééditions annuelles de cet atelier, qui permettraient aux experts de faire le point sur les dernières découvertes dans le domaine – celui-ci deviendrait un carrefour où convergeraient une fois l'an les spécialistes en transports.

Les participants ainsi que d'autres personnes se sont dits vivement intéressés par la publication d'un compte rendu de l'atelier. Aux dires d'un des conférenciers, la masse d'informations présentée était trop grande pour être absorbée en deux jours. C'est pourquoi nous avons préparé l'édition du présent *Compte rendu*, comme suite à l'atelier.

Vous pourrez lire dans ces pages le mot de bienvenue prononcé par Ron Jackson, Sous-ministre adjoint, Sécurité et sûreté, Transports Canada, et un aperçu des buts de l'atelier et des résultats attendus, présenté par Gaétan Boucher, Directeur général, Programmes de sécurité, stratégies et

coordination, Transports Canada. Vous pourrez également lire le sommaire des exposés présentés par d'éminents chercheurs et experts canadiens et américains sur l'état des connaissances et concepts scientifiques, les programmes de gestion de la fatigue, ainsi que le point de vue de l'industrie. Finalement, vous y trouverez les grandes lignes qui sont ressorties des discussions sur les contre-mesures élémentaires et de haute technologie à la fatigue, les stratégies de mise en œuvre et les techniques d'évaluation des contre-mesures, les obstacles à une gestion efficace de la fatigue, l'incitation à l'engagement, et les trous dans les connaissances actuelles et les travaux de R&D à entreprendre pour combler ces trous.

En conclusion, je suis heureux de voir que les participants ont réussi à établir un consensus sur un certain nombre de recommandations qui sont maintenant étudiées par Transports Canada et d'autres intervenants.



---

## Welcome to Participants

### Ron Jackson

Assistant Deputy Minister  
Safety and Security, Transport Canada  
Ottawa, Ontario

Good morning, ladies and gentlemen. Welcome to Ottawa, and welcome to the Government Conference Centre. This two-day workshop, as you know, is on *Fatigue in Transportation: Multimodal Issues and Solutions*.

Our top priority in Transport Canada, now that we have got out of operations and are focussing principally on policy and safety, is the safety and security of the transportation system. Because human error is estimated to cause seventy to eighty percent of critical incidents in all transportation modes, we recognize that the greatest increase to system safety will be gained by studying and understanding the human component of the transportation system.

An unknown but significant proportion of human error is fatigue-related. Accordingly, Transport Canada programs continue to target fatigue, in collaboration with numerous stakeholders. For example, we have undertaken large studies of truck driver fatigue in collaboration with U.S. colleagues, which will result in more effective regulations and guidelines for ensuring safety on our public roadways. We are undertaking an extensive program of research into air crew fatigue. Our program of marine safety research addresses the uniquely Canadian issue of fatigue in Arctic marine operations.

The impact of circadian factors on work performance and on the normal restorative nature of sleep has been well documented. In particular, operator efficiency is reduced by cumulative sleep loss from overtime, and task performance over the work cycle is reduced by night shift circadian effects. When high stress and fatigue levels in the human component of the transportation system reduce operator performance, the safety and efficiency of the system are reduced.

By working together to counteract the impact of fatigue on our transportation system, we can jointly achieve a significant increase in public safety and security. We will accomplish this by determining how fatigue interacts with other factors to reduce safety, by conducting human factors research to develop the most effective fatigue countermeasures, by informing transportation professionals about resulting advances, and by applying fatigue countermeasures in the field at every opportunity. You have been invited to this workshop to help us carry out that task.

Fatigue countermeasures and management programs must be developed, implemented, and evaluated cooperatively by government and industry. By initiating multimodal research and information sharing with industry and other government stakeholders on the complex issue of fatigue, you and Transport Canada will work together to increase the overall safety and efficiency of the transportation system.

In closing, I wish you a successful and productive workshop. I would now like to introduce my colleague, Mr. Gaétan Boucher, who will go over the workshop objectives and expectations.

---

## Mot de bienvenue

**Ron Jackson**

Sous-ministre adjoint

Sécurité et sûreté, Transports Canada

Ottawa, Ontario

Bonjour mesdames et messieurs. Bienvenue à Ottawa et bienvenue au Centre de conférences du gouvernement. Cet atelier de deux jours, comme vous le savez, porte sur la *fatigue dans les transports : questions et réponses multimodales*.

Notre priorité à Transports Canada, maintenant que nous avons délaissé les opérations pour nous concentrer principalement sur les questions de politique et de sécurité, c'est la sécurité et la sûreté du système de transports. Comme on estime que 70 à 80 p. 100 des incidents graves à survenir dans tous les modes de transport sont attribuables à une erreur humaine, nous croyons que c'est en étudiant et en comprenant mieux les facteurs humains reliés au transport que nous obtiendrons les gains les plus marqués au chapitre de la sécurité.

Une proportion indéterminée mais importante des erreurs humaines est due à la fatigue. C'est pourquoi les programmes de Transports Canada continuent de se pencher sur la fatigue, en collaboration avec de nombreux partenaires. C'est ainsi que nous avons lancé, avec des chercheurs américains, de vastes études sur la fatigue chez les camionneurs, qui déboucheront sur des règlements et des lignes directrices plus efficaces pour garantir la sûreté de nos voies publiques. Nous sommes par ailleurs à mettre sur pied un programme de recherche approfondi sur la fatigue de pilotes d'avion. Notre programme de recherche en sécurité maritime traite d'un problème qui touche de façon unique le Canada, soit la fatigue des équipages affectés aux opérations dans l'Arctique.

L'impact des facteurs circadiens sur le rendement au travail et sur le pouvoir de récupération associé au sommeil a été bien documenté. Ainsi, on note un lien entre la baisse du rendement des conducteurs et le déficit de sommeil dû aux heures supplémentaires, et entre la diminution de la performance au volant et les perturbations du rythme circadien associées au travail nocturne. Lorsque des niveaux élevés de stress et de fatigue sont observés chez la composante humaine du système de transports, ils se traduisent par une diminution de la performance des conducteurs, et mettent en cause la sûreté et l'efficacité du système.

C'est en travaillant ensemble à contrer les effets de la fatigue sur notre système de transports que nous pourrions accroître de façon significative la sûreté et la sécurité du public. Nous y arriverons en déterminant comment la fatigue interagit avec d'autres facteurs pour réduire la sûreté, en menant des recherches sur les facteurs humains de façon à mettre au point les contre-mesures les plus efficaces à la fatigue, en informant les professionnels du transport des progrès réalisés et en saisissant toutes les occasions de mettre en oeuvre «sur le terrain» ces contre-mesures. Vous avez été invités à cet atelier pour nous aider à accomplir cette tâche.

Le gouvernement et l'industrie doivent travailler de concert à l'élaboration, la mise en oeuvre et l'évaluation de contre-mesures à la fatigue et de programmes de gestion de la fatigue. En lançant des recherches multimodales et en veillant au partage de l'information entre l'industrie et les autres organismes gouvernementaux intéressés au problème complexe de la fatigue, vous et nous, Transports Canada, progresserons ensemble vers un système de transports plus sûr et plus efficace.

En terminant, je vous souhaite un atelier productif et couronné de succès. J'aimerais maintenant laisser la parole à mon collègue, M. Gaétan Boucher, qui exposera les objectifs de l'atelier.

---

## Workshop Objectives and Expectations

**Gaétan Boucher**

Director General, Safety Programs, Strategies and Coordination  
Transport Canada  
Ottawa, Ontario

Thank you, Mr. Jackson. I'd like to welcome you to this *Fatigue in Transportation* workshop here in Ottawa. The Transportation Development Centre has undertaken this important initiative to provide a forum for exchange of information, to make the most advanced and proven developments in fatigue management available to all stakeholders in the Canadian transportation industry, and to determine where human factors R&D initiatives are most needed.

We hope to convey to transportation professionals current knowledge concerning the nature of fatigue and its effects, and the most effective fatigue countermeasures that are available across all transportation modes. I am sure we all agree that a better understanding of how to implement an effective fatigue management program will help managers to reduce the effects of fatigue in their organizations, enhancing transportation safety and operator efficiency.

As Mr. Jackson has mentioned, the Transportation Development Centre has been actively involved in fatigue research for over a decade. The work that we have just completed on the Commercial Vehicle Driver Fatigue and Alertness Study, a \$6.5 million research initiative, was done in collaboration with the U.S. Federal Highway Administration, and we have here one of their representatives, Mr. Carroll. This research will assist Transport Canada in improving hours-of-service regulations in the trucking industry. We have signed a new R&D collaboration agreement with the U.S. Department of Transport to conduct research for the in-service demonstration and evaluation of fatigue management technologies applied to motor carriers, which will take us into the next millennium. We also have initiatives in the air mode, as well as ongoing studies on the marine side.

The presentations that you are about to hear will show you why fatigue's impact on transportation should concern us all. You will find out about where it starts (the causes of fatigue), where it ends (accidents and critical incidents), and the tools we have to intervene and break that chain. You will also hear about how fatigue's role in an accident is determined. Other presentations will include an overview of fatigue management concepts and the process by which research results are developed into practical applications. Presenters will tell us about the most recent advances and best practices in fatigue management techniques, and the practical issues to be solved for their effective implementation. Case study presentations will inform us of the outcomes of various fatigue countermeasures that have been applied to increase safety in all modes of transportation.

Fatigue countermeasures must be developed with a thorough understanding of fatigue and human physiology, and their interactions in the workplace and in the home. It must also involve full collaboration between government and the transportation industry.

One theme of this workshop is about establishing connections. We want to connect research and applied domains, we want to develop connections between stakeholders, and we want to develop connections between modes. Fatigue countermeasures have traditionally been developed and implemented within modal boundaries. The wealth of research results now offers an opportunity to proactively apply fatigue countermeasures cross-modally – in other words, collaborate to avoid reinventing the wheel. Research is costly – intermodal collaboration will increase efficiency and help to establish a useful “taxonomy” of fatigue-related issues and solutions.

We want you to know what we and others in the transportation industry have developed to minimize the impact of fatigue on safety, and how you can implement the specific fatigue countermeasures appropriate to your areas of responsibility.

We want to find out what industry is doing proactively, and what the results are. If the results of your fatigue management program were negative, why did the implementation fail? If it was a success, we need to know why your implementation succeeded, and if similar efforts can be developed in other modes. Your information is important to us. Working session output will help to guide and direct future Canadian and international multimodal R&D in the area of fatigue.

As we listen to the upcoming presentations, I would like you to evaluate what you hear in the context of your own areas of responsibility. Please make note of your ideas, concerns, and questions, and bring them up in the working group and plenary sessions.

We hope that the workshop will stimulate the dissemination of documented information pertaining to fatigue and effective countermeasure implementation throughout the Canadian transportation system. The information will help to increase system safety through the systematic selection and implementation of the soundest solutions to counteract the effects of fatigue.

By gathering together many of the most knowledgeable people in the field, TDC hopes to lay the foundation for a Canadian resource network on fatigue management in transportation. This network will support Transport Canada in its effort to acquire and disseminate knowledge, to sensitize and educate partners on the issues surrounding fatigue, and to minimize its negative impact on safety through regulations, policies, and programs.

Once again, I welcome you and thank you for taking the time to join us in tackling this important issue. As Mr. Jackson noted, if human factors are responsible for 70 to 80 percent of accidents, this subject is certainly worthy of further study.

Again, in the name of Transport Canada and my name, thank you for joining us, and I hope this is going to be a productive meeting. Thank you very much.

---

## Buts de l'atelier et résultats attendus

**Gaétan Boucher**

Directeur général, Programmes de sécurité, stratégies et coordination

Transports Canada

Ottawa, Ontario

Merci, Monsieur Jackson. Je vous souhaite la plus cordiale bienvenue à l'*Atelier sur la fatigue dans les transports*. Le but du Centre de développement des transports, en lançant cette initiative d'envergure, était d'offrir un forum pour l'échange d'informations, de permettre à tous les intervenants de l'industrie canadienne des transports de faire le point sur les dernières découvertes et techniques éprouvées touchant la gestion de la fatigue, et de cerner les axes de recherche et de développement où les besoins se font le plus pressants, dans le secteur de l'ergonomie.

Nous espérons, dans les deux prochains jours, partager avec les professionnels du domaine des transports, avec vous tous, les connaissances actuelles en ce qui a trait à la fatigue et à ses effets, et en ce qui a trait aux mesures les plus efficaces dans les différents modes de transport pour contrer ce phénomène. Je pense qu'on est tous d'accord sur le fait qu'une meilleure compréhension de la façon de mettre en vigueur un programme efficace de gestion de la fatigue aidera les gestionnaires à en réduire les effets sur leurs exploitations et, par le fait même, contribuera à la sécurité et à l'efficacité du système.

Comme Monsieur Jackson l'a mentionné, le Centre de développement des transports participe activement depuis plus de dix ans déjà à la recherche sur la fatigue. L'*Étude sur la fatigue et la vigilance des conducteurs de véhicules utilitaires*, une étude de 6,5 millions de dollars qui vient tout juste de s'achever, a été réalisée de concert avec la *U.S. Federal Highway Administration*, dont nous accueillons aujourd'hui un représentant, Monsieur Carroll. Transports Canada compte s'inspirer des conclusions de cette étude pour améliorer les règles sur les heures de service dans l'industrie du camionnage. Nous avons conclu une nouvelle entente de coopération en matière de R&D avec le ministère des Transports des États-Unis, en vue de faire des essais de démonstration et d'évaluation en service de technologies de gestion de la fatigue appliquées aux transporteurs routiers, travaux qui nous mèneront jusque dans le prochain millénaire. Des initiatives sont également en cours du côté du transport aérien, ainsi que dans le secteur du transport maritime.

Après avoir entendu les exposés de nos conférenciers, vous verrez mieux pourquoi les effets de la fatigue sur les transports nous concernent tous. Vous découvrirez où commence la fatigue (ses causes) et où elle finit (accidents et incidents graves), et les outils dont nous disposons pour intervenir et briser cette chaîne de causalité. Vous verrez également comment on s'y prend pour déterminer le rôle de la fatigue dans un accident. Les autres exposés vous donneront un aperçu des grands concepts à la base de la gestion de la fatigue et de la façon dont les résultats des travaux de recherche sont traduits en applications concrètes. Les conférenciers nous entretiendront des technologies de pointe et des «meilleures pratiques» concernant la gestion de la fatigue, et des obstacles à aplanir avant de pouvoir les appliquer efficacement. Des analyses de cas

réels nous permettront d'apprécier les résultats de diverses contre-mesures à la fatigue mises en oeuvre pour accroître la sécurité dans tous les modes de transport.

Les mesures pour combattre le phénomène de la fatigue doivent être développées avec une compréhension très poussée de la fatigue et de la physiologie humaine, ainsi que des interactions tant au travail qu'à la maison. La collaboration de l'industrie et du gouvernement est aussi essentielle pour mettre de l'avant des mesures efficaces pour contrer ce phénomène.

Un des thèmes de cet atelier est l'établissement de liens. Nous voulons amarrer la recherche aux applications, nous voulons établir un réseau de communication entre les intervenants, et nous voulons jeter des ponts entre les modes de transport. Les contre-mesures à la fatigue ont toujours été conçues et mises en oeuvre à l'intérieur des frontières modales. La masse des résultats de recherche nous donne maintenant l'occasion d'appliquer les contre-mesures à la fatigue d'une façon qui recoupe tous les modes de transport – autrement dit, de collaborer pour ne pas réinventer la roue. La recherche est coûteuse – la coopération intermodale non seulement accroîtra le rendement des investissements en recherche, mais contribuera à établir une précieuse «taxinomie» des questions et solutions reliées à la fatigue.

Nous voulons vous faire part des mesures que nous avons envisagées, nous et d'autres intervenants du secteur des transports, pour minimiser la menace que fait peser la fatigue sur la sécurité, et vous indiquer comment vous pouvez mettre en application des contre-mesures à la fatigue qui conviennent particulièrement à vos champs de responsabilité respectifs.

Nous voulons connaître, en contrepartie, les initiatives prises par l'industrie, et les résultats de ces initiatives. Si votre programme de gestion de la fatigue n'a pas porté fruit, à quoi attribuez-vous cet échec? Si, au contraire, il a été couronné de succès, donnez-nous les raisons de ce succès; votre expérience peut-elle être reproduite dans les autres modes de transport? Vos commentaires sont précieux pour nous. Les comptes rendus des séances de discussion contribueront à orienter les projets canadiens et multinationaux de R&D sur la fatigue, à l'échelle de tous les modes de transport.

Il est important que nous partagions nos expériences et je vous encourage à évaluer ce que vous entendrez dans le contexte de votre propre champ de responsabilités. Je vous encourage à faire connaître vos idées, vos inquiétudes et vos commentaires lors des ateliers de travail et durant la plénière.

Nous espérons que cet atelier suscitera la diffusion d'informations documentées sur la fatigue et sur la mise en oeuvre de contre-mesures efficaces à la fatigue, dans tout le système canadien des transports. Cette information contribuera à rendre les transports plus sûrs, en systématisant le choix et la mise en oeuvre des meilleures solutions pour contrer les effets de la fatigue.

En réunissant en un même lieu plusieurs des éminents spécialistes de la question, le CDT souhaite jeter les bases d'un réseau canadien de ressources sur la gestion de la fatigue dans les transports. Ce réseau appuiera Transports Canada dans ses efforts pour acquérir et diffuser les connaissances, pour sensibiliser et former ses partenaires sur les questions relatives à la fatigue, et



pour établir des réglementations, des politiques et des programmes propres à limiter les effets indésirables de la fatigue sur la sécurité.

Encore une fois, bienvenue à cet atelier de travail et merci d'avoir pris le temps de vous joindre à nous pour discuter de cet enjeu important. Comme le faisait remarquer Monsieur Jackson, si les facteurs humains sont responsables de 70 p. cent à 80 p. cent des accidents, il vaut certainement la peine de s'y arrêter et de les étudier davantage.

Au nom de Transports Canada et en mon nom personnel, merci d'être là, et j'espère que cette rencontre profitera à tous.



---

## Table of Contents/Table des matières

The Evidence that Fatigue Causes Accidents .....	1
<i>Maury Hill</i>	
Impediments to Progress in Fatigue .....	15
<i>Alex Vincent</i>	
Putting the Scientific Knowledge into Practice .....	25
<i>Sesto Vespa</i>	
Sleep and Circadian Impacts on Performance.....	45
<i>Diane B. Boivin</i>	
Jetlag, Gamma Activity, and Managing Pilot Fatigue .....	55
<i>H. Weinberg, K.J. Jantzen, D. Cheyne, P. Carson, R. Joly, A. Vincent</i>	
Determining the Causal Role of Fatigue in Accident Investigations.....	73
<i>Leo Donati</i>	
Fatigue in Maintenance Operations .....	91
<i>Brian M. O'Rourke</i>	
Trucking Industry View of Hours-of-Service Regulations and Fatigue Management.....	103
<i>Graham Cooper</i>	
Review of Fatigue Management Concepts and Strategies.....	113
<i>Ronald J. Heslegrave</i>	
Fatigue Management Program for Alberta's Trucking Industry .....	133
<i>Lane Kranenburg</i>	
U.S. DOT Initiatives for Reducing Fatigue Incidence in Road Transport .....	137
<i>Robert J. Carroll</i>	
Recent Advances in Alertness Applications in the Transportation Industry.....	159
<i>Andy Lehrer</i>	
Countermeasures: Facts and Strategies.....	169
<i>Jeffrey J. Lipsitz</i>	
Organized Labour's Role in Fatigue Risk Reduction.....	177
<i>Don Anderson, T.G. Hucker</i>	

The Impact of Extended Crewing Periods in Ship Operations.....	195
<i>Philip Murdock</i>	
Fatigue in Canadian Coast Guard Operations.....	203
<i>Barbara Cameron</i>	
Pilot Fatigue .....	217
<i>Jack Woods</i>	
Effects of 12-Hour Rotating Work Schedules on the Health and Safety of Refinery Operators .....	223
<i>M.A. Bourdouxhe, D. Granger, R.H. Baril, M. Levy, P.R. Massicotte, F.L. Lemay, Y. Quéinnec, S.C. Guertin</i>	
Working Groups/Groupes de travail.....	233
Participants .....	257

---

# The Evidence that Fatigue Causes Accidents

**Maury Hill**

Transportation Safety Board of Canada  
Hull, Quebec

## **SUMMARY**

The TSB of Canada has investigated many occurrences where fatigue has been suspected of contributing to or causing accidents; however, that connection was difficult to justify because the vital links between the unsafe acts and decisions which led to the accidents and the fatigue state of the people involved were difficult to make. That is, developing a causal link between fatigue and crew performance has been a considerable challenge.

The reasons for not making the links have varied. At one time, fatigue was discounted as a potential cause for human error; indeed, a common myth existed that fatigue could be prevented by characteristics of personality, intelligence, education, training, skill, compensation, motivation, physical size, strength, attractiveness, or professionalism. This myth manifested itself as a rather pervasive "can do" attitude with respect to the effects of fatigue in the workplace. Also, the lack of scientifically accepted information on how fatigue affects not only mood and feelings, but individual and team performance as well, constrained investigators and analysts. Furthermore, guidance on how to investigate for fatigue and build the links between a person's recent history and potential impairment has been lacking. Unlike alcohol and drugs, which can be measured by, for example, blood tests, no unequivocal physical or chemical test can tell us that a person was impaired to a certain extent by fatigue.

Notwithstanding these constraints, fatigue is now recognized by the TSB and other investigative agencies around the world as a contributor to many transportation occurrences. The available accident record indicates clearly that fatigue does play a role in accident causation.

That fatigue could play a role in transportation occurrences should not be surprising, given the ubiquitous nature of fatigue in our society, and the lack of a scientific basis for conventional industrial work/rest schedules. For example, most legislated schedules have been described as being founded on four myths: All hours are equal and interchangeable; fatigue is a function of consecutive hours worked; recovery from fatigue is related to hours just worked; and not working is the equivalent of resting.

It is now recognized that essentially every aspect of human performance can be degraded by sleep loss and sleepiness, including physical, psychomotor, and mental performance; mood; and attitudes toward risk-taking and safety. Central to an understanding of how fatigue can be causal or contributory to accidents is a good foundation in the issues relating to sleep and fatigue, including the basic concepts of alertness, the biological clock, sleep/wake cycles, the nature and the function of sleep, quantity and quality of sleep, sleep disorders/disturbances, irregular

schedules and their impact on alertness, circadian dysrhythmia, and the effects of fatigue on performance.

The presentation provides examples of contemporary transportation accidents for which fatigue was found to be causally involved, and a discussion of the safety actions recommended by the TSB in response to them.

## **SOMMAIRE**

Le Bureau de la sécurité des transports (BST) du Canada a examiné de nombreux cas d'accidents dans lesquels la fatigue a été soupçonnée d'avoir joué un rôle accessoire ou essentiel; mais ce rôle de la fatigue était difficile à justifier, en raison de la difficulté d'établir les liens naturels entre les décisions et les gestes qui avaient mené à l'accident et l'état de fatigue des personnes en cause. En d'autres mots, l'établissement d'un lien causal entre la fatigue et la performance de l'équipage représente une difficulté majeure pour les enquêteurs.

Diverses raisons expliquent pourquoi ces liens n'ont pas été établis. Il fut une époque où la fatigue était exclue d'emblée des causes possibles d'erreur humaine; en effet, prévalait alors la croyance selon laquelle les traits de personnalité, l'intelligence, l'éducation, la formation, l'habileté, la rétribution, la motivation, la taille, la force physique, l'apparence ou le professionnalisme pouvaient faire échec à la fatigue. Cette croyance se traduisait par une attitude «trionphante» assez généralisée à l'égard des effets de la fatigue au travail. De plus, les chercheurs et les analystes disposaient de peu de données scientifiques pour comprendre comment la fatigue influe non seulement sur l'humeur et les émotions, mais aussi sur le rendement individuel et le rendement d'équipe. Sans compter l'absence de lignes directrices claires sur la façon de cerner le rôle de la fatigue dans un accident et d'établir des liens entre le passé récent d'une personne et l'altération de ses performances. En effet, contrairement à l'alcool et aux drogues, qui peuvent être mesurés par des analyses sanguines, il n'existe pas d'outil physique ou chimique pour déterminer à coup sûr le rôle de la fatigue dans l'altération des performances.

Nonobstant ces contraintes, le BST et d'autres organismes d'enquête ailleurs dans le monde reconnaissent désormais le rôle de la fatigue dans de nombreux accidents de transport. Le dossier des rapports d'accidents établis jusqu'à maintenant indique clairement un lien de cause à effet entre la fatigue et les accidents.

Que la fatigue joue un rôle dans les accidents de transport ne devrait étonner personne, compte tenu de l'ubiquité de la fatigue dans notre société, et du peu de fondements scientifiques sur lesquels s'appuie la confection des horaires de travail et de repos des travailleurs industriels. Par exemple, la plupart des horaires visés par la réglementation obéissent à quatre principes fallacieux : une heure est une heure, peu important le moment du jour, les conditions environnementales, etc.; la fatigue est fonction du nombre d'heures de travail consécutives; le temps nécessaire pour récupérer dépend du nombre d'heures tout juste travaillées; et le fait de ne pas être au travail équivaut à se reposer.

Il est maintenant reconnu que le manque de sommeil et la somnolence peuvent entraîner une dégradation de tous les aspects, ou presque, de la performance humaine : la forme physique, la psychomotricité, la promptitude mentale; l'humeur; et les attitudes à l'égard de la prise de risques et de la sécurité. Pour comprendre comment la fatigue peut contribuer à un accident ou en être la cause, il importe de bien maîtriser certaines notions de base se rapportant au sommeil et à la fatigue, soit des concepts comme la vigilance, l'horloge biologique, les cycles veille-sommeil, la nature et la fonction du sommeil, la quantité et la qualité du sommeil, les troubles du sommeil, les horaires irréguliers et leurs répercussions sur la vigilance, la perturbation du rythme circadien et les effets de la fatigue sur la performance.

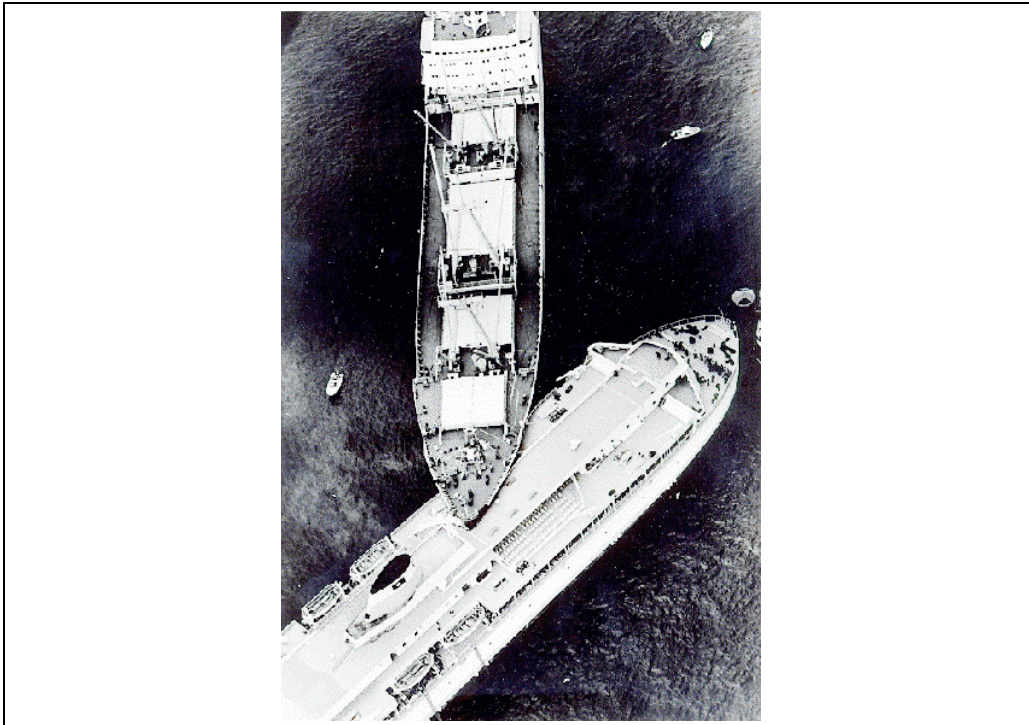
La présentation donne des exemples d'accidents de transport récents dans lesquels la fatigue a été pointée du doigt, et elle expose les mesures de sécurité recommandées par le BST par suite de ces accidents.





# **The Role of Fatigue in Transportation Occurrences**

**Maury Hill  
Chief, Human Performance  
Transportation Safety Board of  
Canada**



## Human Factor Involvement....

“It is actually a matter of reasonable demonstration that at least 75% of the casualties might be avoided by increase of interest on the part of the employee and the earnest concentration of his best thoughts on the subject”

J.O. Fagen, 1908



## Role of Human Factors

### The Premise

- “human error is a major contributory cause of 90% of accidents...”



HSE Accident Prevention Advisory Unit, 1995

## Role of Human Factors

### The Premise

- **“human error is a major contributory cause of 90% of accidents, 70% of which could have been prevented by management action.”**



HSE Accident Prevention Advisory Unit, 1995

### *Fatigue in Accidents*



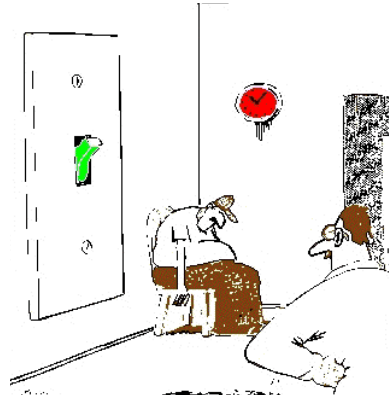
### HOURS OF SERVICE

#### The Myths

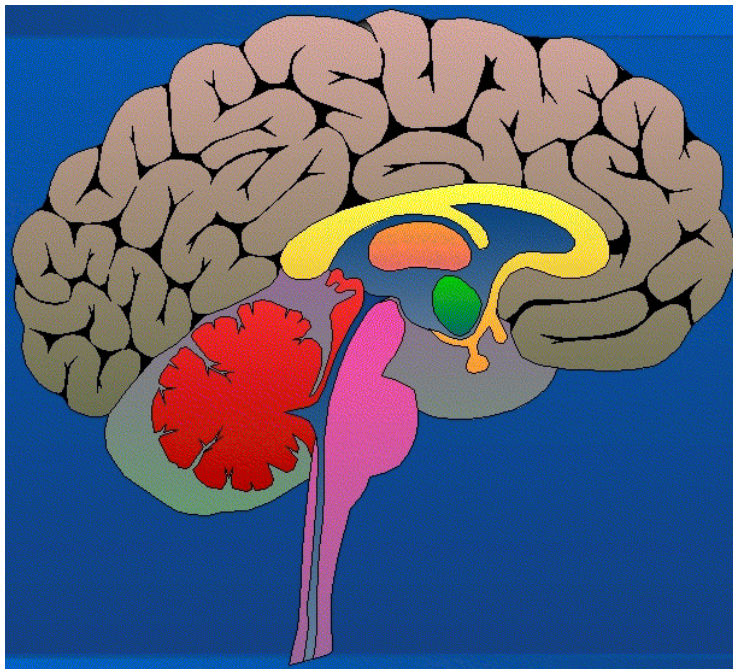
- **All hours are equal and interchangeable**
- **Fatigue is a function of consecutive hours worked**
- **Recovery from fatigue is related to hours just worked**
- **Not working = rest**



## *Fatigue in Accidents*



**On what was to be his last day on the job,  
Gus is caught asleep at the switch.**

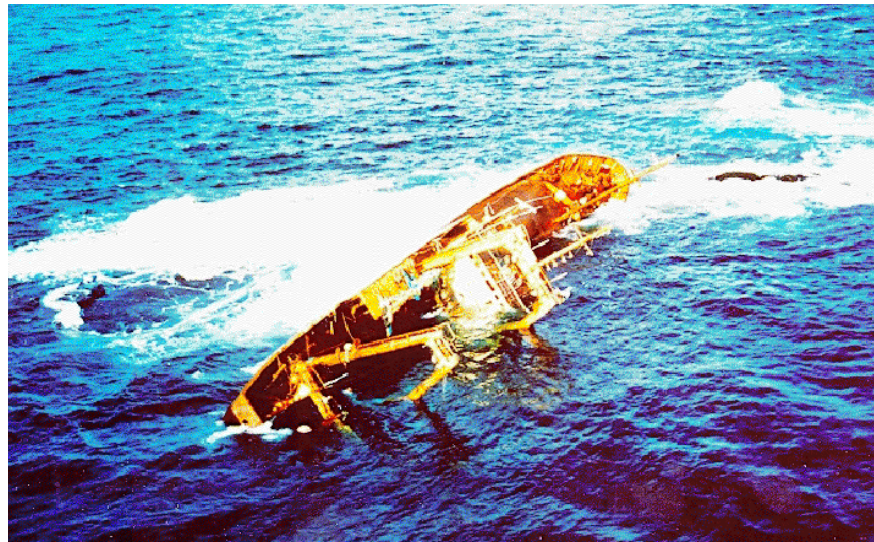


## *Fatigue in Accidents*

### **The Nature of Fatigue**

- **“Fatigue is neither caused nor prevented by personality, education, compensation, experience, intelligence, skill level, physical size, strength, motivation, attractiveness, professionalism, or training”**
- **“The effects of fatigue on performance are based in changes in brain function”**

(Dinges, 1995)



## *Fatigue in Accidents*

### **Establishing Fatigue as a Causal or Contributing Factor**

- **Step 1:** Determine whether the person or crew was in a fatigued state
- **Step 2:** Determine whether the unsafe act or decision is consistent with the type of behaviour expected of a fatigued person or crew



## *Fatigue in Accidents*

### **ATC - Loss of Separation**

**In coordinating a step-climb for an east-bound flight, the planner forgot a step in the procedure, resulting in a loss of separation**

- **Step-climbs occur on midnight shift at end of shift**
- **Midnight shift scheduled following short-change shift**



## *Fatigue in Accidents*



### **Bulk Carrier “Nirja”**

**While attempting to berth,  
did not negotiate a turn –  
struck a tanker and the wharf**

- **Pilot on duty for 22 hours**
- **No guidance on fatigue,  
work-rest issues**

## *Fatigue in Accidents*



**While returning to Westport, Nova Scotia, ... on the second day of the 1993 lobster fishing season, the “STUMP JUMPER” ran aground on a rock ledge in the approach channel, resulting in the total loss of the vessel. Three of the four crew members were rescued by two other fishing vessels but the operator lost his life.**

**The Board determined that the “STUMP JUMPER” grounded due to a navigational error while making an approach to the harbour, in part because the operator’s performance was impaired by his poor health and work-induced fatigue....**

## *Fatigue in Accidents*

### **Train Collision**

**Two freight trains collided at Greely, BC – extensive damage, minor injuries**

- **Engineer had been awake for 25.5 hours, but was in compliance**
- **Regulatory requirements do not address cumulative sleep debt**



## *Fatigue in Accidents*

**On 16 February 1995, at 0349 eastern standard time (EST), a freight train, travelling eastward on the Strathroy Subdivision in London, Ontario, collided with the rear of a stationary freight train. The force of the collision propelled the stationary train eastward where it collided with another stationary freight train. Two employees sustained serious injuries.**

**The Board determined that the locomotive engineer of the moving train probably experienced a sleep episode, and not only missed a critical restrictive signal indication, but was unable to intervene as the train approached and struck the stationary cars....**





## *Fatigue in Accidents*



**Awake, Awake!**



---

## Impediments to Progress in Fatigue

**Alex Vincent**

Transportation Development Centre, Transport Canada  
Montreal, Quebec

### **SUMMARY**

In the 24-hour society, eradicating the effects of fatigue from transportation systems in the short to medium term will be virtually impossible. The financial impact of fatigue is already enormous, running into the billions for North America. More important, 70 to 80 percent of collisions and incidents are caused by human error, and operator fatigue is a determinant in the cause of errors. The issue for all stakeholders is how to minimize fatigue and maximize safety in the Canadian transportation system.

Two approaches can minimize the probability of human error: reactive and proactive action.

- Reactive: post-incident investigating of fatigue's role, either as primary cause or in interaction with other factors. (The impact of fatigue is very difficult to determine in most incidents.)
- Proactive: addressing the fatigue issue within operations to minimize the likelihood that fatigue will be present where safety is critical. This process involves determining where fatigue is most likely to be present in operations and where it could undermine safety.

The overall goal is to develop, implement, and evaluate countermeasures. Two key issues arise:

- Definition of fatigue
- Measurement of fatigue and its impact

In the area of operationally focussed research, we need to define fatigue in a way that allows its impact to be validly and reliably measured. In other words, we need to develop a fatigue metric. No agreed upon, universal definition of fatigue currently exists. Any definition of fatigue must account for the factors outlined in Table 1, all of which may interact.

To assess fatigue's impact, we need tools to measure the level of fatigue and to determine the magnitude of its effects. To measure something, it is necessary to define it in a quantifiable way. Varied definitions have led to numerous ways of measuring fatigue. Consequently, different countermeasures are devised to minimize the impact of fatigue on operations.

The most frequently replicated finding in research on fatigue, and also the single largest impediment to the development of a fatigue metric, is that the effects associated with fatigue vary largely within individuals over time and across individuals. This prevents us from defining fatigue in a way that will lead to an accurate measurement of effects, and thus to an effective set of possible countermeasures.

**Table 1**  
Subjective list of causes, effects, and countermeasures

<b>Causes</b>	<b>Effects</b>	<b>Countermeasures</b>
Sleep deprivation	Drowsiness	Sleep
Low-quality rest	Loss of alertness	Naps
Circadian cycle disruption	Inattention	Medication
Time on task	Loss of arousal	Breaks
Task demands	Performance decrease	Lifestyle
Schedules	Tiredness	Stimulants
Drugs/alcohol	Physiological changes	Fatigue management
Medication	Lapse/slip	Training
Exertion		Safety culture
Work environment	Diminished situational	Policies and procedures
Age	awareness	Regulations
Personality traits		Workplace design
Stress		Employee assistance programs (EAPs)

In practice, fatigue researchers measure fatigue in different ways (behaviour, physiology, questionnaires) and then modify their definition according to the results obtained. However, such changes in the definition lead to changes in research and measurement methods and to diverging results (e.g., large individual differences may make it impossible to achieve repeatable results). This situation also contributes to blurring the difference between effective and ineffective countermeasures.

These problems have led to many analogical definitions of fatigue. In one recent example, the effects of sleep deprivation were equated to similar effects associated with blood alcohol concentration. It should be recalled that similar effects can be caused by quite different underlying causes.

This summary describes the primary reasons for having no universal definition of fatigue: multifactorial elements and vast individual differences. The multifactorial elements required to define fatigue prevent the development of a universal definition and subsequently impede measurement and evaluation. At the same time, individual differences minimize the impact of countermeasures.

We currently attempt to measure fatigue using different measures and then modify our definition accordingly. This lack of a definition leads to our inability to develop a fatigue metric, and suggests that we will have great difficulty developing a valid fitness-for-duty test. We will also have difficulty establishing an objective standard that would allow us to confidently predict a particular fatigue level where an operator is unable to safely perform the task at hand.

## SOMMAIRE

Dans une société qui ne fait plus guère de distinction entre le jour et la nuit, il sera presque impossible d'éradiquer, à court ou à moyen terme, les effets de la fatigue dans le secteur des transports. Les répercussions financières de la fatigue sont déjà énormes, se chiffrant en milliards de dollars, en Amérique du Nord seulement. Plus important encore, 70 à 80 p. 100 des collisions et des accidents sont dus à une erreur humaine, et la fatigue du conducteur occupe une place déterminante parmi les causes de ces erreurs. Le problème qui se pose à tous les intervenants est de savoir comment minimiser la fatigue et maximiser la sécurité dans le système canadien des transports.

Deux approches peuvent diminuer la probabilité d'erreur humaine : l'approche «réactive» et l'approche «proactive».

- Approche réactive : après qu'un accident est survenu, déterminer le rôle qu'y a joué la fatigue, soit à titre de facteur causal ou de facteur contributif. (Dans la plupart des accidents, les effets de la fatigue sont très difficiles à cerner).
- Approche proactive : aborder le problème de la fatigue en tâchant de réduire au minimum la probabilité que la fatigue soit en cause dans des fonctions critiques pour la sécurité. Cette approche suppose que l'on caractérise les postes de l'exploitation les plus vulnérables à la fatigue et ceux où les effets de la fatigue risquent de miner la sécurité.

Le but ultime est d'élaborer, de mettre en oeuvre et d'évaluer des contre-mesures à la fatigue. Pour cela, il faut d'abord pouvoir :

- définir la fatigue;
- mesurer la fatigue et ses effets.

Pour les fins de la recherche opérationnelle, il importe d'élaborer une définition de la fatigue qui permettra d'obtenir des mesures valides et fiables de ses effets. Autrement dit, nous devons nous doter d'une «métrologie» de la fatigue. Il n'existe présentement aucune définition universelle de la fatigue, sur laquelle s'entendent tous les chercheurs. Mais toute définition de la fatigue doit prendre en compte les facteurs énumérés au tableau 1, dont aucun ne peut être isolé des autres.

Pour évaluer les répercussions de la fatigue, nous avons besoin d'instruments qui nous permettront de mesurer le degré de fatigue et de déterminer l'ampleur de ses effets. Or, pour pouvoir mesurer une chose, on doit d'abord la définir de façon quantifiable. Des définitions variées ont mené à plusieurs façons de mesurer la fatigue. D'où la diversité des contre-mesures mises au point pour minimiser les répercussions de la fatigue sur les opérations.

Le résultat le plus souvent répété, dans la recherche sur la fatigue, et qui s'avère également le principal obstacle au développement d'une métrologie de la fatigue, est la grande variabilité des effets associés à la fatigue d'une personne à l'autre, et chez une même personne, d'un moment à un autre. D'où l'impossibilité où nous sommes d'arriver à une définition de la fatigue qui nous permettrait d'en mesurer avec précision les effets, et, partant, de concevoir des contre-mesures efficaces.

**Tableau 1**

Liste subjective des causes et effets de la fatigue et des contre-mesures connexes

<b>Causes</b>	<b>Effets</b>	<b>Contre-mesures</b>
Manque de sommeil	Somnolence	Sommeil
Repos de mauvaise qualité	Hypovigilance	Siestes
Perturbation du rythme circadien	Défaut d'attention	Médicaments
Durée de la tâche	Baisse de l'attention	Pauses
Exigences de la tâche	Baisse de performance	Mode de vie
Horaires	Lassitude	Stimulants
Drogues/alcool	Changements physiologiques	Gestion de la fatigue
Médicaments	Erreurs	Formation
Effort		Culture de la sécurité
Environnement de travail	Conscience moins aiguë de l'environnement	Politiques et procédures
Âge	Sensibilisation	Réglementation
Traits de personnalité		Aménagement du lieu de travail
Stress		Programmes d'aide aux employés (PAE)

Dans la pratique, les chercheurs utilisent différents outils pour mesurer la fatigue (comportement, physiologie, questionnaires) et modifient ensuite leur définition pour qu'elle s'accorde avec les résultats obtenus. Mais le fait de modifier ainsi la définition de la fatigue entraîne des changements dans les méthodes de mesure et les protocoles de recherche et mène à des résultats divergeants (et de larges écarts dans les résultats peuvent rendre ceux-ci non répétables). Cette situation contribue en outre à rendre floue la différence entre les contre-mesures efficaces et inefficaces.

Ces problèmes ont mené à de nombreuses définitions analogiques de la fatigue. À titre d'exemple récent, les effets du manque de sommeil ont été assimilés à des effets similaires produits par une concentration d'alcool dans le sang. Or, il convient de rappeler que des causes sous-jacentes radicalement différentes peuvent être à l'origine d'effets semblables.

Le présent exposé donne les principales raisons pour lesquelles il n'existe pas de définition universelle de la fatigue : sa nature multifactorielle et la disparité de ses effets selon les individus. Ce caractère multiple pose un obstacle à l'élaboration d'une définition universelle et donc à la mesure et à l'évaluation de la fatigue. En même temps, les différences individuelles minent l'impact des contre-mesures.

Nous tentons présentement de mesurer la fatigue à l'aide de différents instruments, pour ensuite modifier notre définition en conséquence. Mais sans définition, il est impossible de mettre au point une véritable métrologie de la fatigue, ce qui laisse entrevoir de grandes difficultés pour l'élaboration d'un test valide de capacité au service. Nous aurons également du mal à établir une norme objective qui nous permettra de prédire de façon fiable le seuil de fatigue auquel le conducteur est incapable d'accomplir la tâche demandée sans menacer la sécurité.

# Impediments to Progress in Fatigue

Alex Vincent

TRANSPORTATION DEVELOPMENT CENTRE



Transport Transports  
Canada Canada

Canada

## Background

- 24 hr. society will prevent us from eradicating the effects of fatigue from transportation operations
- Fatigue's cost impact is in the billions for North America
- Opportunity: to minimize the impact of fatigue in the Canadian transportation system and maximize safety

## Key Issues

1. Definition of fatigue
2. Ability to measure fatigue and its impact
3. Development, implementation, and evaluation of fatigue countermeasures

## Human Error

- Main concern is that 70 to 80% of accidents and incidents are caused by human error
- Human operator state determinant in the causation of errors
- Two approaches to minimizing the probability of human errors: reactive and proactive



## Reactive and Proactive Approaches

- Reactive: post-hoc investigation into determining fatigue's role, as primary cause or in interaction with other factors
- Fatigue is a very difficult cause to determine in all incidents

- Proactive: addressing the fatigue issue within operations to minimize the likelihood that fatigue will be present in safety critical operations

*Overall goal to develop, implement, and evaluate countermeasures*

- This process includes determining:
  - Where fatigue is most likely to be present in operations
  - In which part of the operations would any fatigue level undermine safety
  - Where would any human error have the greatest impact on safety

## Proactive – Needs

- To assess fatigue's impact, we need tools to measure the level of fatigue and to determine the magnitude of its effects
- To measure something, we need to define it in a quantifiable way
- Numerous definitions have led to different ways of measuring fatigue and to different countermeasures

## Fatigue Definition

*A reduction in physical and/or mental capability as the result of physical, mental, or emotional exertion that may impair nearly all physical abilities including: strength, speed, reaction time, coordination, decision-making, or balance*

- This example is lacking in several respects; in particular, it gets us no closer to being able to measure fatigue in a valid and reliable fashion

**Subjective List of Causes, Effects and Countermeasures**

<b>Causes</b>	<b>Effects</b>	<b>Countermeasures</b>
Sleep deprivation	Drowsiness	Sleep
Low-quality rest	Loss of alertness	Naps
Circadian cycle disruption	Inattention	Medication
Time on task	Loss of arousal	Breaks
Task demands	Performance decrease	Lifestyle
Schedules	Feeling tired	Stimulants
Drugs/alcohol	Physiological changes	Fatigue management
Medication	Lapse/slip	Training
Exertion		Safety culture
Work environment	Diminished situational awareness	Policies and proced.
Age		Regulations
Personality traits		Workplace design
Stress		EAPs

## Individual Differences

- Example: objective and subjective fatigue data obtained during driving task
- Very different results among studies using similar procedures and measures
- Effects of countermeasures will be variable over time and between individuals

## Why is there no universal definition of fatigue?

Two primary reasons:

- Multifactorial elements
- Large individual differences

## Conclusions

Issues preventing major progress:

- Multifactorial elements required in defining fatigue impeding a universal definition and rendering measurement and evaluation difficult
- Large individual differences minimizing the actual impact of countermeasures relative to potential
- Fatigue Definition  $\Leftrightarrow$  Effects  $\Leftrightarrow$  Countermeasures

We measure fatigue in several ways and then modify our definition accordingly

---

## **Putting the Scientific Knowledge into Practice**

**Sesto Vespa**

Transportation Development Centre, Transport Canada  
Montreal, Quebec

### **SUMMARY**

In this paper, most references will be to commercial vehicle drivers because the data presented was primarily obtained from drivers working in a motor carrier operating environment, and thus helps maintain the discussion at a more precise scientific level. However, most of the results and observations concern psychophysiological factors or involve aspects of human behaviour which, in large part, are applicable to other safety-related functions and to workers in the other transportation modes.

### **Ensuring Fatigue-Safe Drivers**

Fatigue management initiatives are primarily aimed at ensuring that the driver (airline pilot, train engineman, ship officer-of-the-watch, or wheelsman) and others in safety-critical positions are in a fatigue-safe condition while performing their jobs. On another level, they are intended to ensure that the operating and managerial systems in place around the driver are consistent with sound safety practices, such that drivers get the support they need to work safely under all conditions.

Ensuring that a fatigue-safe driver is behind the wheel requires a detailed knowledge of the factors that contribute to fatigue, the effects of fatigue on safety-related driving performance, fatigue levels at which driving performance is a safety concern, and effective and reliable countermeasures. From the driver fatigue perspective, safe driving requires satisfactory mental skills and mechanical control of the vehicle. Vehicle control functions such as steering, braking, and accelerating must be consistent with road conditions. Driver alertness must be sufficiently high to permit adequate monitoring of vehicle and road conditions, as well as rapid awareness of unusual and unforeseen events and conditions. Driver judgement and decision-making must be sufficiently rapid and robust to provide normal and predictable responses to normal driving situations, and optimal remedial action to unusual and unforeseen events and conditions.

### **Scientific Knowledge about Fatigue and Countermeasures Development**

The existing scientific body of evidence indicates that mechanically performed vehicle control functions are overlearned tasks, like walking, and are among the most resistant to fatigue effects. They can be performed well almost to the point where eyes close and visual feedback is lost. Fatigue has an earlier and more deleterious effect on complex mental functions, such that the more complex mental functions deteriorate first. For conceptual purposes, it can be considered that one level up from vehicle control (level 2) is driver alertness. Maintaining high alertness is critical to safe driving because it is necessary on a continuous basis for adequate monitoring and awareness of the driving environment. Mental functions associated with driver judgement (such as space management around a vehicle, and speed and distance estimates of other vehicles) and

decision-making (such as turning at intersections, changing lanes, obstacle avoidance, and response to loss of traction and jackknifing incidents) could be considered the highest order (level 3) mental functions. In reality, however, there is no clear understanding and no objective measure available to identify the relationships and the hierarchical order of these various functions. Furthermore, no scientific data is yet available to indicate the levels of fatigue that may be acceptable for satisfactory performance of tasks, say, in industrial operations, while driving, or in a battlefield situation.

Because alertness levels decline well before vehicle control abilities as fatigue increases, countermeasures to driving fatigue that concentrate on maintaining high levels of alertness can be expected to correspondingly ensure a high level of vehicle mechanical control. Although the relationships between alertness level and higher order (level 3) mental functions are not known, there is little doubt that they are strongly correlated with alertness.

The primary schedule-related fatigue factors affecting alertness levels in a driving situation, and their relative importance, have now become reasonably well known. Consequently, current concepts for fatigue countermeasures concentrate on maintaining high levels of alertness.

### **Psychophysiological Factors and Human Alertness**

Recent research has clearly demonstrated that alertness levels are, in a fundamental way, determined by psychophysiological factors that are affected by wake/sleep patterns, which in turn are directly related to work/rest schedules. From a work/rest schedule perspective, alertness levels are, in general, determined by the amount of prior sleep, time of day (circadian rhythm effects), and task duration. Additionally, there are large differences between individuals in their susceptibility to fatigue. In the Driver Fatigue and Alertness Study (DFAS), for example, 14 percent of drivers accounted for 54 percent of all observed drowsiness episodes. However, the extent to which these individual differences are stable over time (traits) or temporary and variable with situations (states), is not yet known. The task type also has an important bearing on alertness; however, it is not schedule-related. Interestingly, the more fatigued the individual is as a result of unfavourable work/rest schedules, the more it appears that there is reliance on the external environment (i.e., an interesting task) to sustain some level of attention/watchfulness.

It is now well accepted that amount of prior sleep and circadian rhythms have far more important impacts on alertness than task duration (i.e., driving time). Ongoing laboratory research and population surveys appear to indicate that the nightly need for sleep is about 7½-8½ hours. It is also now becoming apparent from sleep restriction studies that there is a 25 percent drop in performance (based on complex mental operations) for every 24 hours of sleep deprivation. As far as circadian rhythm effects are concerned, it is clear that night cannot be treated as equivalent to day in the planning of work/rest schedules. Using results from the DFAS, for example, there was an eightfold increase in drowsiness during the hours between 2200 and 0600 hours compared to daytime levels. Furthermore, to maximize the amount of sleep obtained and associated recovery effects, sleep periods should occur during the time of day when sleep is most consistent with human physiology and circadian rhythms. Given that better recovery sleep is achieved at night, the opportunity for night sleep becomes critical, especially for the more fatigued driver.

## **Behavioural Factors Affecting Alertness**

Behavioural and work-related factors influence the ability to obtain sufficient sleep for recovery. It is clear from a number of studies that shiftworkers (a group that includes many commercial vehicle drivers) do not get the amount of sleep that they themselves say they need. This has been found to be the case during relatively intensive work cycles as well as during off-duty recovery periods. It is also known that, even when given substantially more sleep opportunity, drivers do not necessarily use the bulk of it to obtain their reported ideal sleep. This behaviour has been attributed to the impacts of sleep-related factors that affect sleep quality and quantity (environmental and circadian) as well as to personal, family, and work-related reasons.

There are indications that drivers may also make conscious or subconscious decisions to obtain more or less sleep based on their own self-assessment of need “in the field”, potentially based on (although not proven) some kind of sleep-wake trade-off that encompasses the notion of “diminishing sleep returns”. This notion implies that correspondingly less benefit is obtained with marginal increases in the amount of sleep obtained beyond a certain level. Furthermore, drivers appear to display “fatigue anticipation” behaviour such that sleep patterns reflect, to some degree, the fatigue expected to be associated with future work periods.

From an overall perspective, managing driver fatigue requires that these behavioural factors be taken into account. As such, driver schedules should be planned and made known to drivers in advance, schedule perturbations should be minimized as much as possible, and, most importantly, adequate off-duty time must be made available for personal and family-related needs.

## **Managing Sleep under Operational Conditions**

A number of new initiatives are being undertaken by government and industry groups in Canada and the U.S.A. to provide state-of-the-art tools for better managing fatigue under operational conditions. These take advantage of the results of research into commercial vehicle driver fatigue, among other things, and provide a range of new approaches and technologies for addressing fatigue-related safety problems. They involve hours-of-service (HOS) regulations, fatigue management programs (FMP), fitness-for-duty technologies, and in-vehicle driver monitoring technologies, as follows:

- The HOS regulations are being reviewed with the intention of making them more consistent with what is known about sleep need and circadian rhythms.
- Fatigue management programs are being developed for pilot testing in the near future. This would better manage fatigue levels by providing greater schedule flexibility and taking into account a wider range of fatigue factors than is possible through prescriptive HOS regulations.
- Developments associated with fitness-for-duty technologies aim to provide the tools for a more objective and informed approach to fatigue management by the drivers themselves, such that drivers reporting for work would be in a “fatigue-safe” condition for their upcoming shifts.

- In-vehicle driver monitoring technologies would provide the means to alert drivers of possible sudden and transient periods of potentially unsafe levels of fatigue.

Although each of these developments requires substantial additional work and time to arrive at a maturity level adequate for broad implementation, there is good reason to be optimistic about the possibilities for making significant progress in this important safety area, as well as in improving quality of life.

## **SOMMAIRE**

Le présent exposé fait surtout référence aux conducteurs de véhicules utilitaires, car la plupart des données présentées ont été recueillies auprès de camionneurs, ce qui aide à préciser le niveau de la discussion. Mais la plupart des résultats et des observations ont trait à des facteurs psychophysiologiques ou à des aspects du comportement humain que l'on pourrait tout aussi appliquer, pour une grande part, à d'autres fonctions reliées à la sécurité et à des travailleurs d'autres modes de transport.

### **La prévention de la fatigue chez les conducteurs**

Les programmes de gestion de la fatigue visent avant tout à garantir que le conducteur (le pilote de ligne, le mécanicien de locomotive, l'officier de quart du navire, le timonier) et les autres travailleurs qui occupent des postes critiques pour la sécurité puissent être reposés lorsqu'ils exécutent leurs tâches. Ils visent également à faire en sorte que les systèmes d'exploitation et de gestion qui déterminent les conditions de travail du conducteur soient compatibles avec des pratiques optimales en matière de sécurité, de sorte que les conducteurs obtiennent l'appui nécessaire pour travailler en toute sécurité, dans toutes les conditions.

Pour pouvoir garantir que le conducteur qui se trouve derrière le volant soit reposé, il faut avoir une connaissance approfondie des facteurs qui causent la fatigue, des effets de la fatigue sur la performance au volant et sur la sécurité routière, des degrés de fatigue entraînant une altération dangereuse de la performance en conduite, et des contre-mesures efficaces et fiables à la fatigue. Une conduite sûre nécessite, de la part du conducteur, de bonnes habiletés mentales et la commande mécanique du véhicule. Or, la commande du véhicule (direction, freinage, accélération) doit être adaptée à l'état de la route. Le conducteur doit donc être suffisamment alerte pour être constamment conscient de l'état du véhicule et de la route, et pour prendre rapidement acte de tout événement ou condition imprévu. Il doit avoir un jugement sûr et un bon esprit de décision, pour réagir normalement et de façon prévisible aux situations courantes, et pour parer de façon optimale aux événements exceptionnels et imprévus.

### **Élaboration de contre-mesures à la fatigue fondées sur l'état des connaissances scientifiques**

D'après l'état actuel des connaissances, les fonctions de commande mécanique du véhicule sont des gestes surappris, comme la marche, parmi les plus résistants aux effets de la fatigue. Le conducteur peut exécuter correctement ces manoeuvres presque jusqu'au point où ses yeux se ferment, alors que disparaît toute rétroaction visuelle. Mais les effets de la fatigue sur les fonctions mentales complexes



sont plus précoces et plus graves, et plus les fonctions sont complexes, plus tôt elles se dégradent. Aux fins conceptuelles, on peut considérer qu'à un niveau au-dessus de la commande du véhicule se situe la vigilance du conducteur (niveau 2). Il est crucial, pour une conduite sûre, que la vigilance soit maintenue à un degré élevé, car celle-ci est continuellement nécessaire à une surveillance et une conscience adéquates de l'environnement de conduite. Les manoeuvres nécessitant le jugement du conducteur (comme la gestion de l'espace autour du véhicule, l'estimation de la vitesse et de la distance des autres véhicules) et la prise de décisions (comme les virages aux intersections, les changements de voie, l'évitement d'obstacles, la réaction à la perte de traction, et les mises en portefeuille) pourraient être considérées comme ressortissant au niveau le plus élevé des fonctions mentales (niveau 3). Mais en réalité, nul n'a encore réussi à établir clairement les rapports entre ces diverses fonctions, ni leur ordre hiérarchique, et il n'existe aucune mesure objective pour ce faire. Pis, on ne dispose encore d'aucune donnée scientifique pour déterminer les niveaux de fatigue qui peuvent être tolérés, c'est-à-dire qui n'empêchent pas la performance des tâches, que ce soit dans une usine, au volant ou sur un champ de bataille.

Comme la fatigue occasionne une baisse de vigilance bien avant qu'elle altère les fonctions de commande du véhicule, on peut s'attendre que les contre-mesures à la fatigue au volant qui visent principalement à maintenir un degré élevé de vigilance assureront une parfaite commande mécanique du véhicule. Bien qu'on n'ait pas encore établi les rapports entre le degré de vigilance et les fonctions mentales supérieures (de niveau 3), tout porte à croire à une corrélation étroite entre ces fonctions et la vigilance.

On a maintenant une assez bonne connaissance des principaux facteurs associés à l'horaire de travail qui influent sur la fatigue et sur la perte de vigilance en conduite, et de l'importance relative de ces facteurs. C'est pourquoi les principes à la base des contre-mesures à la fatigue ont trait avant tout au maintien d'un degré élevé de vigilance.

### **Facteurs psychophysiologiques et vigilance**

Des recherches récentes ont clairement établi que le degré de vigilance est déterminé par des facteurs psychophysiologiques qui sont influencés par les cycles veille-sommeil, lesquels sont directement reliés aux horaires de travail et de repos. Si on s'en tient aux horaires de travail et de repos, le degré de vigilance est généralement déterminé en fonction de la durée de la dernière période de sommeil, du moment du jour (effets du rythme circadien) et de la durée de la tâche. Et on note de larges écarts de vulnérabilité à la fatigue d'une personne à une autre. Dans *l'Étude sur la fatigue et la vigilance des conducteurs de véhicules utilitaires* (EFVC), par exemple, 54 % de tous les épisodes de somnolence observés ont été imputés à 14 % seulement des conducteurs. Toutefois, on n'a pas encore établi dans quelle mesure ces différences individuelles sont stables dans le temps (traits) ou temporaires et variables selon la situation (états). Le type de tâche a également une portée considérable sur la vigilance; mais ce facteur n'a aucun lien avec l'horaire. Curieusement, plus le travailleur est fatigué par suite d'horaires de travail-repos défavorables, plus on semble compter sur l'environnement extérieur (c.-à-d. une tâche intéressante) pour stimuler son attention et soutenir sa vigilance.

Il est maintenant largement reconnu que la durée de la dernière période de sommeil et les rythmes circadiens ont une influence beaucoup plus grande sur la vigilance que la durée de la tâche (c.-à-d. le

nombre d'heures de conduite). Les recherches en laboratoire ainsi que les sondages auprès de la population semblent indiquer que les gens ont besoin d'environ 7 ½ à 8 ½ heures de sommeil nocturne. De plus, il apparaît de plus en plus clair, d'après les études sur le sommeil, que chaque période de 24 heures de privation de sommeil entraîne une dégradation de 25 % de la performance (établie au moyen d'opérations mentales complexes). Pour ce qui est des effets du rythme circadien, il est évident que la nuit et le jour ne peuvent être considérés sur un même pied aux fins de l'établissement des horaires de travail et de repos. À titre d'exemple, l'EFVC a révélé huit fois plus d'épisodes de somnolence de 22 h à 6 h que pendant le jour. De plus, pour maximiser la quantité de sommeil obtenue et le pouvoir de récupération associé à celui-ci, les périodes de sommeil devraient être prévues aux moments du jour où la physiologie humaine et les rythmes circadiens sont les plus favorables à l'ensommeillement. Étant donné que le sommeil nocturne permet de mieux récupérer, il devient crucial de pouvoir dormir la nuit, en particulier pour les conducteurs les plus fatigués.

### **Facteurs comportementaux influant sur la vigilance**

Les facteurs comportementaux et les nécessités de la tâche influent sur la capacité d'obtenir suffisamment de sommeil pour bien récupérer. Certaines études ont clairement montré que les travailleurs par postes (une catégorie à laquelle appartiennent beaucoup de conducteurs de véhicules utilitaires) n'obtiennent pas toutes les heures de sommeil dont ils déclarent eux-mêmes avoir besoin. Cela s'est révélé être le cas autant lors de cycles de travail relativement intenses que pendant les périodes de repos hors service. On sait aussi que, même si on allonge considérablement leur période de repos, donc le temps dont ils disposent pour dormir, les conducteurs n'utilisent pas nécessairement ce temps supplémentaire pour obtenir tout le sommeil dont ils disent avoir besoin. Ce comportement a été attribué aux facteurs qui agissent sur la qualité et la quantité de sommeil (environnement, rythme circadien) de même qu'aux nécessités de la vie personnelle, de la vie de famille et du travail.

Il a également été observé qu'il arrive aux conducteurs de décider, consciemment ou non, de dormir plus ou moins longtemps, selon leur auto-évaluation «sur le terrain» de leur besoin de sommeil. Il se pourrait qu'ils fondent leur décision (cela reste à prouver) sur une forme de compromis entre la veille et le sommeil, qui s'explique par l'impression d'une «rentabilité décroissante de l'investissement dans le sommeil», c'est-à-dire qu'au bout d'un certain nombre d'heures de sommeil, il y a très peu d'avantages à continuer de dormir. De plus, les conducteurs semblent montrer un comportement d'«anticipation de la fatigue» qui fait que le sommeil obtenu pendant une période de repos reflète, jusqu'à un certain point, la fatigue qu'ils anticipent pendant les périodes de travail à venir.

D'un point de vue global, la gestion de la fatigue des conducteurs exige la prise en compte de ces facteurs comportementaux. Les horaires des conducteurs devraient être établis et communiqués à ces derniers à l'avance, les perturbations à l'horaire devraient être réduites au minimum, et, encore plus important, les conducteurs devraient disposer de suffisamment de temps hors service pour satisfaire aux besoins de leur vie personnelle et de leur vie de famille.

### **Prévention de la fatigue en service**

Les gouvernements et quelques associations industrielles du Canada et des États-Unis ont lancé un certain nombre de nouvelles initiatives qui devraient déboucher sur des outils de pointe pour

mieux gérer la fatigue en service. Ces initiatives, inspirées entre autres des résultats de la recherche sur la fatigue des conducteurs de véhicules utilitaires, proposent un large éventail d'approches et de technologies novatrices pour résoudre le problème de la fatigue. Elles ont trait à la réglementation sur les heures de service, aux programmes de gestion de la fatigue, aux technologies servant à vérifier la capacité au service et aux techniques embarquées d'auto-diagnostic de la fatigue. En voici les grandes lignes :

- La réglementation sur les heures de service est présentement l'objet d'une révision, qui vise à aligner davantage celle-ci sur les dernières connaissances acquises concernant les besoins de sommeil et le rythme circadien.
- Des programmes de gestion de la fatigue sont en cours d'élaboration et des essais-pilotes sont prévus dans un proche avenir. Ils devraient permettre de mieux gérer le degré de fatigue des travailleurs, grâce à une plus grande souplesse des horaires et à la prise en compte de facteurs de fatigue que ne reconnaît pas la réglementation actuelle sur les heures de service.
- Les progrès réalisés au chapitre des techniques d'auto-diagnostic de la capacité au service visent à donner aux conducteurs les outils nécessaires pour gérer eux-mêmes, de façon plus objective et plus éclairée, leur fatigue, de façon qu'ils puissent se présenter au travail en étant sûrs d'être vraiment reposés.
- Les technologies embarquées de suivi de la vigilance du conducteur doteraient les conducteurs de moyens d'être alertés dans le cas où ils seraient en proie à des accès soudains et momentanés de fatigue pouvant représenter un danger.

Même s'il faudra encore beaucoup de travaux et de temps avant que ces techniques arrivent à maturité et puissent être mises en œuvre sur une grande échelle, il y a tout lieu d'être optimiste quant aux possibilités de réaliser des progrès importants dans ce domaine crucial non seulement pour la sécurité, mais aussi pour l'amélioration de la qualité de vie.





**FATIGUE MANAGEMENT  
PUTTING SCIENTIFIC KNOWLEDGE INTO PRACTICE**

by  
Sesto Vespa  
Transportation  
Development Centre  
Safety & Security  
Transport Canada



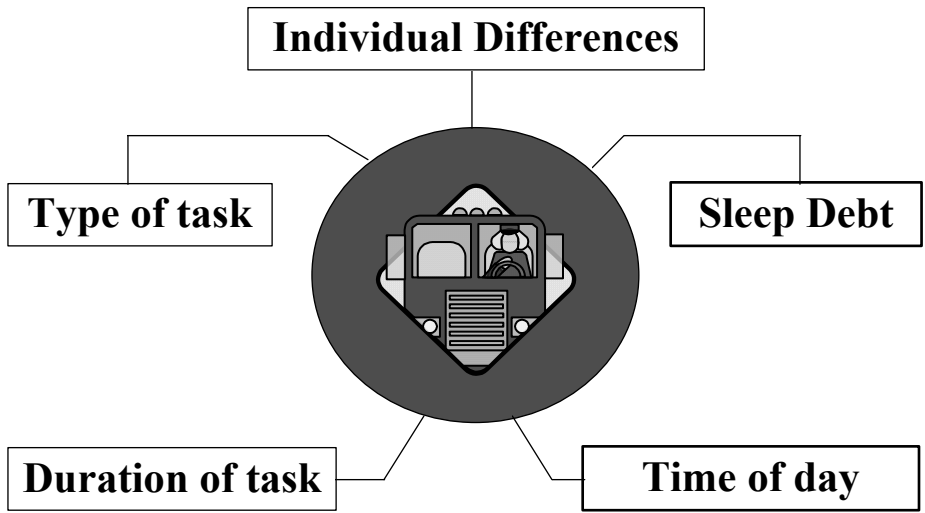
**DRIVING TASK  
IS OVERLEARNED &  
ALMOST AUTOMATIC**



**DRIVING  
FATIGUE**  
PRIMARILY  
CONCERNS  
DRIVER  
ALERTNESS

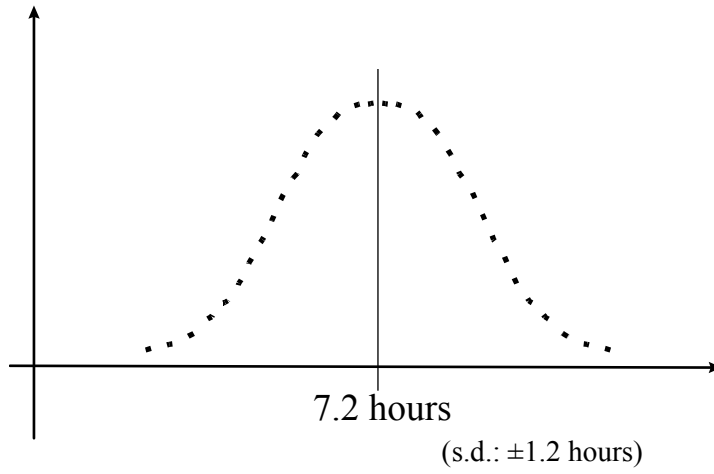


**DETERMINANTS OF HUMAN ALERTNESS**

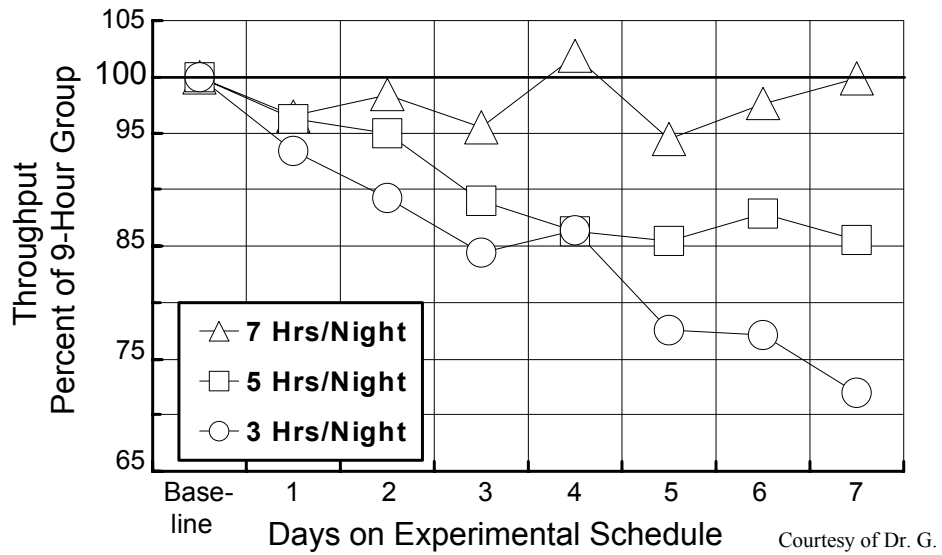


# SLEEP NEED

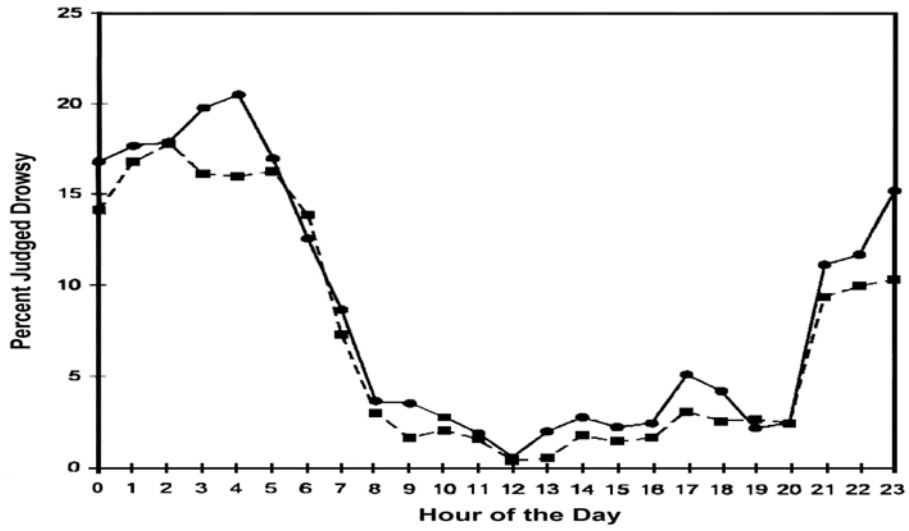
(PERCEIVED BY GENERAL POPULATION)



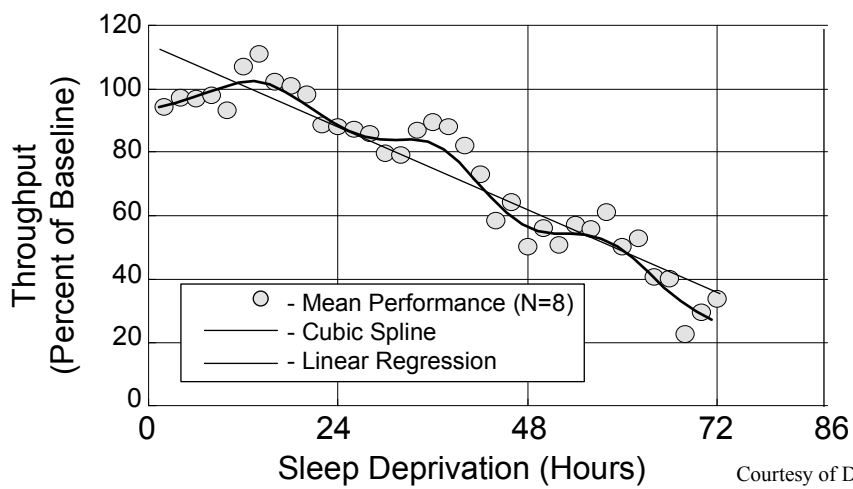
# SLEEP RESTRICTION EFFECTS



## TIME OF DAY EFFECTS



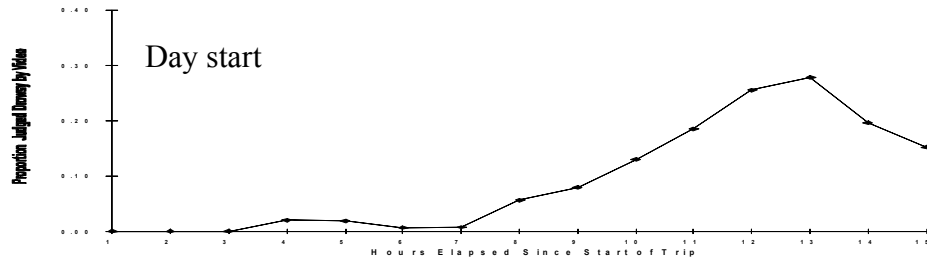
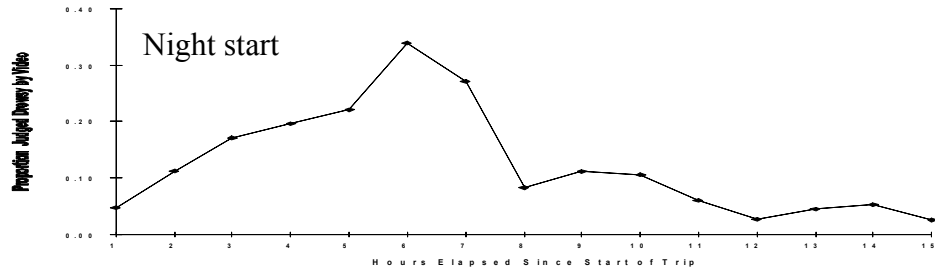
## TIME OF DAY & SLEEP DEPRIVATION



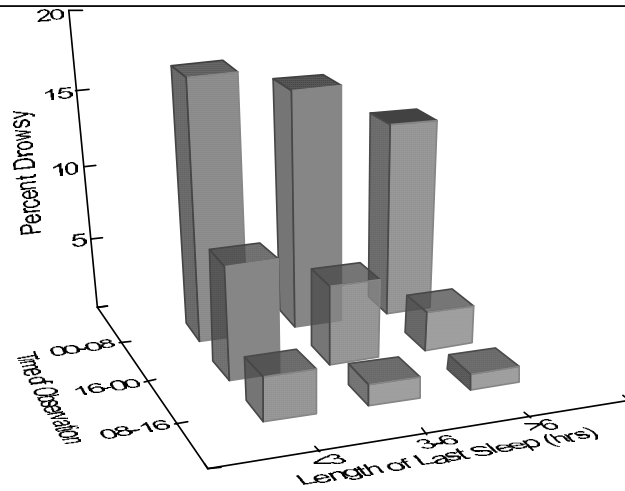
Courtesy of Dr. G. Belenky, WRAIR



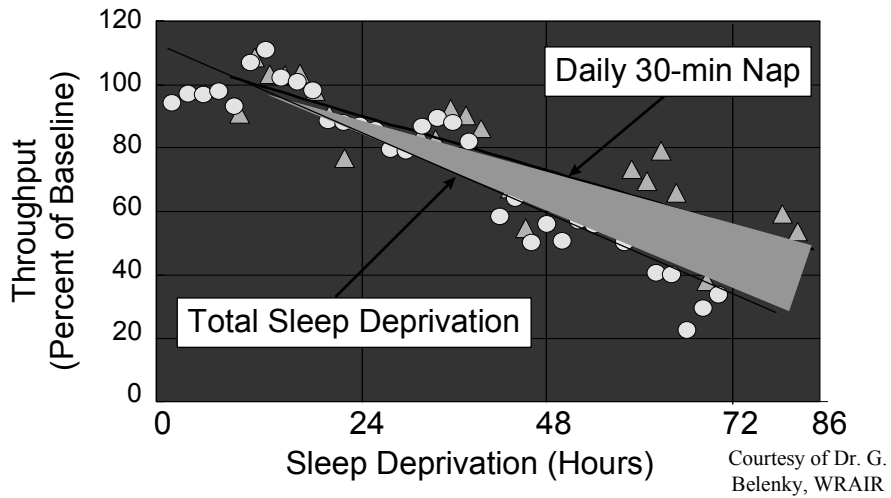
## TIME OF DAY & DRIVING DURATION



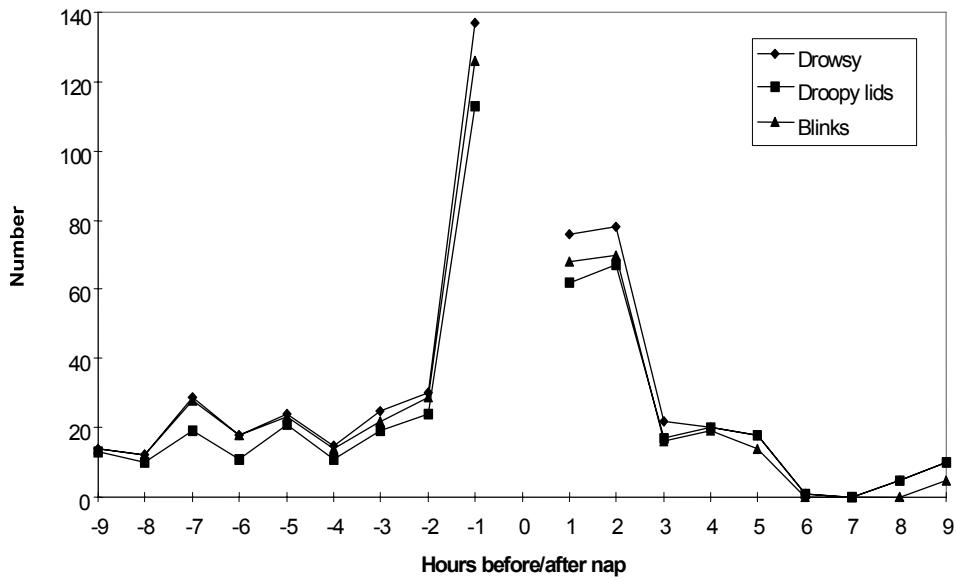
## LAST SLEEP & TIME OF DAY



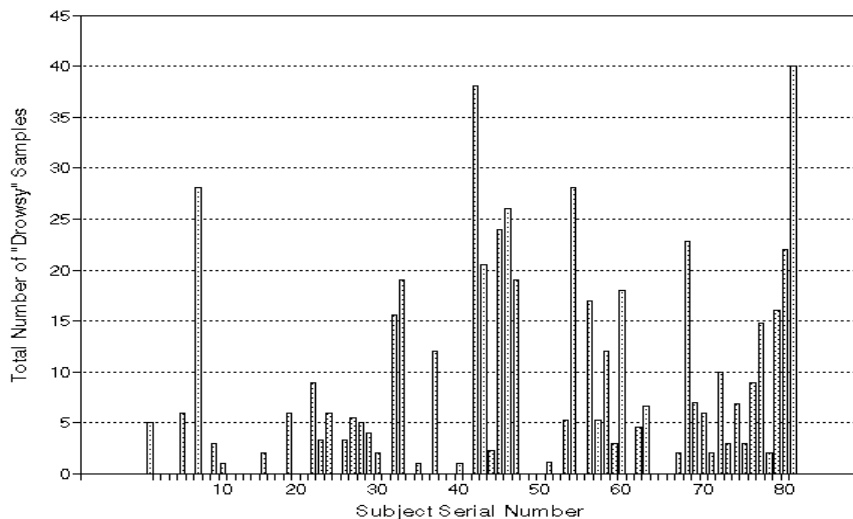
## NAPS & SLEEP DEPRIVATION



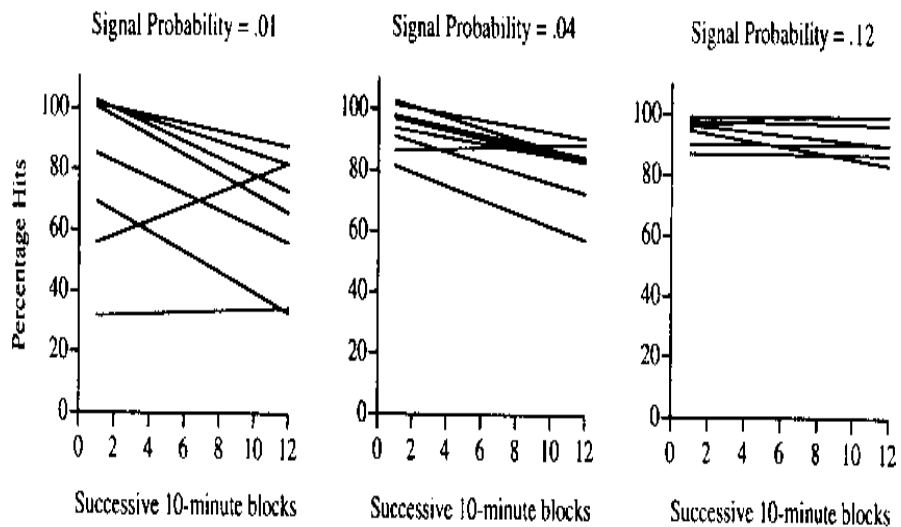
## NAPS IN OPERATIONS



## INDIVIDUAL DIFFERENCES

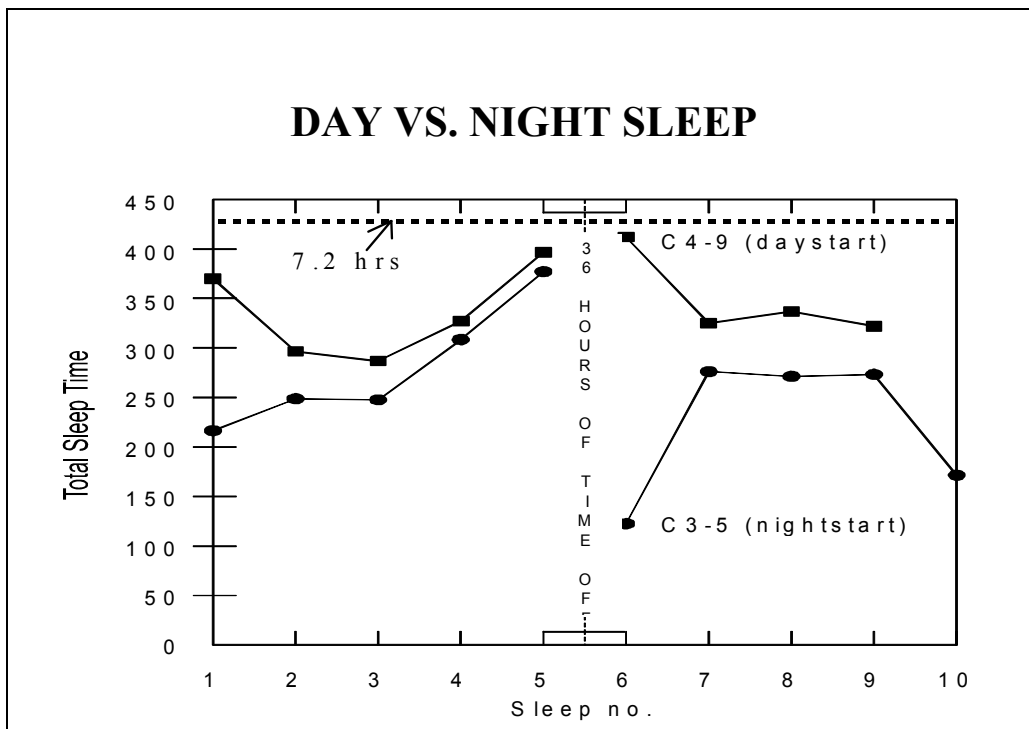


## INDIVIDUAL DIFFERENCES & EVENT PROBABILITY

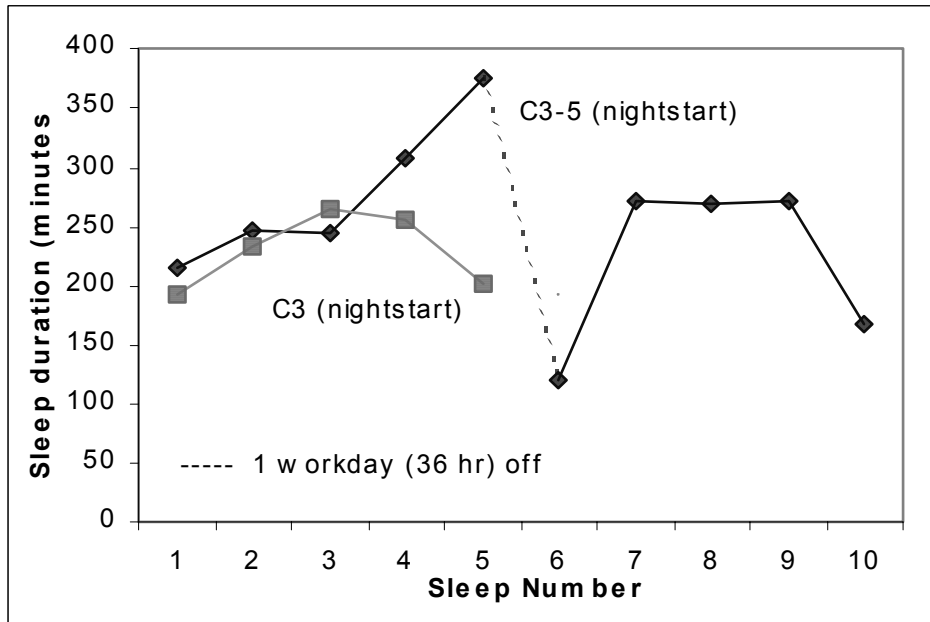


From: Laura L. Method & Bradley E. Huitema, Effects of Signal Probability on Individual Differences in Vigilance, Human Factors, Vol. 40, No. 1, March 1998.

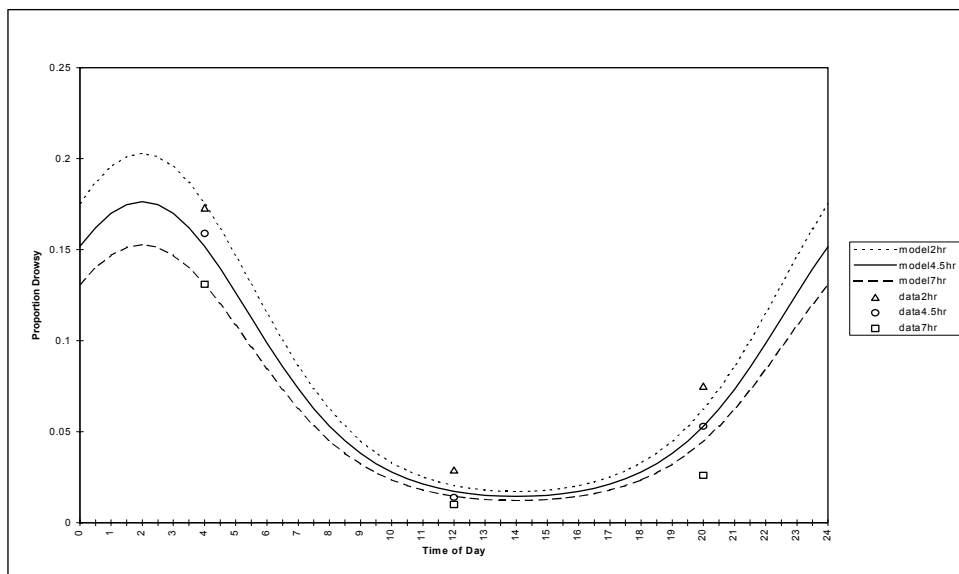
NEXT:  
BEHAVIOURAL FACTORS  
AFFECTING ALERTNESS



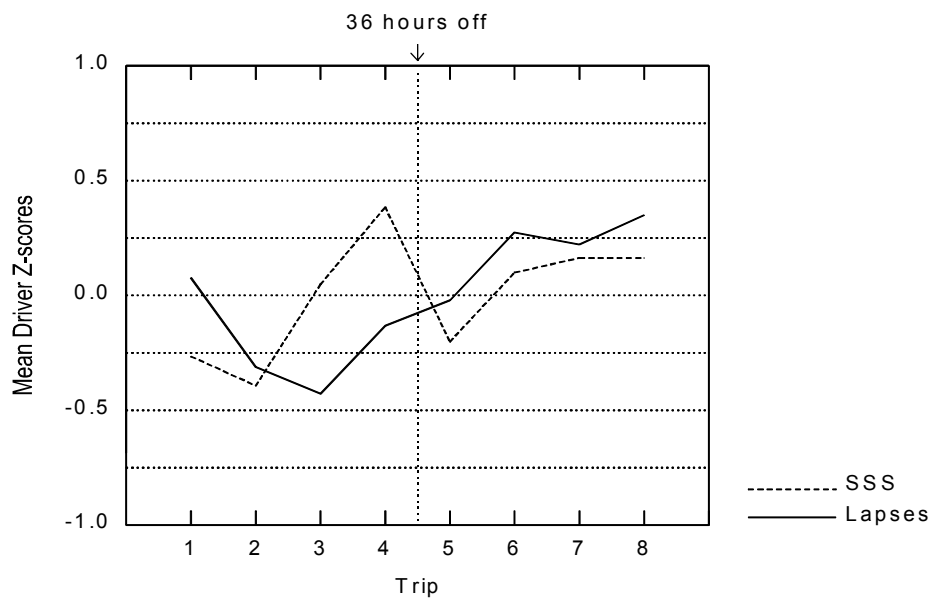
## SLEEP & FATIGUE ANTICIPATION



## SLEEP-WAKE TRADEOFF



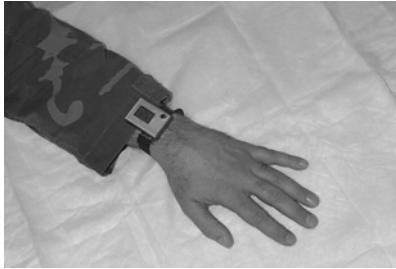
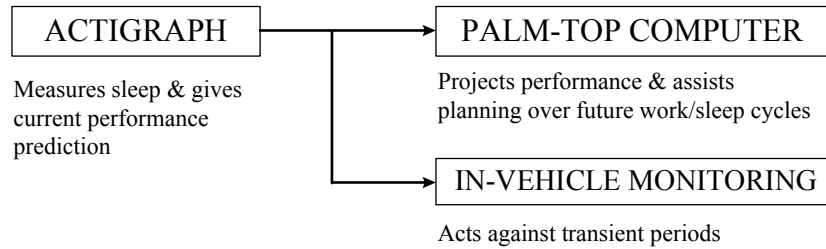
## FATIGUE SELF-EVALUATION



## FATIGUE MANAGEMENT FUTURE DIRECTIONS

- ◆ Hours-of-service regulations
- ◆ Fatigue management programs
- ◆ Fitness-for-duty technologies
- ◆ In-vehicle driver monitoring technologies

## MANAGING SLEEP UNDER OPERATIONAL CONDITIONS



Photographs courtesy of Dr. G. Belenky, WRAIR

**THE END**





---

## Sleep and Circadian Impacts on Performance

Diane B. Boivin

Douglas Hospital, McGill University  
Montreal, Quebec

### SUMMARY

It is well established that the overt rhythms of a variety of physiological and behavioural variables, including core body temperature, neuroendocrine secretion, sleep organization and propensity, subjective alertness, cognitive performance, short-term memory, and subjective mood comprise an endogenous circadian component and an evoked (e.g., sleep-wake-dependent) component. In sleep displacement experiments, scores of behavioural functions were lowest when waking episodes reached a circadian phase of about 0 degrees, which under entrained conditions corresponds to approximately 4:00-6:00. Neurocognitive functions were highest when waking episodes reached a circadian phase of about 120-240 degrees, which under entrained conditions corresponds to approximately 14:00-22:00. These studies and others indicate that endogenous circadian phase contributes to variations in subjective and objective measures of vigilance and that a complex interaction of circadian phase and time-since-waking is present. These data imply that displacement of the timing of the sleep-wake cycle relative to underlying endogenous circadian rhythms may result in substantial deterioration of mood, alertness, and performance. When sleep is displaced, as in shiftworkers or aircrew members, the phase relationship between the sleep-wake cycle and the endogenous circadian pacemaker changes, and this change may alter mood, alertness, performance, and memory during the waking episode. Circadian misalignment may also significantly disrupt sleep quality and may thus lead to acute and chronic sleep deprivation.

In most animal species, including humans, the light-dark cycle is the most powerful synchronizer of endogenous circadian rhythms. Light exposure is able to shift the phase of endogenous circadian rhythms to another time in a phase- and intensity-dependent manner. Resetting of circadian pacemakers by light is usually described in terms of phase-response curves and dose-response curves. By convention, phase shifts are defined as the absolute difference in hours between the initial and final circadian phases. Thus, a positive phase shift represents a phase advance (such as the adaptation of the pacemaker to a shift from night- $\rightarrow$  evening- $\rightarrow$  day) and a negative phase shift represents a phase delay (such as the adaptation of the pacemaker to a shift from day- $\rightarrow$  evening - $\rightarrow$  night). Across various animal species, including humans, remarkably similar properties are observed in phase-response curves and dose-response curves to light. Phase-response curves of both diurnal and nocturnal species revealed that light stimuli induce phase delays or phase advances when administered early or late in the subjective night, respectively. Minimal phase shifts are observed when the light stimuli are administered during the subjective day. In an extensive experimental series, we exposed 33 healthy young men (18-30 years) to a 3-cycle 5-h light stimulus of various intensities ( $\sim$ 0.03, 180, 1 260, or 9 500 lux), centred 1.5 h after the initial endogenous circadian phase. This study revealed that human subjects are much more sensitive to light than initially accepted and that even ordinary indoor room light ( $\sim$ 180 lux) is able to shift

the endogenous circadian curves of core body temperature, plasma melatonin, and plasma cortisol to an earlier time. In all of these studies, the circadian curves of subjective alertness and cognitive performance remained associated with all other circadian markers even after light-induced phase shifts. These results support the hypothesis that the pattern of exposure to light and darkness can substantially affect the alignment of several internal rhythms to that of the sleep-wake cycle.

Light exposure exerts another biological effect on the human circadian system, namely the suppression of nocturnal melatonin secretion. It was initially presumed that, in humans, light exposure could suppress melatonin secretion at night if light intensity exceeded a minimum threshold of 2 500 lux. It was subsequently demonstrated that the magnitude of the suppression was dependent upon the illuminance levels of the light exposure and was observed even with lower light intensities (~100 lux). Besides its effect on the circadian system, light exposure could also exert a direct effect on vigilance levels. An interaction between light exposure and caffeine consumption was reported.

Recent evidence revealed that exposure of human subjects to a carefully designed schedule of bright light can substantially improve their adaptation to night work and to jet lag. Indeed, bright light exposure has successfully been used to correct circadian misalignment associated with simulated night-shift work. In an ongoing experiment, we are studying the impact of a treatment of three consecutive weeks of bright light exposure in the workplace on: (1) the temporal synchronization between the endogenous circadian pacemaker and the work schedule; (2) vigilance levels during waking episodes and sleep quality during rest episodes; and (3) the occurrence of medical symptoms frequently associated with shiftwork. Permanent night nurses participate in this study, which is supported by the Occupational Health and Safety Research Institute (IRSST). In a simulated travel across time zones in the laboratory, we are testing how the schedule of exposure to ordinary indoor room light can either prevent or improve the adaptation to the new time zone. This study is supported by the Medical Research Council of Canada. These studies may lead to important recommendations concerning the schedule of exposure to light and darkness able to alleviate symptoms of jet lag and maladaptation to shiftwork.

## SOMMAIRE

Il est bien établi que diverses variables physiologiques et comportementales (température corporelle, sécrétions neuro-endocriniennes, organisation du sommeil, inclination au sommeil, vigilance subjective, performance cognitive, mémoire à court terme, humeur subjective) obéissent à un rythme qui possède une composante circadienne, qualifiée d'endogène, et une composante évoquée (tributaire notamment des périodes de veille et de sommeil). Lors d'expériences qui consistaient à décaler les périodes de sommeil et à mesurer par des tests certaines fonctions comportementales, les résultats les plus faibles ont été enregistrés lorsque les épisodes de veille atteignaient une phase circadienne d'environ 0 degré, c'est-à-dire, dans des conditions d'entraînement du rythme, de 4 h à 6 h. Les fonctions neurocognitives étaient à leur maximum lorsque les épisodes de veille atteignaient une phase circadienne d'environ 120 à 240 degrés, ce qui, encore une fois dans des conditions d'entraînement, correspond à peu près à la période de 14 h à 22 h. Ces études, et d'autres, révèlent un lien entre la phase circadienne endogène et les variations des mesures subjectives et objectives de la vigilance, de même que l'existence d'une interaction complexe entre la phase circadienne et le temps écoulé depuis l'éveil. On peut en déduire que le fait d'aller à l'encontre du rythme circadien endogène (en décalant les périodes de veille et de sommeil) risque d'entraîner une dégradation importante de l'humeur, de la vigilance et de la performance. Et lorsque les périodes de sommeil sont variables, comme c'est le cas pour les travailleurs par postes ou pour les membres d'équipage d'aéronef, la relation de phase entre le cycle veille-sommeil et le synchroniseur circadien endogène est perturbée, ce qui risque d'altérer l'humeur, la vigilance, la performance et la mémoire. La perturbation du rythme circadien peut en outre nuire gravement à la qualité du sommeil, ce qui peut se traduire, à la longue, par un déficit chronique de sommeil.

Chez la plupart des espèces animales, y compris chez l'homme, le cycle lumière/obscurité est le plus puissant synchroniseur du rythme circadien endogène. À preuve, l'exposition à la lumière peut déphaser le rythme circadien endogène, selon la phase et l'intensité de celle-ci. Le rétablissement des synchroniseurs circadiens par la lumière est habituellement décrit par des courbes phase-réponse et dose-réponse. Par convention, on définit le décalage de phase du rythme circadien comme l'écart absolu, en heures, entre la phase initiale et la phase finale. Ainsi, un décalage de phase positif représente une avance de phase (comme l'adaptation du synchroniseur à un passage de la nuit au soir, puis au jour) et un décalage de phase négatif représente un retard de phase (comme l'adaptation du synchroniseur à un passage du jour au soir, puis à la nuit). On observe chez diverses espèces animales, dont l'homme, des courbes phase-réponse et dose-réponse remarquablement similaires en présence de lumière. Les courbes phase-réponse des espèces tant diurnes que nocturnes révèlent que la lumière induit des retards ou des avances de phase lorsque les sujets y sont exposés soit tôt soit tard, respectivement, pendant leur nuit subjective. C'est lorsque les stimulus lumineux sont administrés pendant le jour subjectif du sujet que sont observés les décalages de phase les plus faibles. Lors d'une série d'expérimentations, nous avons exposé 33 jeunes hommes en bonne santé (de 18 à 30 ans) à 3 cycles de 5 heures de lumière d'intensité variable (environ 0,03, 180, 1 260, ou 9 500 lux), survenant 1,5 heure après la première phase circadienne endogène. Cette étude a révélé que les sujets humains sont plus sensibles qu'on le pensait à la lumière et que même l'éclairage intérieur ordinaire (environ 180 lux) peut entraîner une avance du rythme circadien endogène régissant la température corporelle, la mélatonine plasmatique et le cortisol plasmatique. Dans toutes ces études, les rythmes circadiens de la

vigilance subjective et de la performance cognitive sont demeurés associés à tous les autres marqueurs circadiens, même après les déphasages photoinduits. Ces résultats appuient l'hypothèse selon laquelle le cycle d'exposition à la lumière et à l'obscurité peut fortement influencer sur la synchronisation de plusieurs fonctions internes avec le cycle veille-sommeil.

L'exposition à la lumière influe sur une autre fonction biologique associée au rythme circadien : elle inhibe la sécrétion nocturne de mélatonine. On a d'abord pensé que l'exposition à la lumière pouvait inhiber la sécrétion nocturne de mélatonine chez l'homme, lorsque son intensité dépassait 2 500 lux. Il a par la suite été démontré que la force de l'inhibition était fonction du degré d'éclairement, mais qu'il y avait inhibition même en présence de faibles intensités de lumière (environ 100 lux). Outre son effet sur le rythme circadien, l'exposition à la lumière peut aussi influencer directement sur le degré de vigilance. On a également noté une interaction entre l'exposition à la lumière et la consommation de caféine.

Selon les résultats de travaux récents, le fait de soumettre des sujets humains à un programme soigneusement planifié d'exposition à une lumière vive peut améliorer sensiblement leur adaptation au travail de nuit et au décalage horaire. De fait, l'exposition à la lumière vive a été utilisée avec succès pour corriger le décalage par rapport au rythme circadien associé au travail de nuit simulé. Dans une expérience en cours, nous étudions les effets d'une photothérapie d'une durée de trois semaines consécutives utilisant une lumière vive sur les lieux de travail sur : (1) la synchronisation de l'horloge biologique et de l'horaire de travail; (2) le degré de vigilance pendant les périodes de veille et la qualité du sommeil pendant les périodes de repos; et (3) l'apparition de symptômes fréquemment associés au travail par quarts. Des infirmières affectées à un travail nocturne permanent participent à cette étude, parrainée par l'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec. En simulant en laboratoire des passages transmériidiens, nous vérifions comment un programme d'exposition à un éclairage intérieur ordinaire peut soit empêcher, soit favoriser l'adaptation à un nouveau fuseau horaire. Cette étude est appuyée par le Conseil de recherches médicales du Canada. Ces recherches pourraient déboucher sur d'importantes recommandations concernant des programmes d'exposition à la lumière et à l'obscurité pour soulager les symptômes du décalage horaire et de mésadaptation au travail par quarts.

*Sleep and circadian impacts  
on performance*

Diane B. Boivin, M.D., Ph.D.  
Douglas Hospital, McGill University

*Vigilance and its two components*

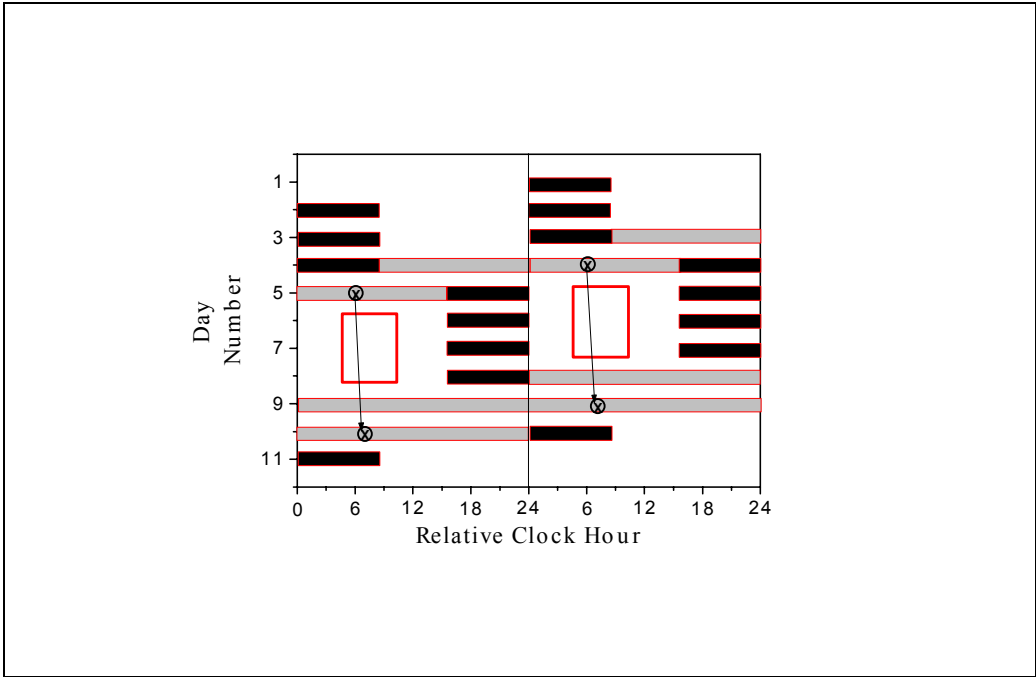
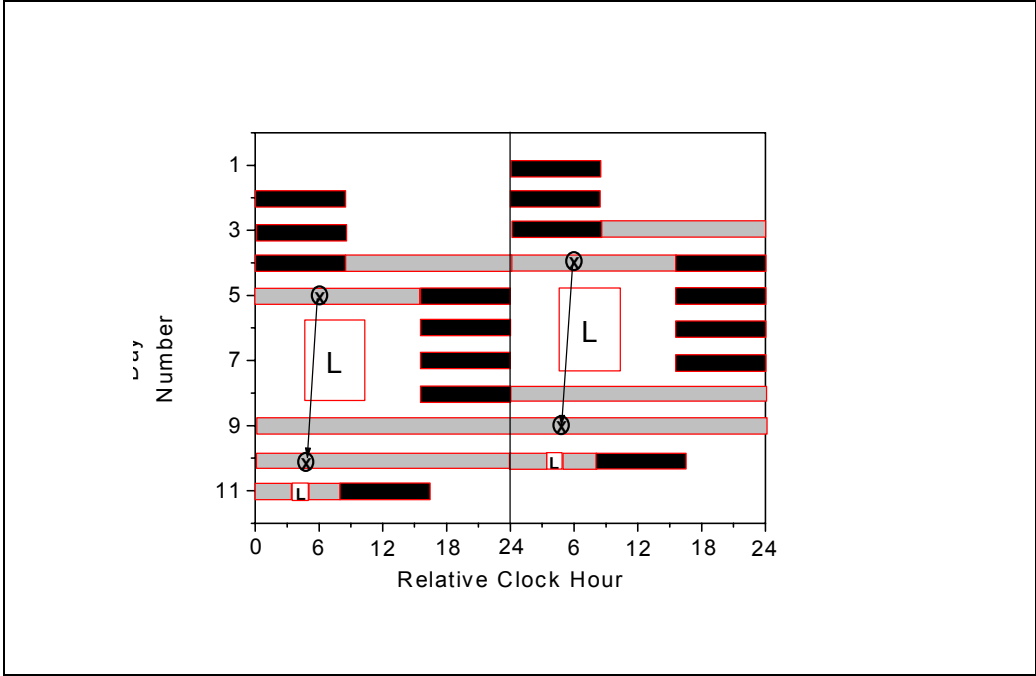
- function of time since waking
- function of circadian phase
- complex interaction of these two components

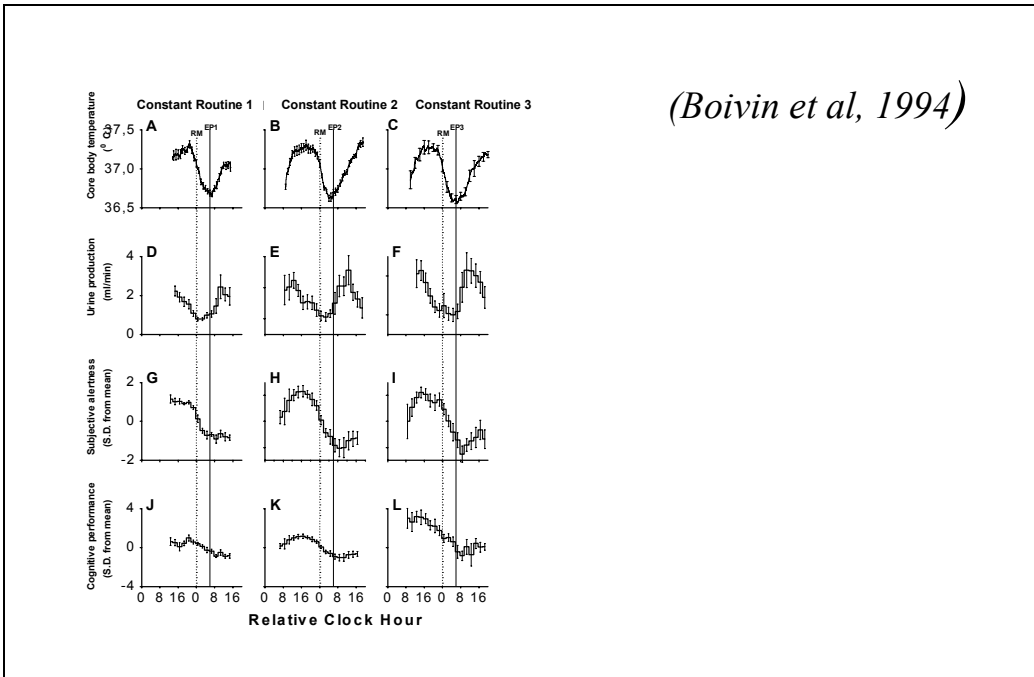
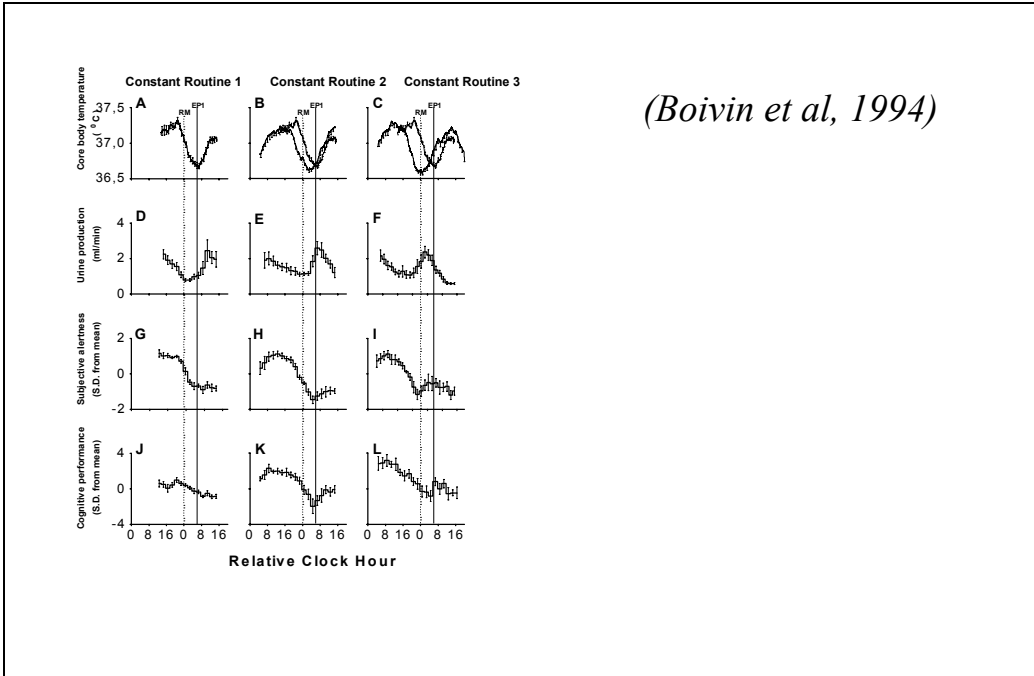
## *Circadian variation of vigilance*

- improves near the crest of CBT
- deteriorates near the nadir of CBT
- associated with all other circadian markers
- sensitive to light-induced phase shifts

## *Real-life situations*

- circadian phase and time-since-waking change together
- other parameters:
  - light exposure
  - stimulation
  - caffeine
  - exercise







## *Shiftwork and vigilance*

- internal desynchrony between rhythms
- sleep deprivation x circadian misalignment
- inadequate pattern of light and darkness
- cumulative sleep deprivation
- aircrew members: + jet lag

## *Therapeutic approaches*

- revision of sleep habits
- revision of exposure to light and darkness
- revision of lifestyle
- phototherapy?
- melatonin?
- preventive naps?



---

## **Jetlag, Gamma Activity, and Managing Pilot Fatigue**

**H. Weinberg, K.J. Jantzen, and D. Cheyne**

Applied Brain Behaviour Systems Ltd.  
Burnaby, British Columbia

**Paul Carson**

Civil Aviation Directorate, Transport Canada  
Ottawa, Ontario

**Rémi Joly**

Risk Management Standards and Methods, NAV CANADA  
Ottawa, Ontario

**A. Vincent**

Transportation Development Centre, Transport Canada  
Montreal, Quebec

### **SUMMARY**

The goals of this study were to assess levels of pilot attention, alertness, and arousal during flights and to give pilots a personal index of these factors to help them monitor their level of fatigue. The effects of fatigue differ from person to person; however, errors of judgement are directly related to the complexity of information that must be processed to perform a task.

The study used two methods to assess human factors related to complex performance: EEG measurements and multitasking. The results indicated that gamma activity in the brain increases with the complexity of task and with reduced performance.

The multitasking procedure was developed based on field trials and aircraft simulator data. It used four tasks simultaneously displayed on a computer screen. Another part of the work, a laboratory sleep deprivation study, included 40 Hz EEG observations and readings, as well as performance multitasking.

The ultimate aim of this work is to have individual data bases for pilots that can be updated with each flight. A fatigue management program developed from this data would warn a pilot when errors of judgement are likely to occur, and suggest countermeasures specifically suited to the pilot.

A complete report is available at <http://www.brainbehaviour.com>

Recommendations include:

- development and testing of these procedures with pilots on long-haul flights
- incorporation of the multitasking test into the aircraft flight panel

- use of multitasking and EEG to assess the effectiveness of countermeasures for specific pilots
- development of multitasking for use without electrophysiology

## **SOMMAIRE**

Ce projet avait pour but d'évaluer les degrés d'attention, de vigilance et d'éveil des pilotes pendant le vol et de leur fournir un indice personnalisé de ces paramètres de façon qu'ils puissent contrôler leur état de fatigue. Les effets de la fatigue varient d'une personne à l'autre. Cependant, les erreurs de jugement sont directement reliées à la complexité de l'information à traiter pour accomplir une tâche.

L'étude a utilisé deux méthodes pour évaluer les facteurs humains reliés aux tâches complexes : des enregistrements de l'activité cérébrale (EEG) et des tests multitâches. Les résultats ont montré que l'activité gamma dans le cerveau augmente en raison directe de la complexité de la tâche et de la baisse de performance.

Le programme multitâche a été mis au point à partir d'une analyse des tâches des pilotes dans des simulateurs de vol. Quatre tâches étaient affichées simultanément sur un écran d'ordinateur. Parallèlement à ces travaux a été menée une étude en laboratoire sur la privation de sommeil, au cours de laquelle les sujets étaient soumis à des enregistrements EEG dans la bande de 40 Hz et à une épreuve multitâche.

Le but ultime de la présente étude est d'établir des bases de données propres à chaque pilote, qui peuvent être mises à jour après chaque vol. Un programme de gestion de la fatigue mis au point à partir de ces données avertirait le pilote lorsqu'il court le risque de commettre des erreurs de jugement et lui proposerait des contre-mesures personnalisées.

Un rapport complet est disponible à l'adresse suivante : <http://www.brainbehaviour.com>

Les recommandations comprennent :

- la mise au point et l'essai de ces procédures avec la collaboration de pilotes de vols long courrier;
- l'intégration du test multitâche au tableau de bord des avions;
- l'utilisation du test multitâche et de l'EEG pour évaluer l'efficacité de contre-mesures à la fatigue;
- la mise au point d'un test multitâche ne faisant pas appel à l'électrophysiologie.



## **Measurement and Monitoring of the Effects of Work Schedule and Jet Lag on the Information Processing Capacity of Individual Pilots**

**H. Weinberg, Paul Carson, Rémi Joly,  
K. J. Jantzen, D. Cheyne, A. Vincent**

Prepared for  
Transportation Development Centre  
Safety and Security  
Transport Canada

March 1998

Slide 1



### **ACKNOWLEDGEMENTS**

**The authors of this study wish to acknowledge the valuable  
assistance and co-operation of the following:**

**M. Radomsky, Ph.D. Chief, Defence and Civil  
Institute of Environmental Medicine**

**M. Paul, M.Sc. Aerospace Medicine, Defence and Civil Institute of  
Environmental Medicine**

**Lt.-Col. R.D. Banks, M.D. Head, Aerospace Life Support,  
Defence and Civil Institute of Environmental Medicine**

**The pilots and crew of Canadian Forces Squadron 437,  
without whose generous co-operation this study could not  
have been completed**

Slide 2



# **The Concept**

## **The Reason People are Different is Because Their Brains are Different**

**This is a study that recognizes and measures  
individual differences**

**and seeks to establish attention, alertness,  
and arousal related profiles for each pilot.**

Slide 3



## **Goals Of This Study**

**To assess levels of pilot attention, alertness,  
and arousal in the air** in order to predict when  
failure of information processing may occur  
through loss of judgement.

**To give individual pilots a personalized  
index of their attention, alertness, and  
arousal** in order to allow them to monitor the  
state of their own readiness.



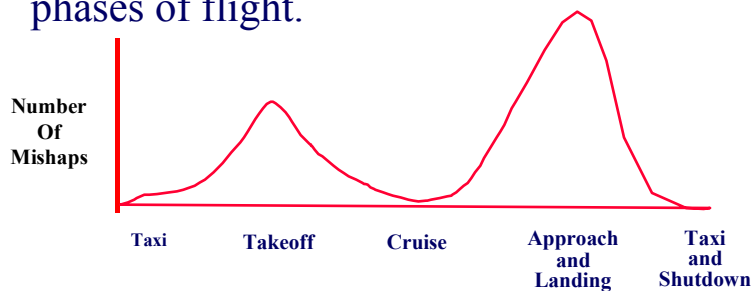
Fatigue refers to deficits in the ability of pilots to process information as the result of the **loss of attention, alertness, and arousal**.

These differences arise from the **unique physiology of each pilot** – their age, personal history, and the interaction of those variables.

**The effects of fatigue are different for each person**



It has been shown that the **errors are directly related to the complexity of information** that must be processed during different phases of flight.





**Two methods have been used to assess human factors in complex performance contexts (e.g., Weinberg, et al., 1991; 1994, a, b, 1995 and 1996, Svoboda, et al., 1991).**

**(a) the direct measurement of brain function through Electroencephalography (EEG) and**

**(b) the measurement of performance scores in a Multitasking (MT) procedure.**



**Gamma activity of the brain (35 - 45 Hz)** indexes the degree to which active binding of memories and input is required for performance.

**Performance that is *not automated* is indexed by an increase in gamma activity.**



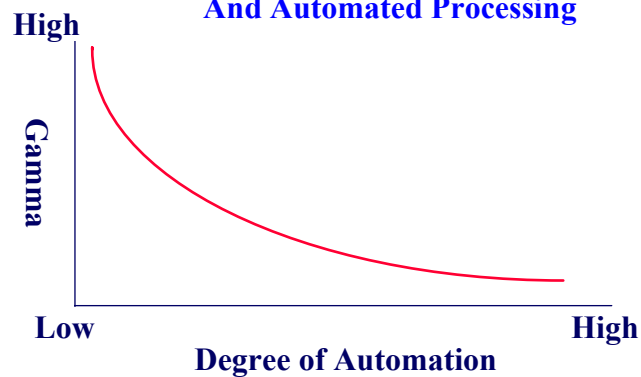


If cognitive processing *becomes automated* and results in well practiced and easily accessed performance then:

Information processing that does not require the active retrieval of memories and complex preparation for output results in a decrease of gamma activity.



### Relationship Between Gamma Activity And Automated Processing





**In this study, a multitasking procedure was designed after approximately 8 months of task analysis in **Air Bus A320, Boeing 747, and the Cessna Citation simulators.****



**The data was collected from military pilots flying between Trenton and Zagreb.**

**Out-bound trips were approximately 9 hours.  
Return trips were approximately 12 hours.**

**Pilots usually retired to a hotel for 4 or 5 hours of sleep, after which they had dinner at about 19:00, retired for additional sleep at about 22:00, awakened about 10:00 the next morning, and began the return leg to Trenton about 13:00 Zagreb time. A landing in Trenton occurred at approximately 18:00 Trenton time.**



The multitasking program was configured to run on a laptop computer. **Four tasks were presented simultaneously in four different quadrants of the screen, as shown below.**



Slide 13



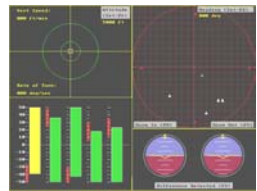
Slide 14



Slide 15



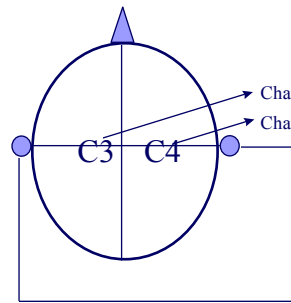
**T  
h  
e  
S  
e  
t  
u  
p**



LAPTOP #1



LAPTOP #2



Channel 1

Channel 2

Reference



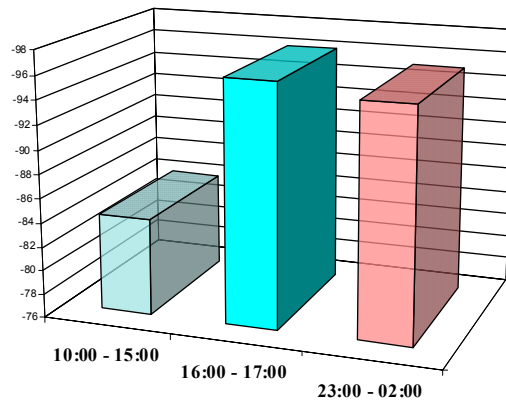
## Sleep Deprivation In Laboratory

Five students at Simon Fraser University were recruited and paid for participation in a sleep deprivation study. The first recording period was at approximately 16:00, followed by recordings at 20:00, 24:00, 04:00, and 08:00.

In this study 21 electrodes were applied and EEG was recorded with a laboratory EEG system.

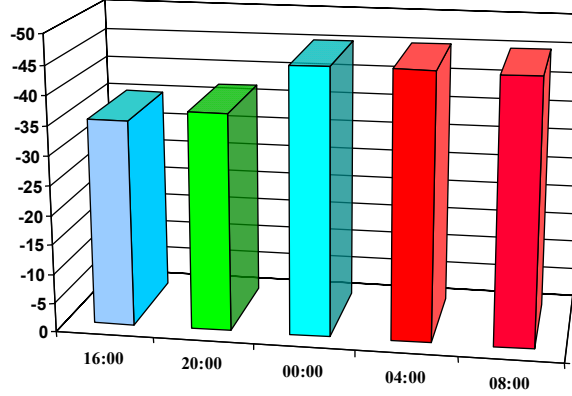


### Error Pilot Data Sorted By Time Period (Trenton Time)

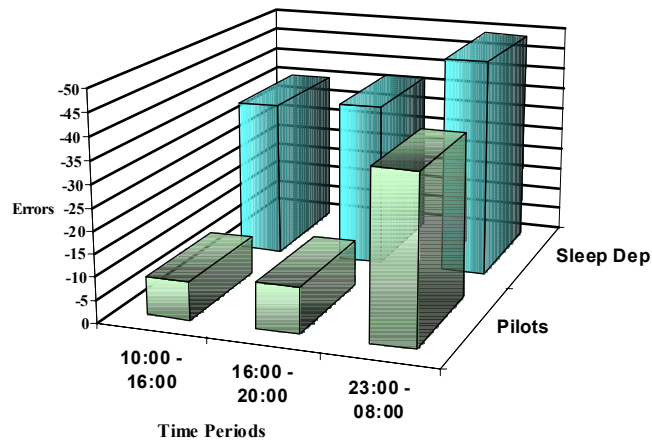




### Sleep Deprivation Average Errors For All Subjects

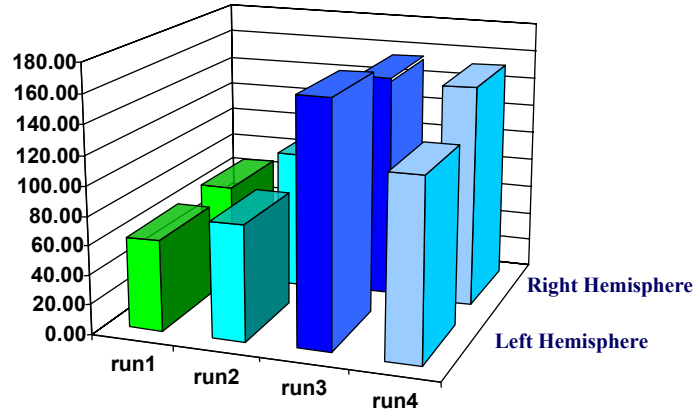


### Average Pilot Error Compared With Average Sleep Deprivation Effects Combined For Similar Intervals

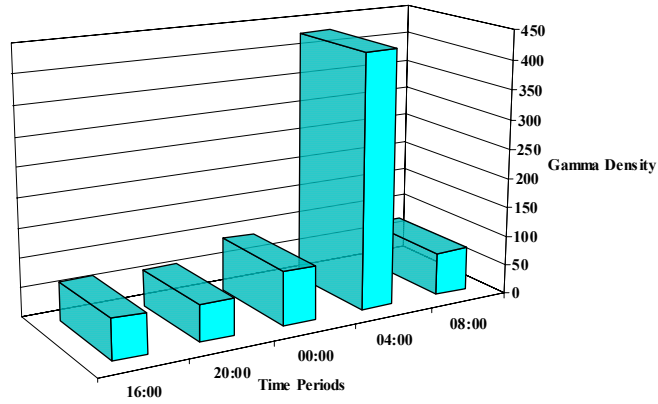




### Pilot Gamma Activity Averages



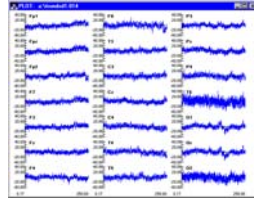
### 40 Hz Average Of All Subjects, For All 19 Electrodes In Sleep Deprivation Experiment



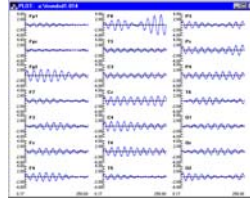


### EEG Analysis During Sleep Deprivation

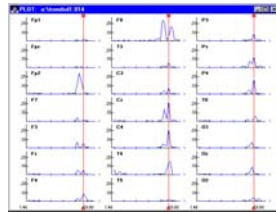
Raw EEG



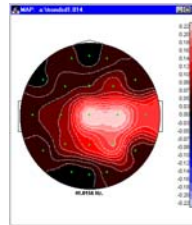
EEG Bandpass 35 - 4Hz



Rectified Sum of 35 - 45 Hz



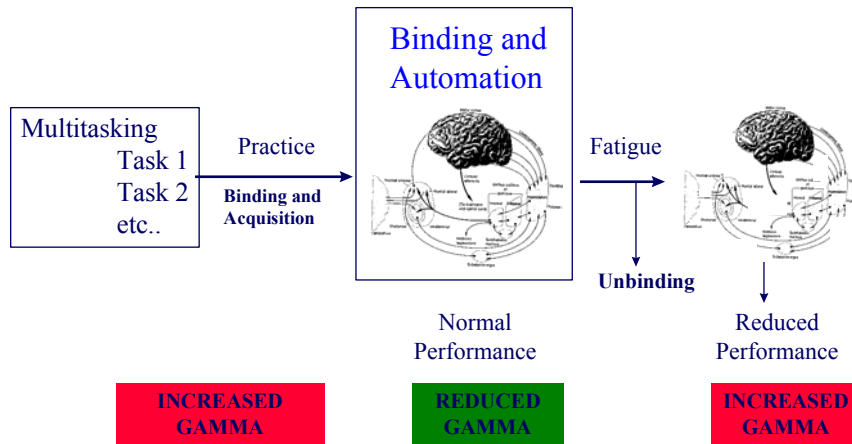
Distribution of 35 - 45 Hz



Slide 23



### What Is Happening In The Brain



Brain Behaviour Laboratory

Slide 24





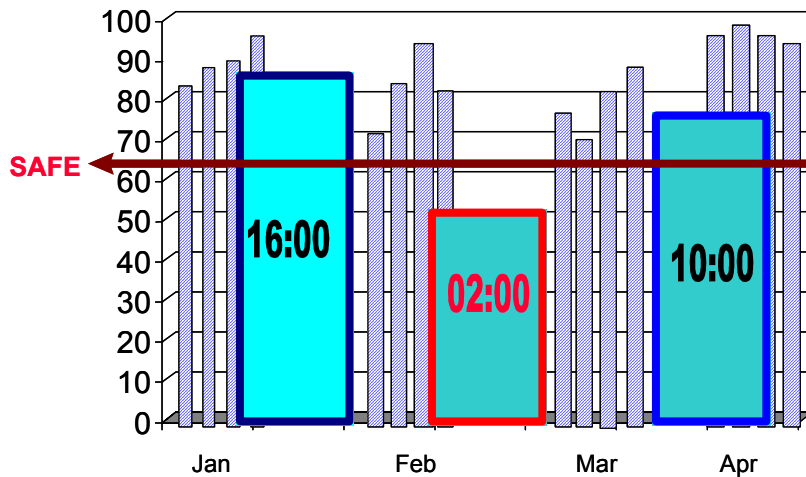
# The Future

- Individuals link up to their **own** histories stored on their **own** disks and run a diagnostic to update their **own** profiles three or four times a year.
- Each flight builds and updates the individual data base and an individual profile of how fatigue influences that individual's judgement.
- The system warns the pilot at appropriate times of probable errors of judgement and suggests appropriate countermeasures for that person.

Slide 25



## Monthly Updates Of An Individual Profile And Current Status Of Index



Slide 26



## Recommendations



**These procedures should be developed for commercial airlines and tested with pilots who are flying long-haul flights.**



**The multitasking test should be designed so that it could be incorporated into the flight panel and hence be easily accessible to pilots in flight during periods when testing will not interfere with their normal duties.**



**The effectiveness of individual countermeasures should be assessed using multitasking and EEG.**

Slide 27



Slide 28



# BENEFITS



## To Airlines

Potential self monitoring of fatigue  
countermeasure training programs leading to  
more self regulation.



## To Governing Authorities WorldWide

Potentially less need to provide industrial  
relations legislation.



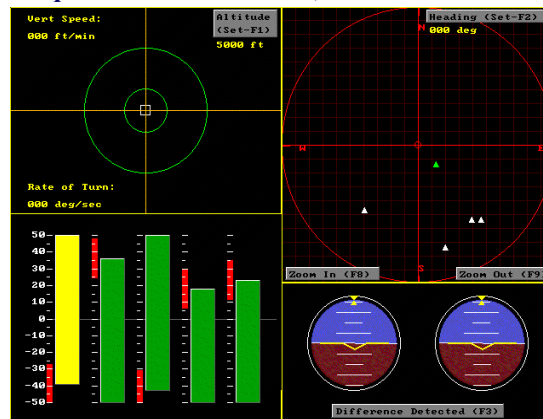
## To Pilots

Personalized index of their  
own fatigue.

Slide 29



The multitasking program was configured to run on a laptop  
computer. **Four tasks were presented simultaneously** in four  
different quadrants of the screen, as shown below.



Brain Behaviour Laboratory

Slide 30



# **REQUIREMENTS**

**Access to the civilian flight deck and approximately 20 volunteer pilots for systematic data collection during 2 flights each.**

Slide 31

---

# Determining the Causal Role of Fatigue in Accident Investigations

**Leo Donati**

Transportation Safety Board of Canada  
Hull, Quebec

## **SUMMARY**

Fatigue has been recognized by the Transportation Safety Board (TSB) of Canada, the NTSB in the United States, and other investigative agencies around the world as a contributor to many transportation occurrences. There have been many occurrences where fatigue has been suspected of contributing to or causing transportation and industrial accidents; however, that connection was difficult to justify because the vital links between the unsafe acts and decisions which led to the accidents and the fatigue state of the people involved were not made.

The reasons for not making the links have varied. At one time, fatigue was discounted as a potential cause for human error; indeed, a common myth existed that fatigue could be prevented by characteristics of personality, intelligence, education, training, skill, compensation, motivation, physical size, strength, attractiveness, or professionalism. Also, the lack of scientifically accepted information on how fatigue affects not only mood and feelings, but individual and team performance as well, constrained investigators and analysts. Furthermore, guidance on how to investigate for fatigue and build the links between a person's recent history and potential impairment has been lacking. Unlike alcohol and drugs, which can be measured by, for example, blood tests, no unequivocal physical or chemical test can tell us that a person was impaired by fatigue.

The Human Performance Division of the TSB has developed a Fatigue Guide for use by accident investigators. To discover whether fatigue is a contributing factor in an occurrence, an accident investigator needs to have:

- background information on the physiological bases of alertness and fatigue
- an understanding of how fatigue affects performance
- guidance on how to investigate for fatigue

The Fatigue Guide is limited to a discussion of fatigue arising from two systematic physiological causes: sleep deficit and circadian rhythms – both of which can be affected by work and rest schedules. Essentially every aspect of human performance can be degraded by sleep loss and sleepiness, including physical, psychomotor, and mental performance. Mood can be affected and attitudes toward risk-taking and safety can change.

The Guide is divided into two major sections. The first section provides a description of the basic concepts of sleep and fatigue and a discussion of some of the common effects of fatigue on performance. It touches on topics such as alertness, the biological clock, sleep/wake cycles, the

nature and function of sleep, quantity and quality of sleep, sleep disorders/disturbances, irregular schedules and their impact on alertness, and circadian dysrhythmia. The second section of the Guide provides guidelines on investigating for fatigue, including a checklist investigators can use to help structure their fatigue-related inquiries.

The development of the Guide and training of TSB investigators has resulted in a common understanding about terms such as fatigue, sleep debt, circadian rhythm, and other commonly used, but potentially ambiguous terms, and also about the methods available to investigate fatigue.

## **SOMMAIRE**

Le Bureau de la sécurité des transports (BST) du Canada, le NTSB des États-Unis et d'autres organismes d'enquête ailleurs dans le monde reconnaissent désormais le rôle de la fatigue dans de nombreux accidents de transport. La fatigue est en effet soupçonnée d'avoir contribué à de nombreux accidents de transport ou de travail, si ce n'est d'en avoir été la cause; mais il a toujours été difficile de confirmer le rôle de la fatigue, faute d'avoir établi les liens naturels entre les décisions et les gestes risqués ayant mené aux accidents et l'état de fatigue des personnes en cause.

Diverses raisons expliquent le retard à établir ces liens fatigue-accidents. Ainsi, il fut une époque où la fatigue était exclue d'emblée des causes possibles d'erreur humaine. On souscrivait alors à une croyance répandue selon laquelle les traits de personnalité, l'intelligence, l'éducation, la formation, l'habileté, la rétribution, la motivation, la taille et la force physique, l'apparence ou le professionnalisme sont autant de facteurs capables de prévenir la fatigue. De plus, les chercheurs et les analystes disposaient de peu de données scientifiques sur la façon dont la fatigue influe non seulement sur l'humeur et les émotions, mais aussi sur le rendement individuel et le rendement d'équipe. Sans compter l'absence d'orientation claire sur la façon de cerner le rôle de la fatigue dans un accident et d'établir des liens entre le passé récent d'une personne et l'altération de ses performances. En effet, contrairement à l'alcool et aux drogues, qui peuvent être mesurés par des analyses sanguines, il n'existe pas de moyen physique ou chimique pour déterminer à coup sûr le rôle de la fatigue dans l'altération des performances.

La Division de la performance humaine du BST a mis au point le *Guide sur la fatigue à l'intention des enquêteurs*. Pour déterminer si la fatigue a contribué à un accident, un enquêteur doit :

- avoir une bonne connaissance des fondements physiologiques de la vigilance et de la fatigue;
- comprendre les effets de la fatigue sur le rendement;
- disposer d'une méthode pour cerner le rôle de la fatigue.

Le Guide sur la fatigue se restreint à l'étude de deux causes physiologiques de la fatigue : le manque de sommeil et la perturbation du rythme circadien – facteurs qui ont des liens directs avec les cycles de travail et de repos. Essentiellement, le manque de sommeil et la somnolence peuvent entraîner une dégradation de tous les aspects de la performance humaine (forme physique, psychomotricité, promptitude mentale). L'humeur peut s'altérer, de même que les attitudes à l'égard de la prise de risques et de la sécurité.

Le Guide est divisé en deux parties. La première définit les notions de base se rapportant au sommeil et à la fatigue et présente certains des effets courants de la fatigue sur la performance. Elle aborde des sujets comme la vigilance, l'horloge biologique, les cycles veille-sommeil, la nature et la fonction du sommeil, la quantité et la qualité du sommeil, les troubles du sommeil, les horaires irréguliers et leurs répercussions sur la vigilance, et la perturbation du rythme circadien. La deuxième partie du Guide propose des lignes directrices permettant de déterminer le rôle de la fatigue dans un accident; on y trouve notamment une liste de contrôle qui aide les enquêteurs à structurer leur examen du rôle de la fatigue.

La publication du Guide et la formation des enquêteurs du BST ont permis de clarifier le sens à donner aux termes fatigue, déficit de sommeil, rythme circadien et à d'autres termes courants mais parfois ambigus, ainsi que les méthodes pouvant être utilisées pour mesurer l'influence de la fatigue dans un accident.





# **Investigating for Fatigue in Transportation Occurrences**

**Leo Donati  
Principal Human Performance Specialist**

**Transportation Safety Board of Canada**

## ***Investigating for Fatigue***

**“The question of whether or not the crew was fatigued was not pursued because tests were not conducted on the crew members immediately following the occurrence to determine their level of fatigue.”**

## *Investigating for Fatigue*

### **Guide for Investigating Fatigue**

Describe the basic concepts of sleep and fatigue

Describe common fatigue-related performance effects

Provide guidelines on investigating for fatigue

Achieve a common understanding about fatigue-related terms

**NOTE: Guide is concerned with fatigue arising from two physiological causes: Sleep Debt and Circadian Rhythms**

## *Investigating for Fatigue*

### **Basic Concepts – Sleep and Fatigue**

- Alertness and Fatigue – opposite ends of a continuum
- Biological Clock – regulates the daily cycle of activity and inactivity
- Sleep/Wake Cycle – 24-hour cycle made up of peaks and dips
- The Nature and the Function of Sleep – sleep architecture
- Quantity of Sleep – on average 7.5 to 8.5 hours
- Quality of Sleep – restorative sleep
- Sleep Disorders and Disturbances – apnea, insomnia, narcolepsy
- Irregular Schedules – desynchronization of the body rhythms
- Circadian Dysrhythmia – maladjustment of body rhythms due to crossing time zones
- Effects of Fatigue on Performance – impairment of performance and its indicators

## ***Investigating for Fatigue***

### **Investigation Guidelines**

#### **Initial Assessment – To investigate or not to investigate?**

- **At what time of day did the occurrence take place?**
- **Was the operator's normal circadian rhythm disrupted?**
- **How many hours had it been since awakening?**
- **Does the 72-hour sleep history suggest a sleep debt?**

## ***Investigating for Fatigue***

### **Establishing Fatigue as a Contributing Factor**

- **Step 1: Determine whether the person or crew was in a fatigued state**
- **Step 2: Determine whether the unsafe act or decision is consistent with the type of behaviour expected of a fatigued person or crew**

## *Investigating for Fatigue*



### **Step 1: Establishing the Fatigue State**

#### **The Issues**

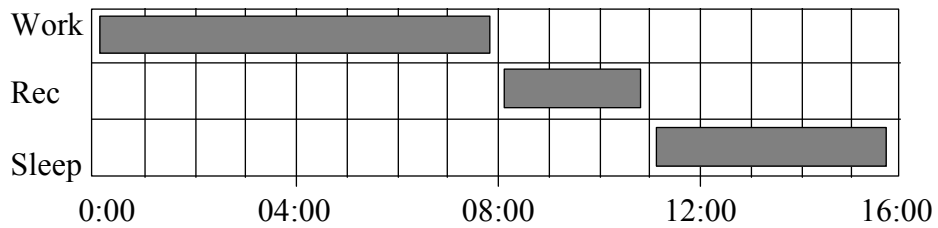
- **Quantity of sleep – was there a sleep debt?**

## *Investigating for Fatigue*

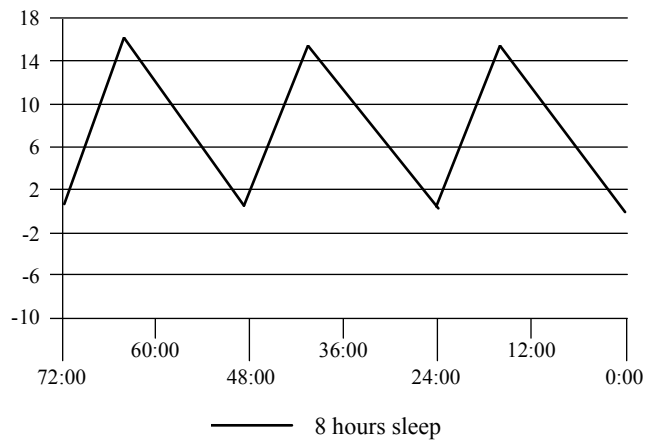
### **Quantity of Sleep**

Length of last sleep?	4 hrs	8 hrs
Start Time?	0600	2200
Awake Time?	1000	0600
Sleep Interruptions?	Yes	No
Naps?	No	No
Duration of Naps?	N/A	N/A

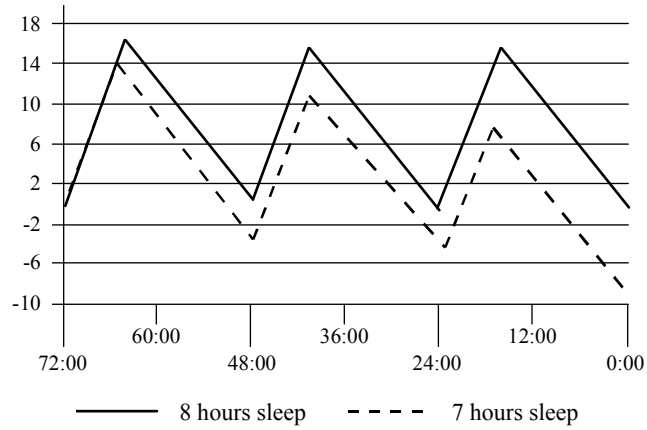
***Investigating for Fatigue***  
**72 Hour Sleep History**



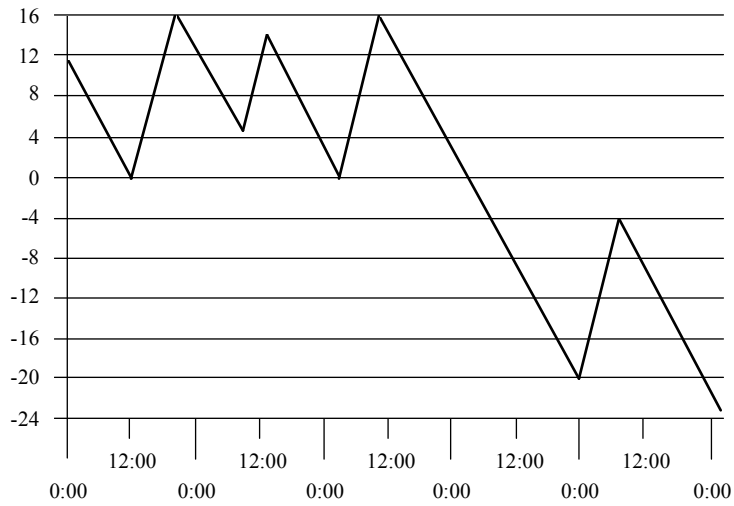
***Investigating for Fatigue***  
**Sleep Credit/Deficit Diagram**  
**8 hours of sleep per night**



***Investigating for Fatigue***  
**Sleep Credit/Deficit Diagram**  
**7 vs 8 hours of sleep per night**



***Investigating for Fatigue***  
**Sleep Credit/Deficit Diagram**



## *Investigating for Fatigue*



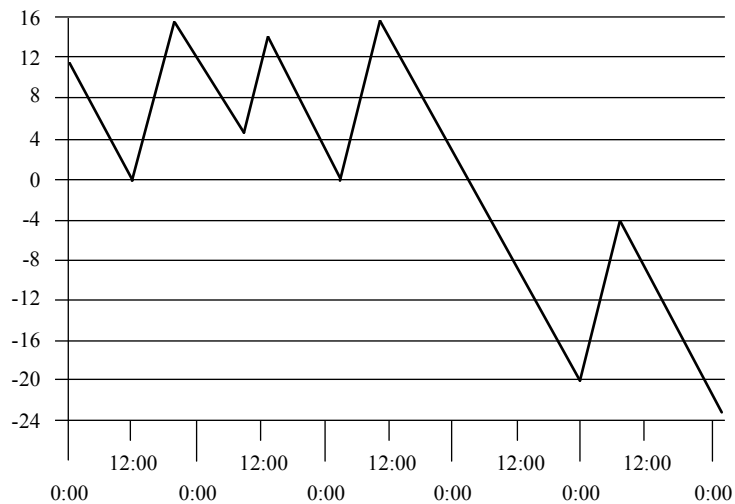
### **Step 1: Establishing the Fatigue State**

#### **The Issues**

- **Quantity of sleep – was there a sleep debt?**
- **Quality of sleep – was the sleep restorative?**

## *Investigating for Fatigue*

### **Sleep Credit/Deficit Diagram**



## *Investigating for Fatigue*



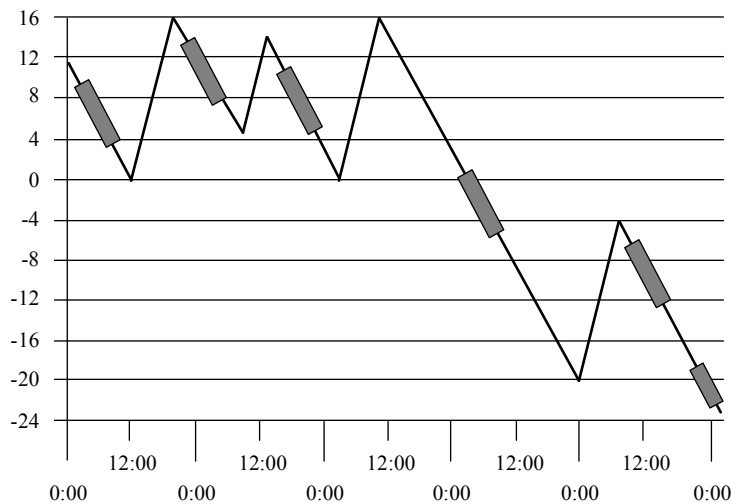
### **Step 1: Establishing the Fatigue State**

#### **The Issues**

- **Quantity of sleep – was there a sleep debt?**
- **Quality of sleep – was the sleep restorative?**
- **Work history – did the hours worked and the type of duty have an impact on quantity and quality?**

## *Investigating for Fatigue*

### **Sleep Credit/Deficit Diagram**





## *Investigating for Fatigue*



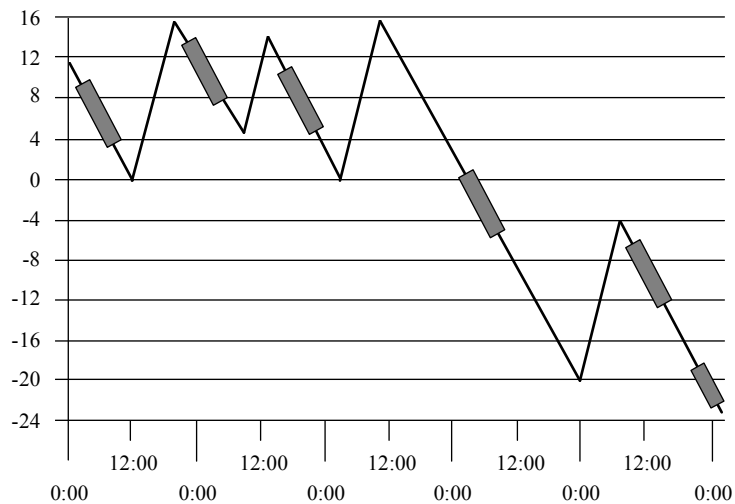
### **Step 1: Establishing the Fatigue State**

#### **The Issues**

- **Irregular schedule – was the work schedule problematic?**

## *Investigating for Fatigue*

### **Sleep Credit/Deficit Diagram**



## *Investigating for Fatigue*

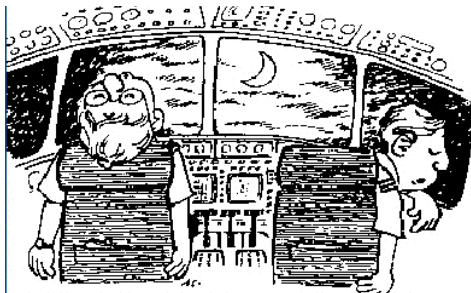


### **Step 1: Establishing the Fatigue State**

#### **The Issues**

- **Irregular schedule – was the work schedule problematic?**
- **Circadian dysrhythmia – was jet lag present and what was its impact on quantity and quality?**

## *Investigating for Fatigue*



**Constantly vigilant for any system malfunction, the Captain scans the overhead panel as the Co-pilot checks the window heat system with his forehead .... At 03:00 pilots can't be too careful**



## *Investigating for Fatigue*

### **Step 2: Establishing the Link Between Fatigue and the Unsafe Act/Decision**

#### *Impairment*

#### *Indicators*

#### **Attention**

- Overlooked sequential task element**
- Incorrectly ordered sequential task element**
- Focussed on minor problem vs major one**
- Preoccupied with single tasks**
- Reverted to old habits**
- Did not anticipate danger**
- Did not appreciate gravity of situation**

## *Investigating for Fatigue*

### **Step 2: Establishing the Link Between Fatigue and the Unsafe Act/Decision**

#### *Impairment*

#### *Indicators*

#### **Memory**

- Forgot a task or elements of a task**
- Forgot the sequence of a task or task elements**
- Incorrectly recalled operational events**

#### **Alertness**

- Succumbed to uncontrollable sleep**
- Displayed automatic behaviour syndrome**

## *Investigating for Fatigue*

### **Step 2: Establishing the Link Between Fatigue and the Unsafe Act/Decision**

<i>Impairment</i>	<i>Indicators</i>
<b>Reaction Time</b>	<b>Responded slowly to normal, abnormal, or emergency stimuli</b> <b>Failed to respond altogether to normal, abnormal, or emergency stimuli</b>
<b>Problem-Solving Ability</b>	<b>Displayed flawed logic</b> <b>Displayed problems with cognitive processing tasks</b> <b>Applied inappropriate corrective action</b>

## *Investigating for Fatigue*

### **Step 2: Establishing the Link Between Fatigue and the Unsafe Act/Decision**

<i>Impairment</i>	<i>Indicators</i>
<b>Mood</b>	<b>Conversed less than normal</b> <b>Did not perform low-demand tasks</b> <b>Was irritable</b> <b>Was distracted by discomfort</b>
<b>Attitude</b>	<b>Displayed risk-taking behaviour</b> <b>Ignored normal checks or procedures</b> <b>Displayed a “don’t care” attitude</b>

## *Investigating for Fatigue*

### **Step 2: Establishing the Link Between Fatigue and the Unsafe Act/Decision**

#### *Impairment*

#### *Indicators*

**Physiological Effects**

**Exhibited speech effects – slurred, rate, content**

**Exhibited reduced manual dexterity – key-punch entry errors, switch selection**

**Awaken !**



---

## **Fatigue in Maintenance Operations**

**Brian M. O'Rourke**

Canadian Pacific Railway, BC District  
Port Coquitlam, British Columbia

### **SUMMARY**

CP Engineering Services employees work in a broad range of maintenance areas. Fatigue became an important issue for these services after the introduction of scheduling changes in 1997. The scheduling changes led to irregular hours and more night work. Safety performance, productivity, and morale decreased and unit costs rose. The "wake-up" call came when three accidents, all related to fatigue, occurred in one week.

Circadian Technologies Inc. were called in to address the problem. They developed a Lifestyle, Employee, Alertness Pilot Project (LEAP) for Track Program crews, whose fatigue problems were particularly serious. The project encompassed a number of countermeasures, including improved work scheduling and crew lodging, lifestyle training and education, strategies for coping with commuting, napping and sleeping strategies, improved nutrition, and fitness activities.

Preliminary evaluation of the pilot project indicates a positive response from employees and a reduction in accidents and injuries.

The next step is to extend the countermeasures to benefit all Engineering Services employees.

### **SOMMAIRE**

Les employés des Services de l'ingénierie de CP travaillent dans un large éventail de secteurs d'entretien. La fatigue est devenu un problème épineux pour ces services par suite des modifications apportées aux horaires en 1997. Ces changements ont eu pour effet de rendre les horaires plus irréguliers et d'accentuer le travail de nuit. Le dossier de sécurité, la productivité et le moral se dégradaient, pendant que les coûts étaient en hausse. «L'alarme a été sonnée» lorsque trois accidents sont survenus dans la même semaine, tous reliés à la fatigue.

La firme Circadian Technologies Inc. a été appelée en consultation. Ses spécialistes ont mis au point un projet pilote sur la vigilance désigné *Lifestyle, Employee, Alertness Pilot Project (LEAP)* à l'intention des équipes de voie, chez qui les problèmes de fatigue étaient particulièrement aigus. Le projet comportait un certain nombre de contre-mesures à la fatigue, dont un meilleur système d'établissement des horaires et des installations d'hébergement mieux adaptées, des séances de formation sur le mode de vie, des stratégies pour mieux gérer les déplacements entre le domicile et le travail, des méthodes pour tirer un meilleur parti des siestes et du sommeil, une meilleure alimentation, et des activités de mise en forme.

Une évaluation préliminaire du projet pilote révèle une réaction positive de la part des employés et une diminution du nombre d'accidents et de blessures.

La prochaine étape consistera à étendre les contre-mesures à tous les employés des Services de l'ingénierie.



***FATIGUE MANAGEMENT  
IN ENGINEERING SERVICES***

**CANADIAN PACIFIC RAILWAY  
BC DISTRICT**

Presentation to the "FATIGUE IN TRANSPORTATION WORKSHOP"  
Ottawa, Ontario  
October 15, 1998



***FATIGUE MANAGEMENT IN ENGINEERING SERVICES***

- INTRODUCTION: EMPLOYEE FATIGUE AN ENGINEERING SERVICES ISSUE IN BC
- OUR EXPERIENCE IN 1997 IN BRITISH COLUMBIA
- THE WAKE UP CALL
- WHAT DID WE DO - "LEAP FOR BC" PILOT ALERTNESS ASSURANCE PROJECT
- OUR INITIAL FINDINGS
- FATIGUE COUNTERMEASURES IMPLEMENTED
- CURRENT STATUS OF "LEAP FOR BC" PILOT PROJECT
- NEXT STEPS

● **INTRODUCTION: Employee Fatigue in Engineering Services Issue in BC**

■ **CANADIAN PACIFIC RAILWAYS BC DISTRICT**

■ **Engineering Services employees in British Columbia**

*Track Maintenance*

*Bridge and Structure Maintenance*

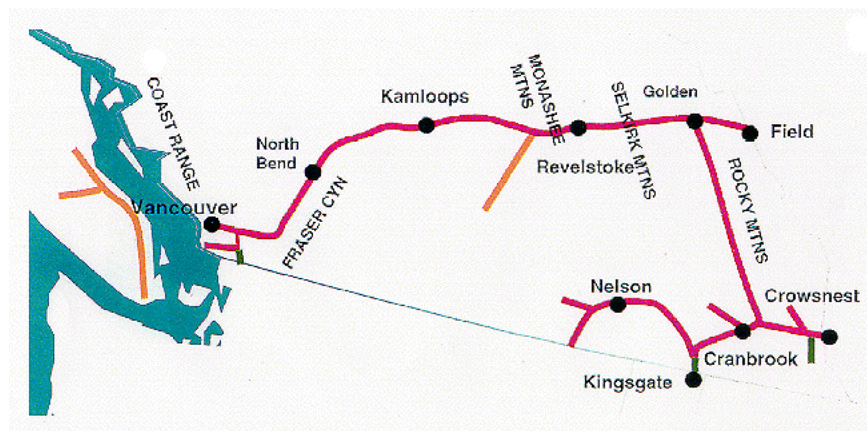
*Signals & Communications Maintenance*

*Track Programs & Work Equipment*

■ Railroad industry focus has been on employees in train and engine service – not track workers

■ Competitive business pressures on CPR have forced requirement for increased flexibility and more irregular working hours for Engineering Services employees in British Columbia

**CANADIAN PACIFIC RAILWAYS BC DISTRICT**



## ***ENGINEERING SERVICES EMPLOYEES IN BRITISH COLUMBIA***



Track Maintenance



Bridges and Structures



Track Programs and Work Equipment



Signals and Communications

### **● *OUR EXPERIENCE IN 1997 IN BRITISH COLUMBIA***

- Significant schedule changes were introduced for Track Program crews**
  - different work cycle, 4 X 10 hour days followed by 3 days off  
vs. 10 X 8 hour days followed by 4 days off
  - longer track blocks provided for track work  
i.e. 7 hours vs. 5 hours
  - more "night work", i.e., work between 2200 and 0400
  
- We noticed the following:**
  - Deteriorating safety performance
  - Increased unit costs, lower productivity
  - Lower employee morale

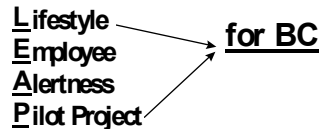
● **THE WAKE UP CALL**

- Three (3) single vehicle highway accidents in one (1) week period
  - September 17th, 0520 hours, employee received minor injuries
  - September 18th, 0540 hours, employee fatally injured
  - September 19th, 0300 hours, employee seriously injured
- All three (3) accidents were related to driver fatigue
- Our conclusion – we needed to *manage night work and employee fatigue and to do this, we needed to understand the issues*

● **WHAT DID WE DO?**

***"LEAP FOR" Pilot Alertness Assurance Project***

- Sought professional assistance from Circadian Technologies Inc. (CTI)
- Implemented an Alertness Assurance Process - LEAP for BC - as a joint labour/management pilot project focussed on Track Program Crews in British Columbia:



- Conducted an extensive employee survey
- Analysed 1997 work schedules using CTI's Circadian Alertness Simulation (CAS) Model

● ***OUR INITIAL FINDINGS***

- Survey results suggested that 1997 schedule changes contributed to increased employee fatigue
- Analysis of 1997 work schedules using employee survey data confirmed that employee fatigue was a serious problem for Track Program crews in BC . . . see examples
- The weekend commute by employees (up to 10 hours) was a key area of concern
- Confirmed our earlier suspicions that the employee fatigue issue could and needed to be *managed*

● ***FATIGUE COUNTERMEASURES IMPLEMENTED***

- Work Scheduling
  - "Night Work" eliminated wherever possible
  - All schedules tested against "*Circadian Alertness Simulation*" model to identify areas of concern, and other countermeasures developed to address those concerns
- Crew Lodging
  - Improved boarding car hallway carpets, quiet door closers, and better soundproofing to reduce noise
  - New, improved mattresses purchased
  - Education on etiquette and courtesy to benefit those sharing accommodation
  - Future counter-measures . . .
    - Relocating boarding car trucks farther from main tracks to reduce noise from passing trains
  - Supplying permanent electrical power supply in key locations to eliminate noise from generators

● **FATIGUE COUNTERMEASURES IMPLEMENTED (cont'd)**

■ **Lifestyle Training & Education**

- Full-day course for over 400 employees in 1998
- Delivered jointly by Company/BMWE training specialists

→ Six (6) Modules:

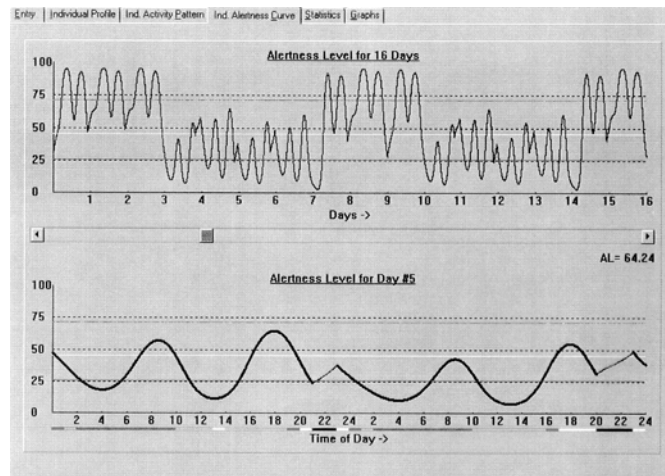
Your Biological Clock	Getting Better Sleep
Safety Starts with Alertness	Healthy Living
Commuting	Stress & Coping

■ **Transportation & Commuting**

- Commuting concerns identified in work schedule modelling and strategies suggested to address key concerns. . . see examples
- Education and awareness about challenges at night commuting and drowsy driving included in "Lifestyle Training & Education"
- Future countermeasures being considered
  - increased use of air travel, vans, car pools, chartered bus



## *Simulated Alertness Curve Supervisor/Tie Crew 3*

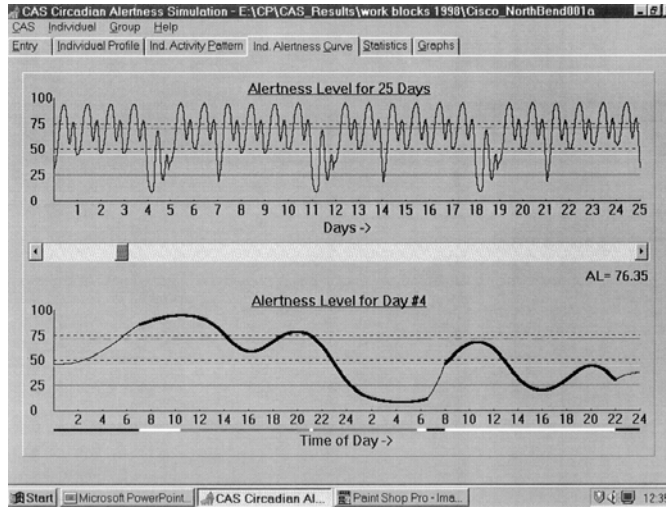




## Fatigue Risk Assessment using Circadian Alertness Simulation (CAS)

(CP-Track Afternoon Work Blocks: 11:00-21:00; e.g. Cisco to North Bend)

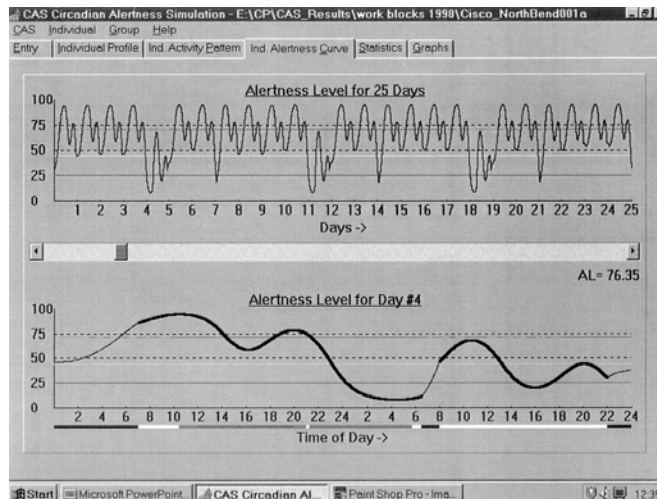
After three hours commute on Thursday the red line is crossed. High risk to fall asleep!!



## Fatigue Countermeasure using Circadian Alertness Simulation (CAS)

(CP-Track Afternoon Work Blocks: 11:00-21:00; e.g. Cisco to North Bend)

With five hours sleep the alertness level stays above the red line during the whole commute!!

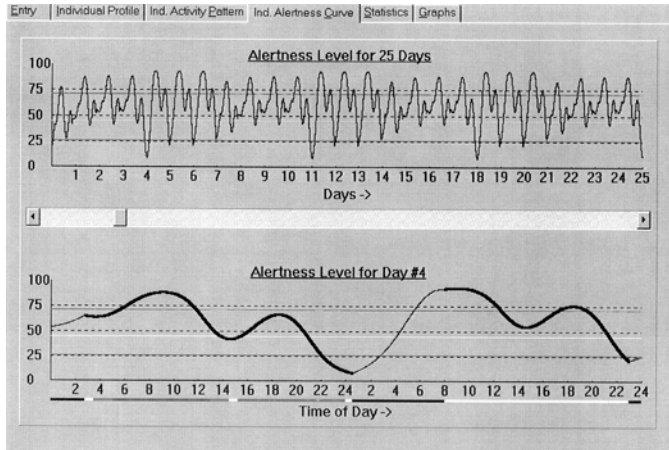




## Fatigue Risk Assessment using Circadian Alertness Simulation (CAS)

(CP-Track Early Morning Work Blocks: 04:00-13:00; e.g. Kamloops to Basque/Nepa)

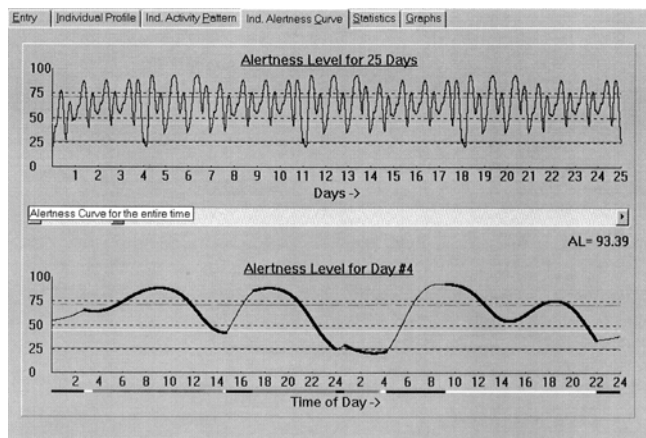
After seven hours commute on Thursday the red line is crossed. High risk to fall asleep!!



## Fatigue Countermeasure using Circadian Alertness Simulation (CAS)

(CP-Track Early Morning Work Blocks: 04:00-13:00; e.g. Kamloops to Basque/Nepa)

Using the fatigue countermeasure the time period below the red line is reduced!!





● ***FATIGUE COUNTERMEASURES IMPLEMENTED (cont'd)***

■ **Napping and Sleeping Strategies**

- Napping Education Program has been rolled out
- Napping on bus to and from worksite is approved and encouraged
- Napping and sleep strategies included in "*Lifestyle Training & Education*"

■ **Nutrition**

"Heart Smart" meals now offered by caterer

■ **Health, Exercise and Recreation**

- Improved fitness equipment supplied for recreation cars
- "Stretch and Flex" program and pamphlets introduced as part of daily Job Briefings
- Libraries established on boarding cars for use by crews

● ***FATIGUE COUNTERMEASURES IMPLEMENTED (cont'd)***

■ **Other ideas being considered**

- Establishing "Health Clubs" on crews
- Providing health magazine subscriptions to crews
- Negotiating reduced "drop-in" rate to health clubs in BC Communities
- Sleep disorder screening

● ***CURRENT STATUS OF LEAP FOR BC PILOT PROJECT***

■ **Pilot project evaluation in progress**

- Follow up employee survey in October 1998
- 1998 year-end safety review
- 1998 year-end productivity review

■ **Preliminary indications**

- There have been a reduced number of accidents and injuries in 1998 attributable to employee fatigue
- Improvements implemented have been well received by employees

***NEXT STEPS***

**Upon favourable pilot project evaluation, the findings and countermeasures will be extended to all functional areas and districts of CPR to the benefit of all Engineering Services employees.**

---

# Trucking Industry View of Hours-of-Service Regulations and Fatigue Management

Graham Cooper  
Canadian Trucking Alliance (CTA)  
Ottawa, Ontario

## SUMMARY

The Canadian trucking industry has been investigating the feasibility of a performance-based alternative to traditional HOS regulations. Along with government and other organizations, it has studied existing programs, such as Queensland's Fatigue Management Program (FMP). The CTA has already produced a booklet, *Straight Talk on Fatigue and Alertness*, and a cassette, *Awake Break*, to help drivers and trucking industry managers deal with the issue of driver fatigue.

Queensland's FMP attempts to manage underlying fatigue risk factors rather than only hours worked. It requires management and evaluation systems to ensure compliance with agreed standards. If the rigorous entry criteria are met a contract is drawn up between the carrier and government. The criteria cover a broad range, from driver medical qualifications to scheduling practices to cooperative dealings between drivers and management.

Because FMP carriers are exempt from traditional regulations, compliance activity shifts from on-road enforcement to audits of management systems and FMP practices and records.

The review of the FMP indicated a high level of driver and carrier satisfaction, as well as increased safety and productivity. However, it will not suit all carriers, and the industry will always need some form of prescriptive regulations.

Many questions remain. For example: Will an improved HOS regime make FMP less attractive? Will governments and the public trust carriers and drivers to regulate themselves?

CTA's investigations into FMP have led to a number of conclusions, including:

- Cooperation of all North American governments is essential
- Technology will be a key component, to give objective assurance that the program is working
- An ideal first step would be an operational test of fatigue management technologies in a joint program implemented by Transport Canada, the U.S. Federal Highway Administration, and Canadian and U.S. industry. Such a cross-border test is expected to begin sometime in 1999

## SOMMAIRE

L'industrie canadienne du camionnage a étudié la possibilité de mettre en place des normes de performance en remplacement de la réglementation traditionnelle sur les heures de service. De concert avec le gouvernement et d'autres organismes intéressés, elle a passé en revue les programmes de gestion de la fatigue (PGF) existants, tel celui mis en place à Queensland. L'Alliance canadienne du camionnage a déjà publié une brochure, *Pleins feux sur la fatigue et la vigilance*, et une bande audio, *Awake Break* (en anglais seulement), qui indiquent aux conducteurs et aux chefs de l'industrie du camionnage des pistes pour aborder le problème de la fatigue chez les camionneurs.

Le PGF en vigueur à Queensland cherche à agir sur les facteurs qui contribuent à la fatigue plutôt que de se concentrer uniquement sur le nombre d'heures travaillées. Il nécessite la mise en place de systèmes de gestion et d'évaluation pour garantir le respect des normes convenues. Lorsqu'il respecte des critères rigoureux d'agrément, le transporteur est invité à conclure une entente avec le gouvernement. Les critères touchent à une vaste gamme de mesures, allant des examens médicaux pour la qualification des conducteurs aux méthodes de confection des horaires, en passant par l'établissement de relations de coopération entre conducteurs et gestionnaires.

Comme les transporteurs qui ont implanté un PGF sont exemptés de la réglementation, la vérification de la conformité ne se fait plus sur la route mais plutôt au siège social, par des audits des systèmes de gestion, des pratiques relatives au PGF et des dossiers connexes.

Une étude sur les PGF a révélé un taux élevé de satisfaction parmi les transporteurs, de même qu'une augmentation de la sécurité et de la productivité. Mais ces programmes ne peuvent convenir à tous les transporteurs et l'industrie aura toujours besoin de quelque forme de réglementation.

Et de nombreuses questions restent sans réponse. Par exemple : un régime amélioré d'heures de service risque-t-il d'enlever tout attrait aux PGF? Les gouvernements et le public auront-ils confiance en la capacité des transporteurs et des conducteurs de s'auto-discipliner?

L'étude de l'ACC sur les PGF a débouché sur un certain nombre de conclusions. En voici quelques-unes :

- La coopération de tous les gouvernements d'Amérique du Nord est essentielle.
- La technologie constituera l'outil essentiel par lequel on pourra obtenir l'assurance objective que le programme fonctionne.
- Idéalement, on devrait commencer par un essai en service des technologies de gestion de la fatigue, dans le cadre d'un programme coopératif auquel collaboreraient Transports Canada, la *U.S. Federal Highway Administration* et les industries canadienne et américaine du camionnage. Un tel essai canado-américain devrait débiter d'ici la fin de 1999.

## **Background**

- Visit to Queensland, September 1996 – CTA, ATISA, Transport Canada
- Look at FMP in practice – discuss with governments and industry
- Knew that DFAS would be released early 1997 – Canada and U.S. would be starting regulatory review process

## **Background (cont'd)**

- Wanted cooperative industry-government investigation of performance-based alternative to traditional HOS regulations in North America – would such an approach be feasible in Canada?

## **Background (cont'd)**

- In early 1997, investigation of FMP began in Canada under auspices of CCMTA working group: Canadian and U.S. industry; Transport Canada and provinces; Teamsters; FHWA
- Development of inter-Alberta field test/pilot program begun by ATISA
- CTA launched *Straight Talk on Fatigue and Alertness* booklets and *Awake Break* cassettes

## **What is the Queensland FMP?**

- Attempts to manage underlying fatigue risk factors rather than just hours worked:
  - Driver fitness
  - Unfamiliarity with fatigue causes and remedies
  - Night and day people working against ability and preferences
  - Monotonous driving conditions
  - Long-haul trips
  - Driving during circadian low points
  - Irregular schedules
  - Cumulative night shifts
  - Too little or poor quality sleep – leading to sleep debt
  - Ignoring fatigue symptoms

## **What is the Queensland FMP? (cont'd)**

- Requires management and evaluation systems to ensure compliance with agreed standards
- Not a relaxation of standards – rigorous entry and ongoing compliance criteria
- Leads to contract between carrier and government and exemption from regulation
- Shift from on-road enforcement to audits of management systems, FMP practices, and records

## **What is the Queensland FMP? (cont'd)**

- Minimum accreditation standards
  - Trip scheduling – flexibility
  - Rostering – to meet driver ability and preference
  - Time driving and working – co-managed by carrier and driver
  - Rest during shift – breaks and naps as needed
  - Driver fitness for duty – ability to stand down
  - Time not working – adequate for recovery
  - Driver health screening
  - Training and education – drivers, dispatchers, and management
  - Management practices – open communication
  - Documented policies and procedures
  - Compliance controls and corrective action

## **Main Conclusions from FMP Review**

- Can give carriers increased productivity – but about operational flexibility, not just more hours
- High level of driver and carrier satisfaction
- Safety can be enhanced by focus on underlying causes of fatigue
- Benefits consist more of long-term productivity (e.g., low driver turnover) than short-term profitability

## **Main Conclusions from FMP Review (cont'd)**

- FMP will not suit needs of every carrier and not all could qualify
- HOS regulations (in some form) will always be needed for majority
- Standards for entry and continuation very rigorous



## **Questions Now Facing Industry and Regulators**

- Is there a future in North America for classic (holistic) FMP approach?
- Will governments and public accept FMP and trust carriers and drivers to self-regulate (involves major leap of faith and new way of managing risk)?
- How can this concern be balanced with need to make FMP non-intrusive (privacy issues for drivers)?
- What is best way of managing downside business risk if driver not fit for duty under FMP but compliant with HOS limits?

## **Questions Now Facing Industry and Regulators (cont'd)**

- How can compliance costs be limited, to get enough carriers interested and make it manageable for regulators?
- Will new HOS regime make FMP less attractive or even unnecessary?
  - More rest opportunities (10 hours/day) for drivers
  - More operational flexibility for carriers and drivers (at least under industry proposals)
    - Flexible time-off over two-day period
    - 36-hour reset – less time away for drivers
    - Close to destination provisions

## **Questions Now Facing Industry and Regulators (cont'd)**

- Is there any merit in pursuing a made-in-Canada solution if FMP not recognized in U.S.?
  - 10 million cross-border truck trips per year
  - \$1 billion per day in trade – 70% by truck

## **Conclusions**

- Canada and U.S., government and industry, need to pursue mutually acceptable solutions
- All governments need to buy in
- Sufficient market-based incentives need to be available to get carriers interested in the investment – several Australian shippers now only use FMP carriers
- Technology – wrist actigraphs as first step – needed to give objective assurance that program is working and drivers are fit for duty

## **Conclusions (cont'd)**

- Operational test of fatigue management technologies is ideal first step – joint project of Transport Canada, FHWA, Canadian and U.S. industry
- Experimental design now being developed by ATA Foundation – will be reviewed by governments and industry from both countries
- Plan to start working together this fall and winter, assuming Canadian process fits with experimental design and Canadian carriers, drivers acceptable to FHWA and Transport Canada

## **Conclusions (cont'd)**

- End result (in short term at least) may be a hybrid approach, combining some prescriptive elements and some performance-based alternatives, e.g.
  - Prescribed minimum daily rest time (e.g., all drivers must have at least 8 hours off every day and 20 hours over 2 days)
  - Flexible cycle caps based on FMP and fitness for duty (e.g., could go up to 84 or 98 hours per week for limited periods)



---

## **Review of Fatigue Management Concepts and Strategies**

**Ronald J. Heslegrave**

Department of Psychiatry

St. Michael's Hospital and the University of Toronto

Toronto, Ontario

### **SUMMARY**

Given the limited space in this volume, I have elected to provide some basic information with regard to fatigue and effective management strategies. Fatigue is, perhaps, the "Number One" enemy of the workforce today. The economic policies of the last 10-15 years have resulted in reduced workforces, required that workers be more efficient in the workplace through modernization, and shifted the workplace culture toward greater competitiveness. The result has been a shift toward fewer workers doing more work for largely equivalent salaries (due to limited inflation). Given this economic strategy, workers are working longer hours, are required to have more training and/or continuous training, and are putting workplace initiatives at the top of their priorities. The result has been an increase in fatigue for all workers. The transportation worker is in special peril in this regard and is in need of measures to cope with fatigue. However, not only would the transportation worker benefit from Fatigue Management Strategies but the company would as well. Among the benefits for the company are reduced absenteeism, earlier return to work from disability, less short-term and long-term sick time, improved job satisfaction, and improved employee retention. Given the current competitive economic environment, the employer stands to gain as much as the employee from appropriate use of Fatigue Management Strategies.

Several pertinent questions concerning fatigue can be asked. First, what is fatigue? The answer to this question is in Display 1. While fatigue can take many forms (physical, mental, emotional, spiritual, sleep related, diurnal-related, stress-related, etc.), in the context of managing fatigue for the transportation worker, we are primarily concerned with loss of alertness due to circadian, sleep, and environmental factors. Who needs a Fatigue Management Program? Display 2 suggests that these days everyone could use a fatigue management program. Everyone has too much to do in too little time. In the workplace, however, those who work outside the 8 am-6 pm window have to worry more about fatigue problems if their work schedule interferes with their ability to obtain sleep and to enjoy life. Workers who have schedules that restrict sleep (early start times and late end times, sleeping during the day, reduced hours between work periods) are particularly vulnerable. Since fatigue decreases alertness and performance, workers in safety-sensitive or critical positions must set higher alertness thresholds for themselves. Display 3 demonstrates the change in alertness that occurs over a 24-hour period and illustrates how declines in alertness may be more tolerable in some less safety-sensitive positions but not in more safety-sensitive positions (such as positions where grave consequences are associated with error or highly vigilant jobs such as operators or drivers). Most who work in the transportation sector experience the job-related, health-related, and socially related negative consequences of fatigue on a regular basis.

Display 4 shows some of the most common consequences of fatigue derived from the shiftwork literature. Reduced job performance, increased health problems, increased direct and indirect economic costs, and impaired social and domestic relationships are all consequences of fatigue. Display 5 shows some of the commonly reported job consequences. Displays 6-9 further illustrate the effects of fatigue from a recent survey of shiftworkers in the transportation sector who perform a highly technical job requiring sustained vigilance. The prevalence rates shown in these figures illustrate commonly reported experiences of shiftworkers in a 24hr/7day operation. As can be seen in these figures, fatigue is a commonly reported problem among these transportation workers as are lapses in attention. Indeed, nearly 10% of workers report shiftwork paralysis – the momentary (4-5 sec) inability to consciously respond to important environmental cues – as a common experience. Sleep difficulties, gastrointestinal problems, and other health issues are also relatively common.

Display 10 shows the most common causes of fatigue. Circadian rhythms affect fatigue on a daily basis and the effects of this daily variation in fatigue are illustrated in Displays 11 and 12 showing increased motor vehicle and marine accidents in the early morning hours. Sleep restriction is also a major cause of fatigue. Display 13 shows the sleep restriction that occurs depending on the type of shift worked (compared to days off). Continued sleep restriction increases the sleep debt of workers, which increases fatigue and decreases alertness and performance as illustrated in Display 14, showing declines in productivity with sleep restriction (and increasing sleep debt).

An important individual factor affecting our ability to cope with fatigue is age. Display 15 shows the increasing inability to cope with shiftwork as workers age and demonstrates that shiftwork becomes much more difficult as workers approach 40 years of age. Displays 16 and 17 illustrate that workers over 40 report significantly greater performance impairment on the midnight shift and have more health complaints than those under 40 years of age.

From the above illustrations it should be clear that fatigue is a major issue for transportation workers, their employers, and society at large. Transportation workers are usually in safety-sensitive positions, are required to work in 24-hr a day/7 day a week operations, and are becoming older as a workforce, making them particularly vulnerable to the effects of fatigue. Fatigue affects job performance, health, and the social and domestic aspects of workers' lives. In addition, fatigue has both direct and indirect economic consequences. For these and other reasons, employees, employers, and government should implement Fatigue Management Strategies.

Display 18 shows that Fatigue Management strategies must begin by increasing awareness of fatigue as a major concern for workers, their families, employers, and government. Once these issues are recognized, education must be implemented. This education should first target employees, to equip them with the tools to recognize fatigue, improve their sleep through good sleep hygiene, improve their alertness on the job and during the commute to and from the job, and improve their overall quality of life. However, such education must also include families and employers so that the supports are in place to promote better fatigue management. It is only with support in the workplace and at home that good fatigue and lifestyle management can be achieved for the employees. (A recent book entitled "Working the Shift: A Self-Health Guide" by Shapiro, Heslegrave, Beyers, and Picard reviews many of these fatigue and lifestyle management concepts.)

Once sufficient awareness is achieved and education is implemented, changes to the workplace should be considered to support good Fatigue Management practices. For instance, most scheduling practices tend to be rigid in terms of start/stop times, numbers of consecutive shifts, rotation, etc.; tend to view workload and employee ability as constant over a 24-hr day; tend to view employees as interchangeable; and tend to be negotiated rather than managed. While no shift is perfect or ideal, there are good scheduling practices, as illustrated in Displays 19 and 20. Improved scheduling can have a great influence on fatigue.

Fatigue Management Programs should also consider fatigue countermeasures. Display 21 shows a variety of fatigue countermeasures. For illustrative purposes, consider strategic napping. As demonstrated earlier, circadian rhythms and sleep loss both produce greater fatigue on the night shift. Circadian rhythms reduce alertness on a daily basis during the middle of the night, and working consecutive night shifts increases the sleep debt accumulated over the shift cycle. Therefore, fatigue is greatest on the night shift. Since it has been repeatedly demonstrated that employees on the night shift take unsanctioned sleep, strategic napping is an alternative that better suits the employees' and employers' interests. Planned naps for employees who are fatigued not only will make employees more productive and satisfied but will also allow employers to cover critical positions with alert employees, to reduce the potential risk associated with drowsy, fatigued employees. Since fatigue in these circumstances is a product of biological processes, a biological solution is warranted.

Fatigue Management should be an ongoing quality assurance program. As illustrated in Display 22, education and training regarding fatigue should be a continuous quality improvement exercise, like most training. Schedules should be revised in accordance with good scheduling practices. To the extent possible, schedules should incorporate individuals' preferences and needs. Continuous evaluation should also be considered. If there are new ways to do business, these should be evaluated. Moreover, simply providing education and training does not assure a positive outcome with regard to fatigue. If workplace or domestic demands do not support the lifestyle change necessary for the employee to manage fatigue, education and training are not likely to be effective. Systematically evaluating the implementation of fatigue management programs is necessary to ensure their success and to tailor the Fatigue Management Program to the individual workplace needs of the transportation worker. As illustrated in Display 23, since fatigue has multidimensional causes, Fatigue Management Programs must also be multidimensional in their approach. Given the tremendous benefit that can accrue to employees, their families, and employers through proper Fatigue Management, such programs must begin to be implemented to improve the health and quality of life of employees and ensure economic competitiveness in the future for employers.

## SOMMAIRE

Compte tenu des contraintes d'espace associées à la présente publication, j'ai choisi de présenter certaines données essentielles se rapportant à la fatigue et aux stratégies de gestion de la fatigue. La fatigue représente peut-être aujourd'hui l'«ennemi numéro un» des travailleurs. Les politiques économiques des 10 à 15 dernières années ont entraîné des réductions de main-d'oeuvre, ont créé, à la faveur de la modernisation, des exigences de rendement accrues pour les travailleurs, et ont assujéti la culture d'entreprise aux principes de la concurrence. Résultat : une main-d'oeuvre réduite qui abat plus de travail, en contrepartie de salaires essentiellement équivalents (en raison du faible taux d'inflation). Les travailleurs soumis à cette stratégie économique consacrent plus de temps au travail et à la formation, qu'il s'agisse de formation de base ou de perfectionnement, et ils placent le travail au sommet de leurs priorités. D'où l'augmentation du degré de fatigue chez tous les travailleurs. Les travailleurs du secteur des transports sont parmi les plus touchés par ce problème, et il importe d'instaurer des mesures qui leur permettront de mieux y faire face. Mais toute stratégie de gestion de la fatigue mise en oeuvre profitera non seulement aux travailleurs, mais aussi aux entreprises de transport. Parmi les avantages que peuvent en tirer les entreprises, mentionnons la diminution de l'absentéisme, le retour au travail plus rapide des travailleurs après une période d'incapacité, la diminution des congés de maladie de courte et de longue durée, la hausse de la satisfaction au travail, et la baisse du roulement de la main-d'oeuvre. Compte tenu de la forte concurrence qui règne présentement sur le marché, l'employeur a autant à gagner que l'employé d'une application judicieuse de stratégies de gestion de la fatigue.

Plusieurs questions pertinentes au sujet de la fatigue peuvent se poser. Premièrement, qu'est-ce que la fatigue? La réponse à cette question se trouve au tableau 1. La fatigue peut prendre de nombreuses formes (fatigue physique, mentale, émotive, spirituelle, fatigue due au manque de sommeil, à la perturbation du rythme circadien, au stress, etc.). Mais quand nous envisageons des mesures pour prévenir la fatigue des travailleurs des transports, nous pensons surtout à la baisse de la vigilance due à la perturbation du rythme circadien, au manque de sommeil et aux facteurs environnementaux. À qui doit s'adresser un programme de gestion de la fatigue? De nos jours, tout le monde peut bénéficier d'un tel programme (voir le tableau 2). Qui que nous soyons, nous avons tous trop de choses à faire et pas assez de temps. Mais au travail, ce sont ceux qui doivent travailler en dehors de la plage de 8 h à 18 h qui doivent le plus s'inquiéter des problèmes de fatigue, si leur horaire de travail les empêche de dormir et de se détendre. Les travailleurs dont les heures de sommeil sont limitées en raison de leur horaire de travail (p. ex., ceux qui commencent tôt le matin, qui finissent tard le soir, qui doivent dormir le jour, qui disposent de peu de temps de repos entre leurs périodes de travail) sont particulièrement vulnérables. Et comme la fatigue diminue la vigilance et les performances, les travailleurs qui occupent des postes critiques pour la sécurité doivent se fixer des seuils de vigilance plus élevés. Le tableau 3 montre l'évolution du degré de vigilance sur une période de 24 heures; il illustre en outre comment une baisse de la vigilance peut être acceptable chez des travailleurs qui exercent des fonctions peu critiques pour la sécurité, mais non chez ceux qui exercent des responsabilités intimement liées à la sécurité (postes dans lesquels une erreur risque d'entraîner de graves conséquences ou postes exigeant un degré élevé de vigilance, tels les emplois de conducteurs ou d'opérateurs). La plupart des travailleurs du secteur des transports font régulièrement l'expérience des conséquences néfastes de la fatigue sur la tâche, la santé et la vie sociale.



Le tableau 4 montre certaines des conséquences les plus couramment associées à la fatigue, tirées d'une recherche documentaire sur le travail par postes. Baisse de la performance au travail, accroissement des problèmes de santé, augmentation des coûts économiques directs et indirects, et perturbation des relations sociales et familiales sont autant de conséquences de la fatigue. Le tableau 5 présente certaines des conséquences sur la tâche les plus souvent signalées. Les tableaux 6 à 9 illustrent également les effets de la fatigue, d'après les données d'un récent sondage effectué auprès de travailleurs postés du secteur des transports, qui exécutent des tâches hautement techniques nécessitant une attention soutenue. Les taux de prévalence mentionnés témoignent de l'expérience de travailleurs affectés à des opérations qui se déroulent 24 heures sur 24, 7 jours sur 7. Comme on peut le voir, la fatigue est un problème couramment signalé chez ces travailleurs des transports, comme les baisses du niveau d'attention. De fait, près de 10 % se disent souvent en proie à des épisodes de paralysie reliés au travail par postes (incapacité momentanée [4 à 5 s] de réagir de façon consciente à d'importants stimulus environnementaux). Les troubles du sommeil, les affections gastro-intestinales figurent également parmi les autres problèmes de santé assez courants.

Le tableau 10 montre les causes les plus courantes de la fatigue. Le rythme circadien influe sur le degré de fatigue ressenti tout au long de la journée et les effets de cette variation de la fatigue en fonction du moment de la journée sont illustrés aux tableaux 11 et 12 : on enregistre proportionnellement un plus grand nombre d'accidents automobiles et d'accidents maritimes à l'aube. Le manque de sommeil est également une cause importante de fatigue. Le tableau 13 indique l'ampleur du manque de sommeil (par rapport au cycle de repos), selon le quart travaillé. Un manque de sommeil qui se répète jour après jour creuse le déficit de sommeil, ce qui accentue la fatigue et, partant, la baisse de vigilance et de performance, comme l'illustre le tableau 14, qui montre une corrélation entre la baisse de productivité et le manque de sommeil (et le déficit de sommeil accumulé).

L'âge est une donnée individuelle qui influe de façon importante sur la capacité de résister à la fatigue. Le tableau 15 montre la difficulté de plus en plus grande des travailleurs de s'adapter au travail posté au fur et à mesure qu'ils avancent en âge : le travail posté devient beaucoup plus pénible à l'approche de la quarantaine. Comme on le voit aux tableaux 16 et 17, les travailleurs de plus de 40 ans déclarent une baisse de performance beaucoup plus importante pendant le quart de nuit et se plaignent de plus d'ennuis de santé que ceux qui n'ont pas encore atteint la quarantaine.

Les données dont nous venons de faire état montrent clairement que la fatigue constitue un problème majeur pour les travailleurs des transports, leurs employeurs, et la société en général. Les travailleurs des transports occupent généralement des postes critiques pour la sécurité, ils sont affectés à des opérations qui se déroulent 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, et leur moyenne d'âge augmente, ce qui les rend particulièrement sensibles aux effets de la fatigue. Celle-ci influe sur leur performance, leur santé, et leur vie sociale et familiale. De plus, la fatigue entraîne des coûts économiques directs et indirects. C'est pour ces raisons, entre autres, qu'il importe que les employeurs et le gouvernement mettent en oeuvre des stratégies de gestion de la fatigue.

Les stratégies de gestion de la fatigue doivent, dans un premier temps, sensibiliser les travailleurs, leurs familles, les employeurs et le gouvernement à l'important problème que constitue la fatigue (tableau 18). Une fois ces groupes sensibilisés, il faut mettre en oeuvre un programme de formation. Ce programme doit s'adresser aux employés et il doit les doter des outils nécessaires

pour reconnaître la fatigue, pour accroître la qualité de leur sommeil par une bonne hygiène du sommeil, pour augmenter leur vigilance, tant au travail que pendant leurs déplacements entre leur domicile et leur lieu de travail, et pour améliorer leur qualité de vie dans l'ensemble. Mais une telle formation doit aussi s'adresser aux familles des travailleurs et aux employeurs, de façon que les travailleurs reçoivent tout l'appui nécessaire à une meilleure gestion de la fatigue. En effet, il est difficile pour les travailleurs d'acquiescer de meilleures habitudes de vie, propices à une meilleure récupération, sans l'appui de leur milieu de travail et de leur famille. (Un ouvrage récent intitulé *Working the Shift: A Self-Health Guide*, par Shapiro, Heslegrave, Beyers et Picard passe en revue nombre de ces concepts reliés à la gestion du mode de vie et de la fatigue.)

Après la sensibilisation et la formation, vient le temps d'envisager la modification de l'environnement de travail, de façon à appuyer les stratégies de gestion de la fatigue. Par exemple, la plupart des méthodes d'établissement des horaires de travail sont plutôt rigides quant à l'heure du début et de la fin de la période de travail, au nombre de quarts consécutifs, à la rotation des quarts, etc.; elles supposent que la charge de travail et les capacités des employés sont les mêmes à toute heure du jour; elles considèrent généralement les employés comme interchangeable; et elles ressortissent davantage à la négociation qu'à la gestion. Même s'il n'existe pas de régime de quarts parfait ou idéal, on peut penser à des méthodes de confection d'horaires meilleures que d'autres (tableaux 19 et 20). De meilleurs horaires peuvent influencer de façon marquante sur la fatigue.

Les programmes de gestion de la fatigue doivent également comporter des contre-mesures à la fatigue. Le tableau 21 en propose une gamme. Prenons par exemple les siestes dites stratégiques. Comme on l'a dit tout à l'heure, la perturbation du rythme circadien et le manque de sommeil génèrent une plus grande fatigue pendant le travail nocturne. À cause du rythme circadien, la vigilance est plus faible au milieu de la nuit, et le fait d'effectuer plusieurs quarts de nuit consécutifs creuse le déficit de sommeil accumulé pendant le cycle de travail. Ainsi, c'est chez les travailleurs de nuit que la fatigue est la plus grande. Comme il a été maintes fois démontré que les travailleurs de nuit s'accordent de courtes périodes de sommeil non autorisées, les siestes stratégiques offrent une solution qui est à l'avantage tant des employés que des employeurs. La possibilité pour les employés fatigués de prendre des siestes planifiées non seulement augmentera leur productivité et leur satisfaction au travail, mais permettra aux employeurs de s'assurer de la présence d'employés vigilants dans les postes critiques pour la sécurité, et de réduire ainsi le risque associé à des employés somnolents et fatigués. Comme la fatigue, dans ces circonstances, est d'origine biologique, une solution biologique s'impose.

La gestion de la fatigue doit constituer un programme permanent d'assurance de la qualité. Comme le montre le tableau 22, l'éducation et la formation sur la fatigue doivent être une activité continue d'amélioration de la qualité, au même titre que la plupart des autres volets de la formation. Les horaires doivent être revus à la lumière des principes reconnus en matière de confection d'horaire et doivent tenir compte, dans la mesure du possible, des préférences et des besoins de chaque employé. On doit également envisager l'évaluation continue. Si de nouvelles façons de faire des affaires apparaissent, celles-ci doivent être évaluées. De plus, on ne peut se fier uniquement à l'éducation et à la formation pour s'assurer de résultats probants en ce qui a trait à la fatigue. Si les exigences du travail ou de la vie familiale ne permettent pas les changements de mode de vie nécessaires pour prévenir la fatigue, l'éducation et la formation risquent de n'être d'aucune utilité. D'où la nécessité d'évaluer systématiquement la mise en oeuvre des programmes

de gestion de la fatigue pour garantir leur succès, et d'adapter le programme de gestion de la fatigue aux conditions particulières de l'environnement de travail des travailleurs des transports. Comme l'illustre le tableau 23, les causes de la fatigue sont multidimensionnelles et les programmes de gestion de la fatigue doivent eux aussi adopter une approche multidimensionnelle. Compte tenu des immenses avantages qu'un bon programme de gestion de la fatigue peut apporter aux employés, à leurs familles et aux employeurs, il est impérieux que l'on commence à mettre en oeuvre de tels programmes, afin d'améliorer la santé et la qualité de vie des employés et de garantir la compétitivité économique future des employeurs.



## What is Fatigue?

Fatigue can take many forms including physical, mental, emotional, spiritual, sleep-related, diurnal-related, stress-related.

In the context of Fatigue Management Programs for transportation, fatigue is primarily concerned with loss of alertness due to circadian, sleep, and environmental factors.

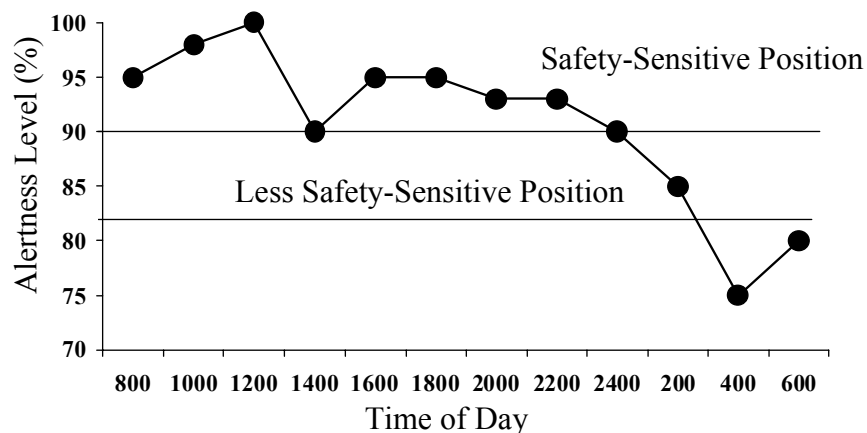
1

## Who Needs a Fatigue Management Program?

- Everyone
- Those who work outside 8am-6pm
- Workers who have schedules that restrict sleep (early start times and late end times, day sleep, reduced hours between work periods)
- Workers in safety-sensitive or critical positions
- Workers whose social and domestic lives are compromised by work schedules

2

## Differing Thresholds Depending on Safety or Criticality



3

## Consequences of Fatigue

- Job performance (safety and productivity)
- Health deterioration (sleep problems and disorders, gastrointestinal, cardiac, and musculoskeletal disorders, depression)
- Economic costs – direct (absenteeism, turnover, training, safety, health, employee assistance) and indirect (morale, relationships, creativity)
- Social/domestic deterioration

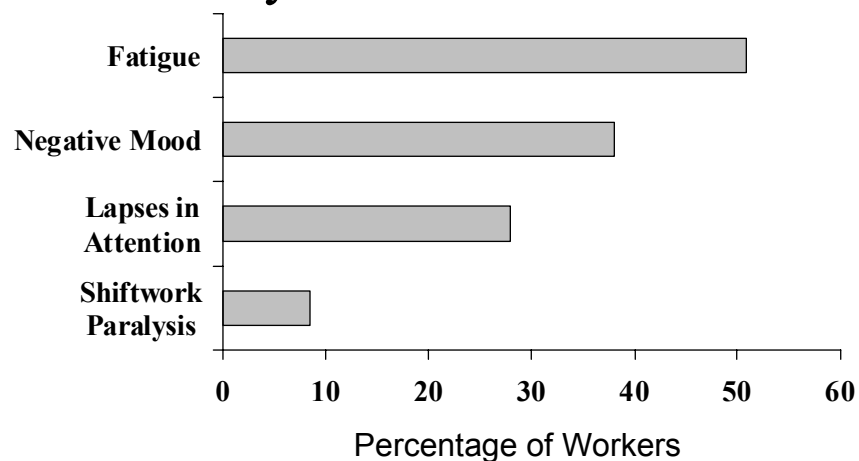
4

## Job Consequences of Fatigue

- Increased sleepiness
- Impaired job performance (impaired attention – lapses – and short-term memory, impaired vigilance, impaired information and contextual processing, impaired motivation, slower and poorer responses to contextual cues)
- Increased accident risk (on/off on the job)
- Decreased well-being
- Impaired social and domestic relationships
- Increased use of substances

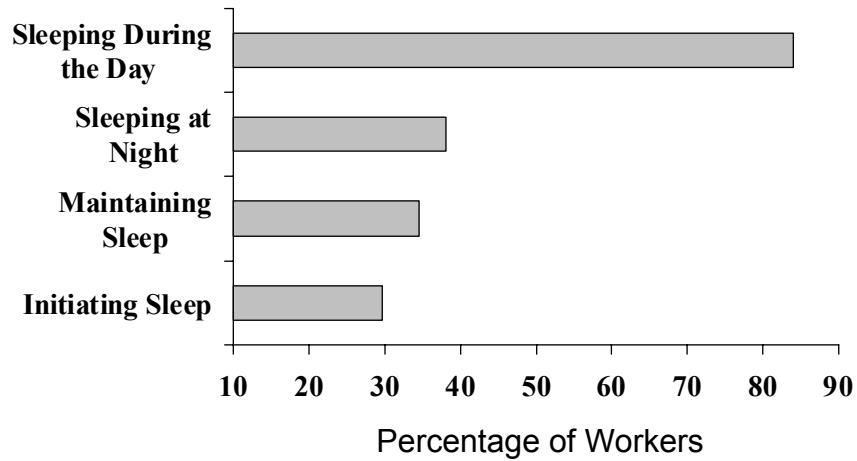
5

## Prevalence of Fatigue, Negative Mood, Attention Lapses, and Movement Paralysis in Shiftworkers



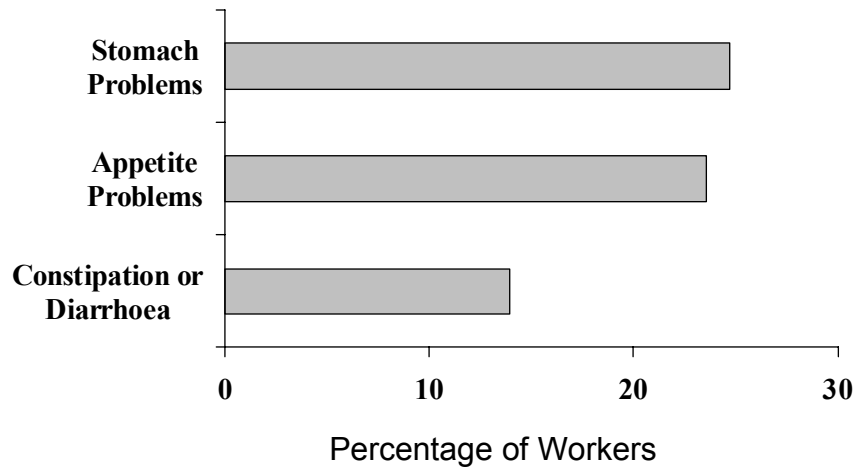
6

## Prevalence of Sleep Difficulties Among Shiftworkers



7

## Prevalence of Gastrointestinal Complaints Among Shiftworkers



8



## Prevalence of CNS, Respiratory, and Heart Complaints Among Shiftworkers



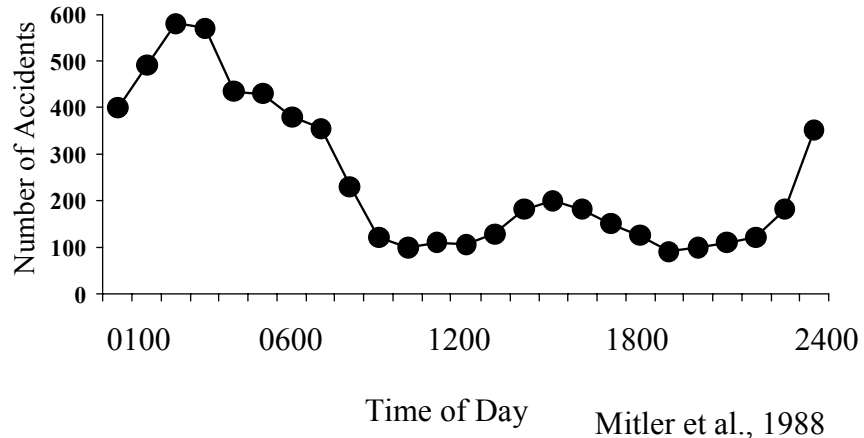
9

## Causes of Fatigue

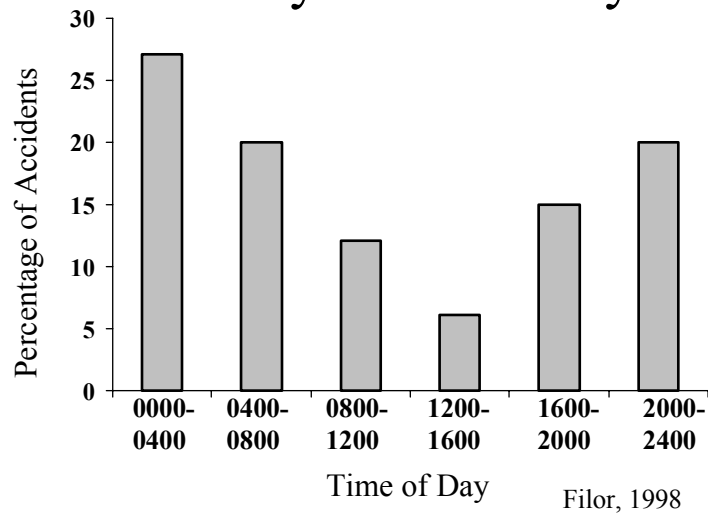
- Circadian rhythms
- Sleep and sleep loss or restriction
- Sleep debt
- Extended working hours
- Task factors (monotony, vigilance, effort)
- Environmental factors (noise, heat, motion)
- Individual factors (age, circadian type)

10

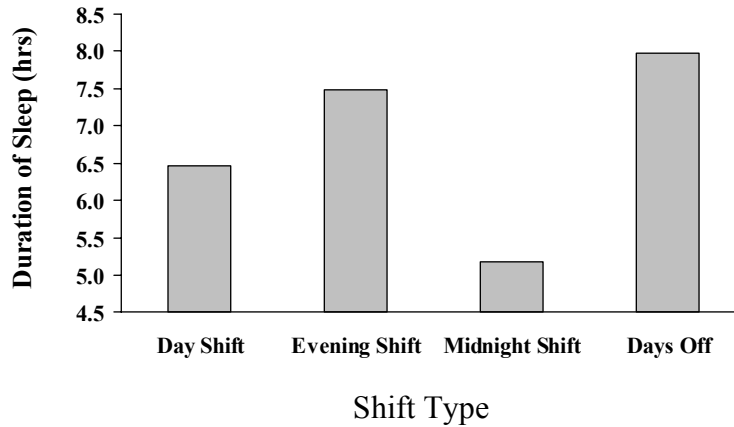
## Fatigue-Related Single-Vehicle Accidents by Time of Day (6052 Accidents)



## Marine Collisions and Groundings by Time of Day

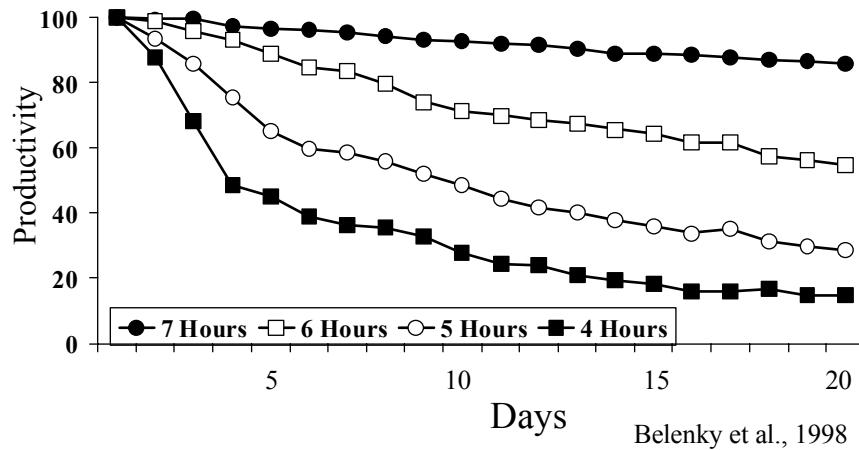


## Sleep Duration on Different Shifts and on Days Off



13

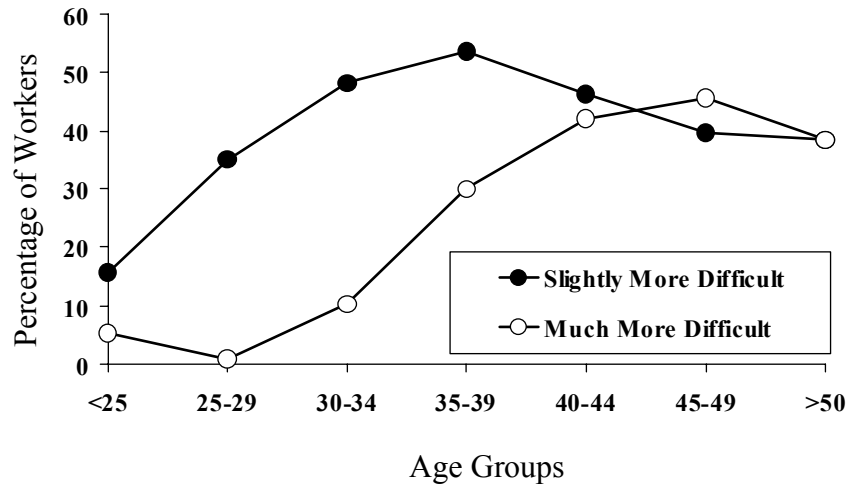
## Sleep Debt Based on Daily Sleep



Belenky et al., 1998

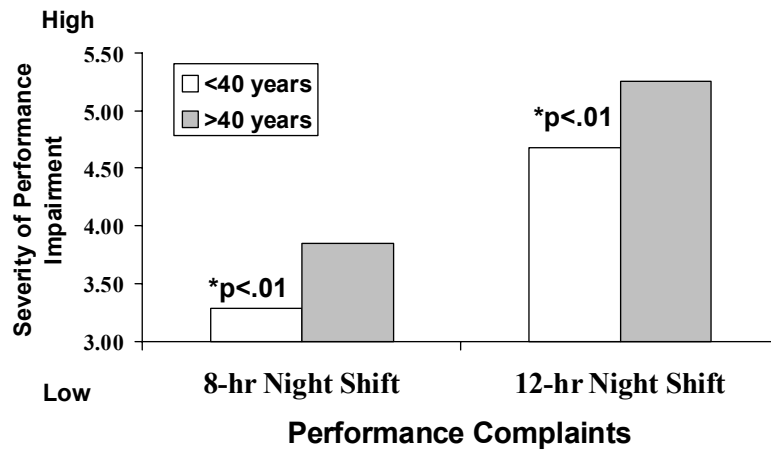
14

## Impact of Age on Ability to Cope with Shiftwork



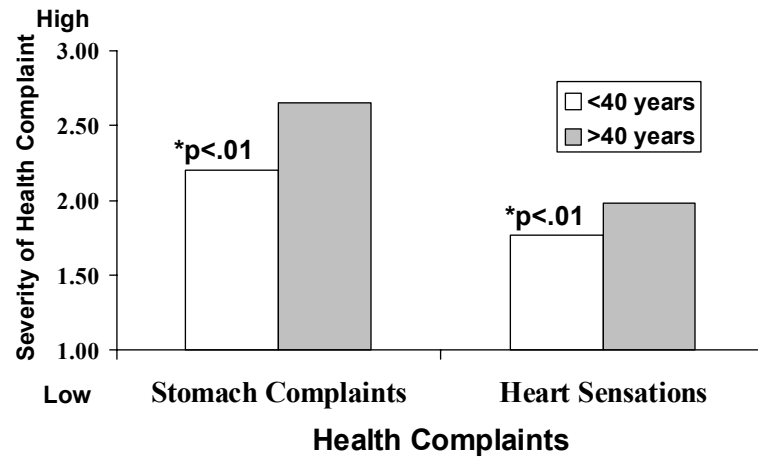
15

## Performance Impairment During Midnight Shifts



16

## Stomach and Heart Complaints



17

## Fatigue Management Strategies

- Increasing awareness of the issues
- Education and training at all levels
- Innovative scheduling practices
- Fatigue countermeasures
- Designing workplaces for workers' abilities
- Pilot studies, evaluation, and research

18

## Good Scheduling Practices

- Establish workplace demands
- Take into account variation in abilities across the shift and over the 24-hr day
- Account for individual differences and preferences
- Vary start and stop times and duration of shift
- Manage schedules based on best practices from scientific evidence rather than negotiated agreements

19

## Good Scheduling Practices

- Minimize night shifts
- Minimize the number of night shifts together
- Allow sufficient time off between shifts for adequate sleep
- Avoid permanent night shifts for most workers
- Avoid long shift duration
- Avoid excessive weekend work

20

## Fatigue Countermeasures

- Strategic napping during vulnerable periods
- Match the job demands to worker abilities
- Keep the job interesting and varied
- Use caffeine as an effective fatigue countermeasure
- Use bright light to enhance alertness
- Take time on the job to do some exercise
- Socialize on the job to relieve boredom and monotony

21

## Ongoing Fatigue Management

- Continuing Fatigue Management education and training
- Conduct pilot studies to test new ways of doing business
- Evaluate new strategies
- Support research efforts into innovation

22

As FATIGUE has  
multidimensional causes,  
FATIGUE MANAGEMENT  
PROGRAMS must be also  
multidimensional and explore  
new directions

23



---

# **Fatigue Management Program for Alberta's Trucking Industry**

**Lane Kranenburg**

Alberta Trucking Industry Safety Association (ATISA)  
Calgary, Alberta

## **SUMMARY**

The ATISA fatigue management program (FMP) focusses on the risks of freight trucking and on countermeasures for recovering from and controlling related fatigue.

Trucking industry practices – long, irregular hours, night driving, etc. – disrupt the drivers' routines and circadian rhythm, causing cumulative fatigue. Fatigue indicators include a tendency to fall asleep at work, being easily disturbed when sleeping, not feeling refreshed after sleep, and frequent naps. Fatigue management is an innovative holistic approach to assessing the problem and developing solutions. The approach involves a shift from enforcement to voluntary compliance.

ATISA and the Australian Road Transport Forum have adopted the following set of aims and strategies for their FMP:

- to increase the safety performance of the trucking industry
- to improve the road environment
- to create a culture for positive change

Safety is the key result.

The FMP meets a performance standard rather than regulatory standards. Drivers take part in program development and implementation, making them more interested in its success. They gain by having a better understanding of fatigue and of coping strategies. The carrier gains by improved productivity and reduced employee turnover. Community and, in particular, family involvement is another important factor. All gain by increased safety.

The FMP takes into account scheduling, dispatching, hours of work, rest at work, fitness for duty, time not working, health, management practices, and workplace conditions. It also covers vehicle safety and road assessment, road use requirements, documentation policy and control, and training and education, among many other factors. When schedules and policies are in place, the carrier applies to the regulatory agency for accreditation.

In Australia, FMPs vary from state to state. All participating Canadian carriers will use one prescribed program. Risk factors are determined and countermeasures provided. The program is based on the ATA foundation Fatigue and Driving Alert Program.

The hours-of-service regulations have not proved effective. The FMP can lead to a better way. All stakeholders should work together to achieve a safe, productive trucking industry.

## SOMMAIRE

Le programme de gestion de la fatigue (PGF) de l'ATISA (*Alberta Trucking Industry Safety Association*) vise à réduire le risque associé au transport routier de marchandises par la mise en place de mesures conçues pour permettre aux camionneurs de prévenir et d'éliminer la fatigue associée à leur travail.

Les conditions de travail en vigueur dans l'industrie du camionnage – longues journées de travail, horaires irréguliers, conduite nocturne, etc. – perturbent les habitudes de vie des conducteurs et leur rythme circadien, engendrant une accumulation de fatigue. Parmi les indicateurs de fatigue, figurent la somnolence au travail, un sommeil agité, l'impression de ne pas être reposé au réveil, et le besoin de siestes fréquentes. La gestion de la fatigue est une approche holistique novatrice pour l'étude du problème et l'élaboration de solutions. Cette approche non normative s'appuie sur la participation volontaire.

Voici les objectifs et les stratégies des PGF adoptés par l'ATISA et l'*Australian Road Transport Forum* :

- améliorer la sécurité dans l'industrie du camionnage;
- améliorer l'environnement routier;
- créer une culture ouverte au changement.

La sécurité est le résultat ultimement recherché.

Le PGF est assorti de normes de performance plutôt que de normes réglementaires. Comme les conducteurs sont appelés à participer à l'élaboration et à la mise en œuvre du programme, ils sont davantage concernés par sa réussite. Ils y gagnent une meilleure compréhension de la fatigue et des stratégies pour y faire face. Quant au transporteur, ses gains prennent la forme d'une productivité accrue et d'un roulement moindre des employés. La participation du milieu et en particulier de la famille, constitue un autre critère de réussite important. Et tous bénéficient d'une sécurité accrue.

Le PGF vise l'établissement des horaires, la répartition, les heures de service, le repos pendant les cycles de travail, la capacité au service, les périodes hors service, la santé, les méthodes de gestion, et l'environnement de travail. Il s'intéresse également à la sûreté du véhicule et à l'évaluation routière, aux exigences liées à l'utilisation de la route, aux politiques et aux mesures de contrôle en matière de documents, à l'éducation et à la formation, et à de nombreux autres facteurs. Lorsque ses horaires et ses politiques sont instaurés, le transporteur dépose une demande d'accréditation auprès des autorités réglementaires.

En Australie, les PGF varient d'un État à l'autre. Mais tous les transporteurs canadiens participants utiliseront un seul et même programme, qui déterminera les facteurs de risque et prévoira les contre-mesures. Le programme est fondé sur le *Fatigue and Driving Alert Program* (Programme de vigilance en conduite) de la fondation ATA.

La réglementation sur les heures de service s'étant révélée inefficace à gérer la fatigue, on s'attend à de meilleurs résultats du PGF. Tous les intervenants devraient unir leurs forces pour l'édification d'une industrie du camionnage sûre et productive.



---

## **U.S. DOT Initiatives for Reducing Fatigue Incidence in Road Transport**

**Robert J. Carroll**

U.S. Department of Transportation  
Washington, D.C.

### **SUMMARY**

The U.S. Department of Transportation's Federal Highway Administration (FHWA) regulates and supports the U.S. interstate commercial motor carrier industry. The mission of the FHWA Office of Motor Carriers (OMC) is to help move people, goods, and commercial vehicles on U.S. highways in the most efficient, economical, and crash-free manner possible. The OMC is a leader in identifying and promoting new technologies that enhance motor carrier performance and safety. It has four major research & technology (R&T) areas: human factors (HF), technology assessment/applications, information analysis, and regulatory reform. Over the past several years, HF research, including research on driver performance management, driver fatigue and alertness, and driver medical fitness, has been the largest single area of OMC R&T activity and spending. HF projects are managed primarily by the Office of Motor Carrier Research and Standards.

The 1995 FHWA-sponsored National Truck and Bus Safety Summit identified three HF issues among its top ten commercial motor vehicle (CMV) safety issues: driver fatigue, driver training/education, and driver testing/licensing. Other top ten issues with HF-relevant elements include data/information, technology, enforcement, carrier/shipper responsibility, and public information and education. OMC supports these priorities and has allocated its resources accordingly. OMC has recently completed, has ongoing, or will soon start more than 40 R&T projects related to driver HF.

### **Holistic Model of CMV Driver Performance**

CMV driver performance is a complex issue that can be viewed in different ways. The commercial driver, like any transportation operator, is performing a complex, learned sensory-motor task in a vehicle. A classic problem for HF research is to understand operator errors and devise operational or design changes to prevent them. Physiological and behavioural studies have revealed details of driver performance and ways that performance can deteriorate due to inattention, fatigue, and impairment. Even the fully awake, unimpaired driver is subject to error, most often information-processing errors, such as failure to perceive and respond appropriately to a developing crash threat. Various intelligent devices (in-vehicle crash avoidance systems) may act to detect performance deterioration and errors, and intervene to prevent collisions. Design changes such as truck-friendly exit ramps and road-edge rumble strips may prevent crashes due to driver error or inattention. CMV drivers work in an operational environment that includes government regulations, penalties for violations, company management practices (including selection, training, scheduling, and safety incentives), and work requirements (e.g., customer delivery schedules). As far as possible, the operational environment must be consistent with alert and safe driving. Fleet management practices (scheduling in particular), other

fatigue management practices, and management of driver performance can greatly influence drivers' safety records. At the broadest level, there is the cultural environment of public information and attitudes about driving safety, e.g., compliance with speed limits and other traffic rules, aggressive driving, and the importance of alertness and attention to driving safety. OMC's driver HF programs reflect this multi-level concept and offer ways for drivers, fleet managers, industry, government, and society to work together to improve CMV safety.

Within the holistic model, most OMC programs focus on the operational environment, including both government regulations and CMV fleet management practices. Federal regulations span a range of HF issues, including driver medical qualifications; training, testing, and licensing; and hours-of-service (HOS). In addition to having a regulatory impact on driver performance requirements, OMC wants to identify and encourage fleet management practices that further support and enhance CMV driver safety performance.

Other DOT organizations focus on other parts of the holistic model. HF research at the FHWA Turner-Fairbank Highway Research Center focusses on driver-roadway interaction, e.g., roadway markings and signage, and the National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) Heavy Vehicle Research Division focusses on heavy vehicle design, including the driver-vehicle interface, e.g., instrument panel, other controls, and displays.

## **Driver Alertness and Fatigue**

The driver alertness and fatigue program, the largest area of OMC HF R&T, includes more than 20 projects. Five major projects/program areas are:

- **Driver Fatigue and Alertness Study.** The largest over-the-road study ever conducted of CMV driver fatigue. It involved multiple performance and psychophysiological measurements of 80 less-than-truckload drivers working on four different schedules. This joint project of OMC, the Trucking Research Institute (TRI), and Transport Canada was completed in 1997.
- **Driver Work/Rest Cycles and Performance Modeling of Hours-of-Service Alternatives.** This laboratory study, performed by the Walter Reed Army Institute of Research and co-funded by the Department of Defense, Federal Aviation Administration, and the Federal Railroad Administration, is testing the effects of various amounts of sleep on driver performance. It will develop models and other methods to predict a driver's future periods of alertness based on his/her prior activity. The study is refining the use of the actigraph, a wrist-worn activity and light monitor.
- **Basic Research on Fatigue Management Technologies.** Working closely with NHTSA and other DOT agencies, OMC has recently completed, has currently under way, or has planned a number of studies relating to fatigue management technologies. Specific studies include: In-Cab Fitness-for-Duty Testing; Electronic On-Board Recorders for HOS Compliance; Validation of Eye and Other Psychophysiological Monitors (funded by ITS/CVO, managed by NHTSA); Ocular Dynamics (Eye Activity) as Predictors of Fatigue; Conference on Driver Vigilance Monitors; Intelligent Vehicle Initiative (IVI) Driver Monitoring Research (funded by ITS); Operational Test of Fatigue Management Technologies (e.g., the Actigraph); Individual

Differences in Driver Susceptibility to Fatigue (related to the operational test); Conference on Ocular Indicators of Driver Alertness (planned; in conjunction with the IVI program and NHTSA).

- **Specific CMV Operational Issues Relating to Fatigue and HOS.** Many CMV fatigue issues relate to a specific fatigue management issue or industry segment. Such studies include: Shipper Involvement in HOS Violations; Effect of Loading and Unloading on Driver Fatigue; Local/Short Haul Driver Fatigue; Sleeper Berths and Driver Fatigue; Survey of Scheduling Practices and Their Influences on Driver Fatigue; Multi-Trailer Combination Vehicle Driver Stress and Fatigue; CMV Rest Areas: Making Space for Safety; CMV Crash Rate by Time-of-Day; Driver Compensation Practices and Safety.
- **Fatigue Outreach.** This program uses a variety of media to inform drivers, motor carriers, and the public of ways to manage driving fatigue. OMC has also sponsored major conferences on fatigue management. Specific projects include: Multi-Media Fatigue Outreach program; Conference on Managing Fatigue in Transportation; Driver Health & Wellness program; Truck Stop Exercise Facility evaluation.

## HF Research Methods

OMC HF research methodologies include crash data analysis, literature reviews, expert panels, surveys, focus groups, and laboratory studies. OMC is a pioneer in the use of *in situ* observations of driver alertness and performance (e.g., in the Driver Fatigue and Alertness Study). Three current studies (Local/Short Haul Driver Fatigue, Sleeper Berths and Driver Fatigue, and Analysis of Backing/Lane Changing Behaviour) employ sophisticated, unobtrusive in-vehicle videos and other recording devices, as well as techniques for incident capture and reconstruction. OMC regards instrumented vehicles as valuable and versatile tools for gathering *in situ* data on driver performance and behaviour.

Studies employing driving simulators include Driver Work/Rest Cycles and Performance Modeling of HOS Alternatives, Ocular Dynamics as Predictors of Fatigue, and Effect of Loading and Unloading on Driver Fatigue. OMC plans to contribute financially in FY 1999 and 2000 to the NHTSA program to develop a National Advanced Driving Simulator (NADS). It will also conduct an independent utilization and assessment study to develop a program of CMV HF and other research using the NADS.

## Interactions with Other DOT HF Programs

To leverage its HF research efforts, OMC has participated actively in the Departmental Human Factors Coordinating Committee. Through this committee, the FHWA has been able to share the fruits of its efforts with other modal administrations and to secure the interest and involvement of their research staffs.

OMC is involved in the development of three DOT multi-agency human performance and behaviour initiatives. A Human-Centered Systems Plan will provide an integrated view of the Department's HF research activities and identify common research requirements and other areas of possible synergy. A

Fatigue Detection and Alertness Enhancement Research Program will identify cross-modal principles and methods for providing operators with knowledge and information to maintain and restore alertness, and resources to plan, predict, and proactively address periods of reduced alertness. An Advanced Instructional Technology Program will use advanced and efficient instructional technologies to enhance motor vehicle operator skills, decision-making, and safety-related attitudes. Multimodal, multi-agency research plans are being developed in these areas.

OMC participates in the DOT Fatigue Program Managers Working Group coordinated by the DOT Office of the Assistant Secretary for Transportation Policy. The members of this group share information, coordinate modal projects, and participate in projects of mutual interest. Operator fatigue is probably the safety issue of greatest cross-modal concern in the DOT.

OMC's greatest bilateral interaction within DOT is with the Heavy Vehicle Research Division of the NHTSA Office of Crash Avoidance Research. This division focusses on safety issues relating to CMV design, with emphasis on safety systems and their driver-vehicle interfaces.

OMC recognizes the potential value of multimodal HF research to address common scientific issues and gain synergy from multimodal cooperation and knowledge sharing, while acknowledging the uniqueness of CMV driving. The CMV driver, vehicle, physical environment, and operational environments are all substantially different from those in most other transportation modes. Driving a motor vehicle is a continuous sensory-motor task, as opposed to a process-control task. Furthermore, the physical and operational nature of large trucks makes them uniquely different from passenger vehicles in many key HF respects. A close working relationship with, and knowledge of, the customer is essential to the success of all transportation HF programs. Thus the need will continue for strong, focussed, mode-specific HF research programs in addition to the emerging collaborative efforts.

## **SOMMAIRE**

La *Federal Highway Administration* (FHWA) du *U.S. Department of Transportation* (DOT) régleme et appuie l'industrie américaine du camionnage inter-États. L'*Office of Motor Carriers* (OMC) de la FHWA a pour mission de maximiser l'efficience et la sûreté des déplacements des personnes, des marchandises et des véhicules utilitaires sur les routes américaines, et ce au meilleur coût possible. L'OMC joue un rôle de premier plan dans le repérage et la promotion des nouvelles technologies capables d'accroître le rendement et la sécurité des transporteurs routiers. Ses efforts se concentrent dans quatre grands secteurs de recherche et de technologie (R&T) : facteurs humains (FH), évaluation/application des technologies, analyse de l'information et réforme de la réglementation. Ces dernières années, c'est vers la recherche sur les facteurs humains (gestion de la performance en conduite, fatigue et vigilance des conducteurs, aptitudes physiques et mentales des conducteurs) que l'OMC a fait converger la plupart de ses projets et de ses fonds de R&T. La plupart des projets sur les FH sont menés sous la direction de la division *Research and Standards* de l'OMC.

Le *National Truck and Bus Safety Summit*, tenu en 1995 sous l'égide de la FHWA, a retenu, parmi dix grandes questions touchant la sûreté des véhicules utilitaires, trois sujets directement reliés aux FH, soit : la fatigue des conducteurs, la formation des conducteurs, et les épreuves de conduite/la



délivrance des permis. Certains autres sujets figurant sur cette liste de priorités se rattachent également, quoique moins directement, aux FH, soit : l'information, la technologie, l'exécution de la loi, la responsabilité des transporteurs et des expéditeurs, et l'information et la sensibilisation du public. L'OMC appuie ces priorités et a affecté ses ressources en conséquence. L'OMC assume la responsabilité de plus de 40 projets de R&T reliés aux facteurs humains en conduite, dont certains se sont achevés récemment ou sont encore en cours, pendant que d'autres doivent être lancés sous peu.

### **Vision holistique de la performance des conducteurs de véhicules utilitaires**

La performance au volant des conducteurs de véhicules utilitaires est une question complexe, qui peut être envisagée sous plusieurs angles. Le conducteur de véhicule utilitaire, comme tout autre conducteur de véhicule, accomplit, au volant d'un véhicule, une tâche sensori-motrice complexe, qui résulte d'un apprentissage. Une des grandes difficultés auxquelles se bute la recherche sur les FH est de comprendre les erreurs commises par les conducteurs et de penser à des mesures d'ordre opérationnel ou conceptuel pour prévenir ces erreurs. Diverses études sur la physiologie et le comportement ont permis de mieux comprendre la tâche du conducteur et la façon dont l'inattention, la fatigue et certaines incapacités peuvent entraîner une dégradation de la performance au volant. Même le conducteur dispos n'est pas à l'abri d'erreurs, lesquelles sont le plus souvent associées au traitement de l'information, tel le défaut de percevoir un danger d'accident et d'y réagir de façon appropriée. Il existe des dispositifs intelligents (systèmes anti-collision embarqués) conçus pour déceler la baisse de performance et les erreurs, et déclencher une action propre à prévenir les accidents. Au chapitre de la conception des routes, des rampes de sortie mieux adaptées aux camions et des zones d'alerte en bordure de la chaussée peuvent prévenir des accidents dus à une erreur ou une inattention du conducteur. L'environnement opérationnel d'un conducteur de véhicule utilitaire comprend des réglementations gouvernementales, des amendes en cas d'infraction, des méthodes de gestion propres à l'employeur (sélection et formation des conducteurs, horaires de travail, mesures d'incitation à la sécurité) et des exigences opérationnelles (délais de livraison aux clients). Dans toute la mesure du possible, l'environnement opérationnel doit permettre une conduite vigilante et sûre. Les méthodes de gestion de l'employeur (en particulier, la confection des horaires), les autres méthodes de prévention de la fatigue et la gestion de la performance des conducteurs peuvent avoir une influence considérable sur le dossier de sécurité de ceux-ci. Mais à la base de la pyramide de l'environnement opérationnel se situe la «culture ambiante», c'est-à-dire le niveau de sensibilisation du public à l'égard de la sécurité en conduite, p. ex., le respect des limites de vitesse et des autres règlements de la circulation, la conduite agressive et l'importance de la vigilance pour la sécurité en conduite. Les programmes de l'OMC touchant les facteurs ergonomiques mis en jeu lors de la conduite d'un véhicule reflètent cette vision holistique et offrent aux conducteurs, aux gestionnaires de parcs de véhicules, à l'industrie, au gouvernement et à la société des moyens de travailler tous ensemble à améliorer la sûreté des véhicules utilitaires.

Fidèles à la démarche holistique, la plupart des programmes de l'OMC visent l'environnement opérationnel, soit les réglementations gouvernementales et les méthodes de gestion des parcs de véhicules utilitaires. La réglementation fédérale a trait à toute une gamme de questions touchant les FH, comme l'attestation médicale, la formation et l'évaluation des conducteurs, la délivrance des permis de conduire et les règles sur les heures de service. Au-delà de l'impact de sa

réglementation sur les exigences auxquelles sont assujettis les conducteurs, l'OMC souhaite définir et promouvoir des méthodes de gestion qui concourent à améliorer le dossier de sécurité des conducteurs de véhicules utilitaires.

D'autres instances du DOT axent leurs efforts sur d'autres volets du modèle holistique. Ainsi, la recherche effectuée par le *Turner-Fairbank Highway Research Center* de la FHWA porte sur l'interaction conducteur-chaussée (p. ex., les marquages sur la chaussée), tandis que la *Heavy Vehicle Research Division* de la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA) se penche tout particulièrement sur la conception des véhicules lourds, y compris l'interface conducteur-véhicule (p. ex., le tableau de bord, les commandes et les affichages).

### **Vigilance et fatigue chez les conducteurs**

La recherche sur la vigilance et la fatigue chez les conducteurs, le plus vaste secteur de R&T sur les FH de l'OMC, comprend plus de 20 projets. Voici les cinq projets/programmes principaux :

- **Étude sur la fatigue et la vigilance chez les conducteurs.** Il s'agit de la plus vaste étude jamais entreprise sur la fatigue chez les conducteurs de véhicules utilitaires en service réel. Elle consistait à soumettre 80 conducteurs de véhicules utilitaires transportant des charges incomplètes, affectés à quatre horaires différents, à des procédures visant à mesurer la performance et divers paramètres psychophysiologiques. Cette recherche associative, à laquelle ont participé, outre l'OMC, le *Trucking Research Institute* (TRI) et Transports Canada, a pris fin en 1997.
- **Modélisation de l'effet de diverses options d'heures de service sur les cycles de travail/repos des conducteurs et leur performance au volant.** Cette étude réalisée en laboratoire par le *Walter Reed Army Institute of Research* et financée par le *Department of Defense*, la *Federal Aviation Administration*, et la *Federal Railroad Administration*, vise à vérifier les effets de périodes plus ou moins longues de sommeil sur la performance en conduite. Des modèles et d'autres méthodes seront élaborés, qui permettront de prévoir le niveau de vigilance d'un conducteur au volant, d'après ses activités avant la période de conduite. L'étude permettra en outre de raffiner l'utilisation de l'«Actigraph», un dispositif porté au poignet qui sert à déterminer les cycles activités/sommeil.
- **Recherche fondamentale sur les technologies de gestion de la fatigue.** L'OMC parraine, de concert avec la NHTSA et d'autres agences du DOT, un certain nombre d'études liées aux technologies de gestion de la fatigue, dont certaines se sont achevées récemment ou sont en cours, pendant que d'autres doivent être lancées sous peu. En voici quelques-unes : vérification en cabine de la capacité au service; enregistreurs électroniques de bord des heures de service; validation de moniteurs pour le suivi des mouvements oculaires et d'autres phénomènes psychophysiologiques (projet financé par ITS/CVO, piloté par la NHTSA); les mouvements de l'oeil en tant que prédicteurs de la fatigue; conférence sur le suivi de la vigilance du conducteur; recherche sur la surveillance des conducteurs, menée dans le cadre de l'*Intelligent Vehicle Initiative* (IVI) (financée par ITS); essai en service des technologies de gestion de la fatigue (p. ex., l'Actigraph); différences individuelles en matière de susceptibilité à la fatigue chez les conducteurs (projet relié à l'essai en service); conférence sur les indicateurs oculaires de la vigilance des conducteurs (à venir, organisée conjointement avec l'IVI et la NHTSA).

- **Enjeux opérationnels particuliers aux conducteurs de véhicules utilitaires touchant la fatigue et les heures de service.** Nombre des secteurs de recherche concernant la fatigue des conducteurs de véhicules utilitaires se rapportent à un problème particulier de gestion de la fatigue ou encore à un créneau précis de l'industrie. Parmi ces recherches, on peut mentionner : rôle de l'expéditeur dans les infractions aux règles sur les heures de service; effet du chargement et du déchargement sur la fatigue des conducteurs; la fatigue chez les conducteurs affectés au transport local/sur de courtes distances; couchettes et fatigue des conducteurs; sondage sur les méthodes d'établissement des horaires et leur influence sur la fatigue des conducteurs; stress et fatigue des conducteurs d'ensembles de véhicules; haltes routières pour conducteurs de véhicules utilitaires; faire une place à la sécurité; taux d'accident des conducteurs de véhicules utilitaires selon l'heure du jour; comportements compensatoires des conducteurs et sécurité.
- **Sensibilisation à la fatigue.** Ce programme utilise divers médias pour informer les conducteurs, les transporteurs routiers et le grand public sur les diverses façons de prévenir la fatigue au volant. L'OMC a également parrainé de grandes conférences sur la gestion de la fatigue. Voici certains projets présentant un intérêt particulier : programme multi-média de sensibilisation à la fatigue; conférence sur la gestion de la fatigue dans les transports; programme de santé et de bien-être des conducteurs; évaluation d'appareils d'exercice pour relais routiers.

### Méthodes de recherche sur les facteurs humains

Parmi les diverses méthodes de recherche sur les FH mises en oeuvre par l'OMC figurent l'analyse de données, les recherches documentaires, les comités d'experts, les enquêtes, les groupes de discussion et les études en laboratoire. L'OMC fait figure de pionnier dans l'utilisation d'observations *in situ* de la vigilance et de la performance des conducteurs (notamment dans le cadre de l'*Étude sur la fatigue et la vigilance chez les conducteurs de véhicules utilitaires*). Trois études en cours (la fatigue chez les conducteurs affectés au transport local/sur de courtes distances; couchettes et fatigue des conducteurs, et l'analyse des manoeuvres de marche arrière et de changement de voie) utilisent des appareils vidéo et d'autres appareils enregistreurs embarqués de haute technicité et peu encombrants, de même que des techniques de détection et de reconstitution des incidents. L'OMC considère les véhicules instrumentés comme des outils précieux et polyvalents pour la collecte de données *in situ* sur la performance et le comportement des conducteurs.

Au nombre des études faisant appel à des simulateurs de conduite, mentionnons la modélisation de l'effet de diverses options d'heures de service sur les cycles de travail/repos des conducteurs et leur performance au volant, les mouvements de l'oeil en tant que prédicteurs de la fatigue, et l'effet du chargement et du déchargement sur la fatigue des conducteurs. L'OMC entend contribuer financièrement, au cours des exercices 1999 et 2000, au programme de la NHTSA consistant à mettre au point un simulateur de conduite perfectionné. Il réalisera également une étude indépendante de mise en oeuvre et d'évaluation du simulateur, en vue de l'utiliser pour l'étude des facteurs humains en jeu dans la conduite de véhicules utilitaires.

### Liens avec les autres programmes de recherche du DOT portant sur les facteurs humains

Afin de maximiser la portée de ses efforts de recherche dans le domaine des facteurs humains, l'OMC a participé activement au *Departmental Human Factors Coordinating Committee* (Comité de

coordination ministériel sur les facteurs humains). Véritable forum, ce comité fut l'occasion pour la FHWA de partager le fruit de ses recherches avec les administrations responsables des autres modes de transport et d'affermir l'intérêt et la participation de son personnel de recherche.

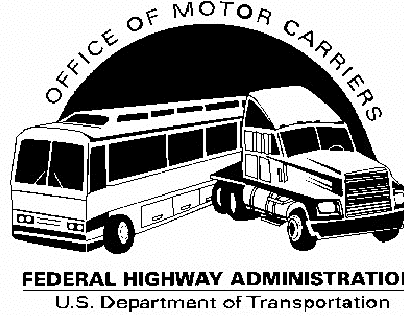
L'OMC participe à trois initiatives sur la performance et le comportement humains, de concert avec plusieurs autres organismes du DOT. La première, désignée *Human-Centered Systems Plan*, donnera un aperçu global de la recherche menée par le DOT dans le secteur des FH et mettra en lumière les secteurs propices aux travaux de recherche communs et d'autres secteurs de synergie potentielle. Le *Fatigue Detection and Alertness Enhancement Research Program* énoncera des principes et méthodes transmodaux pour informer les conducteurs sur les moyens à prendre pour maintenir et retrouver leur vigilance, et sur les ressources qui sont à leur portée pour prévoir et prévenir efficacement les périodes d'hypovigilance. Enfin, un *Advanced Instructional Technology Program* fera appel à des matériels didactiques d'avant-garde pour améliorer les habiletés des conducteurs, leurs prises de décisions et leurs attitudes face à la sécurité. Des plans de recherche multimodaux, regroupant plusieurs organismes, sont en cours d'élaboration dans ces secteurs.

L'OMC participe au *DOT Fatigue Program Managers Working Group* (Groupe de travail des gestionnaires de programmes sur la fatigue du DOT), coordonné par le bureau de l'*Assistant Secretary for Transportation Policy*. Les membres de ce groupe échangent de l'information, coordonnent des projets modaux et participent à des projets d'intérêt commun. La fatigue des conducteurs est probablement la question de sécurité qui suscite le plus vif intérêt au DOT, tous modes de transport confondus.

La *Heavy Vehicle Research Division* du *NHTSA Office of Crash Avoidance Research* est l'organisme avec lequel l'OMC entretient les rapports les plus étroits au sein du DOT. Cette division étudie les questions de sécurité relevant de la conception des véhicules utilitaires, en portant une attention particulière aux systèmes de sécurité et à leur interface avec le conducteur et le véhicule.

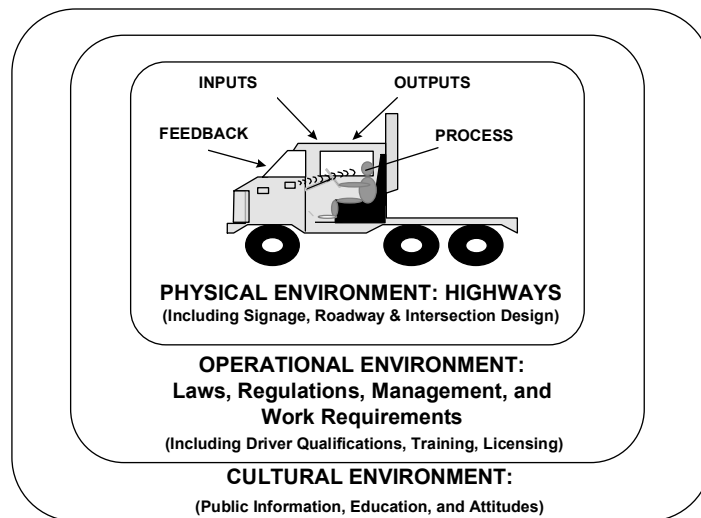
L'OMC reconnaît le bien-fondé de la recherche multimodale sur les FH pour approfondir des questions scientifiques qui concernent tous les modes de transport et profiter de la synergie que génèrent la coopération et les échanges entre modes de transport. Mais il ne faut pas oublier le caractère unique de la conduite de véhicules utilitaires. Le conducteur, le véhicule, l'environnement matériel et les environnements opérationnels sont autant de facteurs qui font que le transport routier se démarque de la plupart des autres modes de transport. La conduite d'un véhicule est une tâche sensori-motrice continue, qui diffère de la commande de processus. Qui plus est, de par leurs caractéristiques physiques et opérationnelles, les véhicules lourds sont radicalement différents des véhicules personnels, sous de nombreux aspects ergonomiques clés. Le succès d'un programme de recherche sur les FH en transports ne va pas sans une bonne connaissance des clients et une collaboration étroite avec ces derniers. Ainsi, les projets coopératifs qui se font jour dans la recherche sur les facteurs humains n'élimineront pas la nécessité de programmes dynamiques et bien ciblés visant à cerner la situation dans chacun des modes de transport.

# U.S. DOT FHWA COMMERCIAL DRIVER FATIGUE RESEARCH & TECHNOLOGY



**Robert J. Carroll, Transportation Specialist**  
**U.S. DOT FHWA Office of Motor Carrier Research and Standards**  
**Fatigue in Transportation Workshop: Multimodal Issues and Solutions**  
**Ottawa, Canada, October 15 & 16, 1998**

## Holistic Model of CMV Driver Performance . . .



## **A Comprehensive Program**

- ← Research & Technology
- ← Rulemaking
- ← Education and Outreach
- ← Enforcement and Consultation

## **Recently Completed Driver Fatigue R&T Programs**

- ← Driver Fatigue and Alertness Study (DFAS)
- ← Fitness-for-Duty Testing
- ← CMV Rest Areas: Making Space for Safety
- ← Multi-Trailer Combination Vehicle Driver  
Stress/Fatigue

## **Recently Completed Driver Fatigue R&T Programs (cont'd)**

- ← Conferences:
  - Managing Fatigue in Transportation
  - Driver Vigilance Monitoring
- ← Assessment of Electronic On-Board Recorders for HOS Compliance
- ← Shipper Involvement in HOS Violations
- ← Local/Short Haul Driver Fatigue Crash Data Analysis

## **Recently Completed Driver Fatigue R&T Programs (cont'd)**

- ← Validation of Eye and Other Psychophysiological Monitors
- ← Effects of Loading and Unloading on Driver Fatigue
- ← Ocular Dynamics as Predictors of Driver Fatigue
- ← In-Vehicle Alertness Monitoring: Proof-of-Concept Simulation Studies (NHTSA)

## **Current R&T Programs**

- ← Driver Work/Rest Cycles and Performance Modelling of HOS Alternatives
- ← Op Test of Technological Aids to Improve Fatigue Management
- ← CMV Driver Sleep Apnea
- ← Scheduling Practices and their Influences on Driver Fatigue

## **Current Driver Fatigue R&T Programs (cont'd)**

- ← Local/Short Haul Driver Fatigue Human Factors Study
- ← Sleeper Berths and Driver Fatigue
- ← CMV Crash Rate by Time-of-Day
- ← Truck Stop Fitness Facility Study



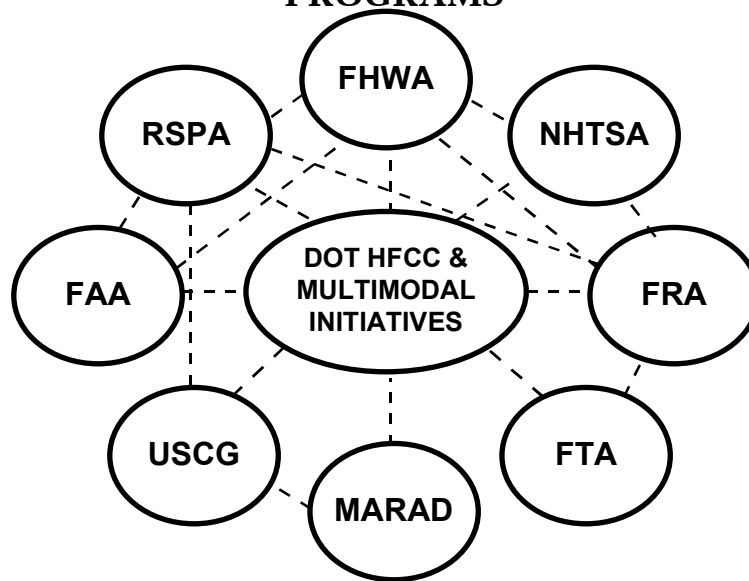
## **Current Driver Fatigue R&T Programs (cont'd)**

- ← Driver Compensation Practices and Safety
- ← Shipper-Encouraged Safety Violations
- ← In-Vehicle Alertness Monitoring (IVI/NHTSA)
  - On-Road Validation
  - PERCLOS Camera/Sensor
  - Driver-Vehicle Interface

## **Planned/Potential R&T Programs**

- ← IVI/Driver Alertness Monitoring Op Test (w/NHTSA)
- ← PERCLOS Technical Conference
- ← Rest Area Conference/Working Session
- ← Crash Investigation Project/Crash Causation Study

## DOT AND MODAL HUMAN FACTORS PROGRAMS



### **Driver Fatigue and Alertness Study Principal Findings**

- ← Time-of-day influenced alertness more than time-on-task
- ← Drivers slept less than their stated ideals
- ← Self-assessments of alertness did not correlate well with objective measures of performance
- ← Individual differences were significant

## **Shipper Involvement in HOS Violations**

- ← Pervasive and “diffuse” problems involving receivers, shippers, brokers, dispatchers, *and* drivers
- ← Improved communication and industry-wide education needed
- ← New TEA21-mandated study will develop shipper policy

## **Local/Short Haul Driver Fatigue Crash Data Analysis**

- ← Fatigue crash risk:
  - 35X greater for OTR vs Local Short Haul trucks
- ← Percent fatigue-related crashes is strongly related to trip length

## **Local/Short Haul Driver Fatigue Focus Groups**

Top five ranked LSH safety issues:

- ← problems caused by drivers of private vehicles
- ← stress due to time pressure
- ← inattention
- ← problems caused by roadway/dock design
- ← fatigue

## **Local/Short Haul Driver Fatigue Focus Groups (cont'd)**

The top five fatigue-related issues:

- ← not enough sleep
- ← hard/physical workday
- ← heat/no air conditioning
- ← waiting to unload
- ← irregular meal times

## **Cost-Benefits of Electronic Recorders for HOS Compliance**

- ← ER use is still low (<5% of fleets)
- ← Generally not used for HOS compliance
- ← Costs per vehicle: \$2,000 initial and \$200 annual
- ← Benefits drivers and managers:
  - Drivers (about 20 minutes/day)
  - Managers (about 20 minutes/driver/month)

## **Effects of Operating Practices on Driver Alertness**

- ← 14/10 (w/12 hours driving), 5-day week, day shift
  - did not produce cumulative fatigue
- ← Drivers recovered with 24 hrs at end of week
  - Increase in measured sleep; decrease in sleep latency on first recovery day
- ← Effects of loading/unloading were moderate and mixed
  - Improvement after morning loading/unloading;  
Decrement after afternoon loading/unloading

## **Ocular Dynamics as Predictors of Reduced Alertness**

### ← Eye closures:

- Clear TOD/TOT effects
- During fixations, provided early (10 min) and short-term (2-3 min) indicators

### ← Blinks:

- Duration – sustained increase with TOD/TOT
- Longer in min preceding off-road crash than immediately after crash
- Blink frequency – less consistent TOD/TOT effects

## **Ocular Dynamics as Predictors (Napping Sub-Study)**

### ← Prophylactic naps

- 3-hour afternoon naps increased subsequent night-time alertness

### ← Recuperative naps

- Prophylactic naps appear to be more beneficial than recuperative naps

## **Sleeper Berths and Driver Fatigue**

- ← Results from focus groups:
  - Sleep in stationary better than in moving vehicles
  - Team drivers should choose their partners
  - Advance notice of work schedule critical
- ← Vehicle design preferences:
  - Conventional > cab-over
  - Noise and thermal insulation
  - Air ride > spring ride
  - Dual escape hatches
- ← Planned on-road empirical research:
  - Home vs Sleeper Berth Rest
  - Stationary vs Moving Vehicles
  - Split vs Continuous Sleep

## **CMV Driver Hours-of-Service Rulemaking**

- ← HOS Rulemaking underway
  - NPRM under development
  - Expert panel report: September 1998
  - Conducting cost-benefit and other regulatory analyses
- ← Current Focus: Conventional, prescriptive rules
- ← Long-Term Goal: Performance-based fatigue management

## **HOS Rulemaking Goals**

- ← “Win-Win-Win” philosophy
  - Improve safety
  - Enhance driver quality-of-life
  - Sustain productivity
- ← Better opportunities for sufficient sleep
- ← Encouragement of 24-hr work-rest cycles
- ← Flexibility for different types of CMV operations
- ← Opportunities for “weekend” time at home

## **Summary**

- ← Driver Fatigue and HOS: top priorities for safety and productivity
- ← A Comprehensive Federal Program:
  - R&T
  - Rulemaking
  - Education and Outreach
  - Enforcement and Consultation



## Summary (cont'd)

- ← Technology holds great promise
  - must be valid
  - reliable
  - practical and acceptable
  
- ← Long-term goal: safer highways
  - through fatigue management by motor carriers and drivers, rather than increased regulation



---

## **Recent Advances in Alertness Applications in the Transportation Industry**

**Andy Lehrer**

Circadian Technologies Inc. (CTI)  
Cambridge, Massachusetts

### **SUMMARY**

Over the past twenty years a series of advances in circadian sleep-wake physiology have laid the groundwork for addressing the challenge of sustaining alert and safe behaviour around the clock in safety-critical employees in the transportation industry. Since by definition transportation requires the operation of moving vehicles, human vigilance is key for all but the most automated operations. However, despite the advanced state of scientific knowledge, and the vital importance of the issue, the most difficult challenge has been to convert the research into operationally viable technologies, methods, and policies.

Using the Canadian and other North American railroads as a case study, CTI explored the steps that have been taken to move from 1) theory to 2) testbed to 3) operational pilot implementations to 4) full-scale implementation across a rail system to 5) automated systems. Four key issues were addressed based on our experience with this integrated systems approach.

First, the fallacy of one-size-fits-all regulatory approaches in highly variable operational situations was discussed. Political pressure and the desire of regulators to do something can lead to overly prescriptive regulatory attempts that ultimately increase costs, reduce flexibility, and dampen innovative energy. The scientific community needs to resist the temptation to promote regulation based on theory, without first understanding and incorporating the practical realities of operating a transportation system.

CTI has applied the benefits of these vital "lessons learned" to the development of its unique technologies. Specifically, CTI has demonstrated practical experience (U.S., Canada, and U.K.) in implementing TrainCrewAlert™ and other biocompatible railroad and transit employee scheduling systems that minimize fatigue and optimize employee alertness. Moreover, CTI has developed a unique library of crew scheduling solutions over the past 15 years, and has demonstrated that these solutions can be effectively customized to meet specific client needs. CTI's experience ranges across train operators, track crews, other key personnel, and crew management centres.

CTI uses several techniques to integrate client-specific variables into an Alertness Advantage Program™. For example, it owns the U.S. Patent for Circadian Alertness Simulation Software, which analyses work/rest pattern data from railroad and transit employees and determines the precise risk of microsleep episodes hour-by-hour during duty periods. Coupled with our unique EEG microsleep databases developed from railroad employees, the software enables work/rest schedules to be optimized to minimize the risk of microsleeps and human error.

Additionally, CTI's proprietary TrainCrewAlert™ software systems analyse train schedules and actual train flow history to determine the optimal type of railroad and transit employee biocompatible scheduling systems. This software significantly increases the operational efficiency of scheduling systems. Consequently, CTI's Alertness Advantage Program™, informed through science and the practical realities of real-world implementation, serves as a viable solution to the challenge of sustaining alertness in safety-critical, around-the-clock operations.

Second, educational training programs in circadian alertness and sleep physiology for managers and employees are an important ingredient of devising effective fatigue countermeasures, but without substantial and informed operational changes they may lead to frustration rather than a real solution. Therefore CTI's approach integrates training as part of a multifaceted solution and customizes the program to both familiarize and train employees on how to optimally benefit from other initiatives as well (biocompatible crew scheduling, sleep apnea screening and treatment programs, alertness monitoring initiatives, etc.).

Third, collaboration between managers, union officials, and employees is essential, for each holds part of the solution. A viable mechanism for building trust is required to make the process work. Accordingly, CTI functions as the neutral third party expert in bringing together the various groups so that a true win/win/win is achieved. A joint labour-management task team is established early on so that key parties are represented and ideas and information are conveyed through the appropriate channels. Throughout the process CTI works to ensure that alertness and fatigue remain the critical issues.

Fourth, scientific expertise and real-world experience are needed to distinguish between apparently good ideas and those that actually work to reduce fatigue. CTI's Alertness Advantage™ project management and implementation teams have actual implementation experience in rail, transit, and other industries. These teams include not only schedule designers, but also alertness physiologists, software systems integrators, labour-management process facilitators, and educators/trainers.

CTI is continually working both in its state-of-the-art laboratories and in the field to further refine its processes. These efforts have proven highly beneficial in its ongoing mission to best implement practical, workable Alertness Advantage™ initiatives in the challenging around-the-clock operations of the transportation sector.

CTI would be delighted to discuss the Alertness Advantage Program™ in more detail with you and your colleagues. Please contact Andy Lehrer at 1-617-492-5060, x608 with any questions. Thank you for your interest in realizing and sustaining alert, safe, and efficient transportation.

## SOMMAIRE

Les progrès réalisés au cours des vingt dernières années dans la compréhension du rythme circadien et de la physiologie du sommeil ont préparé le terrain à diverses applications visant à promouvoir la vigilance et un comportement sûr, quelle que soit l'heure du jour, chez les employés affectés à des fonctions critiques pour la sécurité dans les entreprises de transport. Comme, par définition, le transport suppose la commande de véhicules en mouvement, la vigilance humaine est un facteur clé de toutes les opérations, sauf certaines opérations entièrement automatisées. Mais malgré les percées scientifiques réalisées et l'importance cruciale de la question, le passage de la théorie à la pratique se fait difficilement : comment s'y prendre pour traduire les résultats des recherches en technologies, méthodes et politiques viables sur le terrain?

La présentation faite par CTI s'est inspirée du cas des chemins de fer canadiens et d'autres réseaux ferroviaires nord-américains pour examiner les étapes successives franchies pour passer de 1) la théorie à 2) un banc d'essai, à 3) des essais-pilotes, à 4) une mise en oeuvre à grande échelle dans un réseau ferroviaire, à 5) un système automatisé. Forts de notre expérience de cette démarche d'intégration de systèmes, nous avons abordé quatre questions clés.

Premièrement, nous avons réfuté l'idée qu'une seule et même approche réglementaire puisse s'appliquer à tous les contextes opérationnels. La pression politique et la volonté d'agir des organismes de réglementation mènent parfois à des projets de réglementation par trop normatifs, qui finalement augmentent les coûts, réduisent la flexibilité et freinent l'élan créateur des entreprises. Les milieux scientifiques doivent résister à la tentation de promouvoir une réglementation fondée sur des données théoriques, sans avoir étudié et pris en compte les contraintes pratiques associées à l'exploitation d'un réseau de transport.

CTI a appliqué ces principes fondamentaux dans la mise au point de ses technologies uniques. Plus particulièrement, c'est à partir d'expériences pratiques (aux É.-U., au Canada et au R.-U.) que CTI a développé le dispositif *TrainCrewAlert*<sup>™</sup> et ses autres systèmes d'établissement d'horaires dits biocompatibles, qui minimisent la fatigue et optimisent la vigilance des employés de chemins de fer et de transport en commun. CTI a également constitué, au cours des 15 dernières années, une bibliothèque exceptionnelle de grilles d'horaires d'équipages et a démontré que ces grilles peuvent être personnalisées en fonction des besoins particuliers d'entreprises clientes. CTI possède une expérience de travail qui englobe autant les conducteurs de train, les équipes de voie, d'autres employés clés et les centres de répartition des équipages.

CTI a recours à plusieurs techniques pour intégrer les variables propres à un client au *Alertness Advantage Program*<sup>™</sup>. Ainsi, elle est titulaire du brevet américain du logiciel *Circadian Alertness Simulation Software* (logiciel de simulation dynamique du degré de vigilance), qui analyse les cycles de travail et de repos d'employés de chemins de fer et de transport en commun et détermine de façon précise, d'heure en heure, le risque d'épisodes de micro-sommeil au cours des périodes de travail. Conjugué aux bases de données uniques sur le micro-sommeil élaborées par CTI à partir des enregistrements EEG d'employés de chemins de fer, le logiciel permet d'optimiser les cycles de travail et de repos et de minimiser le risque d'épisodes de micro-sommeil et d'erreur humaine.

Un autre logiciel breveté de CTI, le *TrainCrewAlert*<sup>™</sup>, analyse les horaires des trains et les registres réels de circulation ferroviaire pour déterminer les meilleurs systèmes d'établissement d'horaires biocompatibles pour les employés. Ce logiciel accroît sensiblement l'efficacité opérationnelle des systèmes d'établissement d'horaires. Ainsi, l'*Alertness Advantage Program*<sup>™</sup> de CTI, qui tient compte à la fois des données scientifiques et des contraintes pratiques associées au service réel, constitue une solution viable pour garantir la vigilance des employés affectés à des fonctions critiques pour la sécurité, assurées 24 heures sur 24.

Deuxièmement, les programmes de formation sur les rythmes circadiens et la physiologie du sommeil qui s'adressent aux gestionnaires et aux employés constituent une composante importante des initiatives destinées à faire échec à la fatigue. Mais à moins d'être accompagnés de changements profonds et judicieux sur le plan opérationnel, ils risquent de créer de la frustration plutôt que de réellement solutionner le problème. C'est pourquoi la démarche préconisée par CTI considère la formation comme un des volets d'une solution multiple au problème de la fatigue; de plus, la formation doit être adaptée à chaque situation, de façon à sensibiliser les employés aux avantages à tirer des autres initiatives prises pour prévenir la fatigue (horaires biocompatibles, dépistage et traitement de l'apnée du sommeil, programmes de surveillance de l'état de vigilance, etc.).

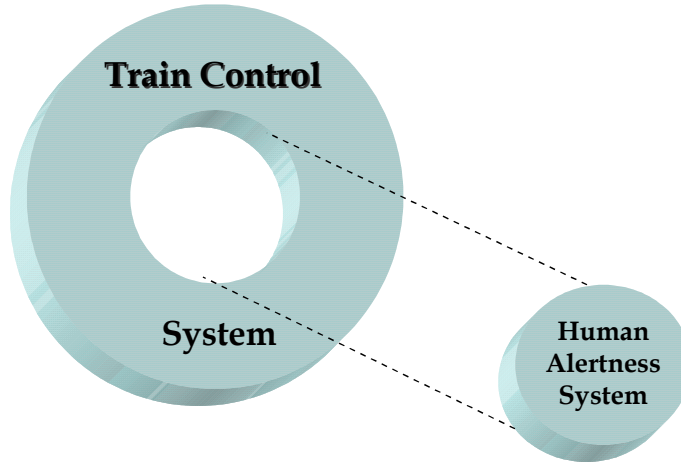
Troisièmement, la collaboration entre les gestionnaires, les représentants syndicaux et les employés est essentielle, car chacun de ces groupes détient une partie de la solution. Pour qu'une méthode fonctionne, il faut arriver à susciter l'adhésion de tous. C'est pourquoi CTI agit à titre de tierce partie experte neutre pour amener les divers groupes à trouver des solutions susceptibles de rallier tout le monde. L'établissement, dès le départ, d'une équipe de travail patronale-syndicale favorise l'expression des opinions et la transmission de l'information par les voies appropriées. Tout au cours du processus, CTI veille à ce que les questions de vigilance et de fatigue demeurent au centre des préoccupations.

Quatrièmement, il faut des connaissances scientifiques et une expérience pratique pour faire la différence entre des idées qui sont bonnes en apparence et d'autres qui peuvent effectivement mener à une réduction de la fatigue. Les équipes de gestion et de mise en oeuvre du projet *Alertness Advantage*<sup>™</sup> possèdent une expérience réelle de l'application de leur système dans les secteurs du transport ferroviaire et du transport urbain, entre autres. Ces équipes regroupent non seulement des spécialistes de la confection d'horaires, mais également des physiologistes spécialistes de la vigilance, des experts de l'intégration de logiciel, des facilitateurs rompus à l'animation de réunions patronales-syndicales, et des éducateurs/agents de formation.

CTI travaille sans relâche à perfectionner ses systèmes, tant dans ses laboratoires ultramodernes que sur le terrain. Ses efforts se sont avérés très fructueux dans sa recherche constante des meilleures méthodes de mise en oeuvre de programmes pratiques et opérationnels d'aide à la vigilance destinés aux employés du secteur des transports, appelés à travailler à toute heure du jour.

Pour de plus amples renseignements sur l'*Alertness Advantage Program*<sup>™</sup> de CTI, n'hésitez pas à communiquer avec Andy Lehrer, au 1-617-492-5060, poste 608. Merci de votre engagement à promouvoir la vigilance, la sécurité et l'efficacité dans les transports.

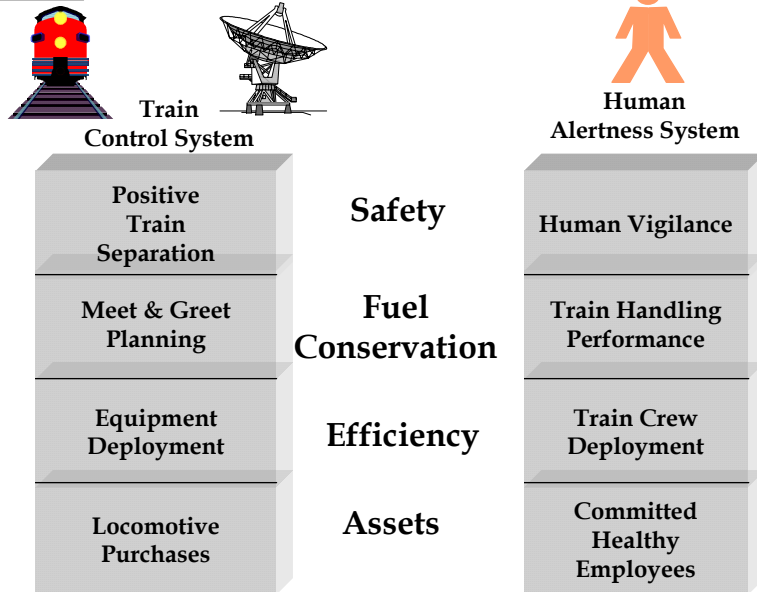
# Integration of human alertness with train control system provides a complete solution

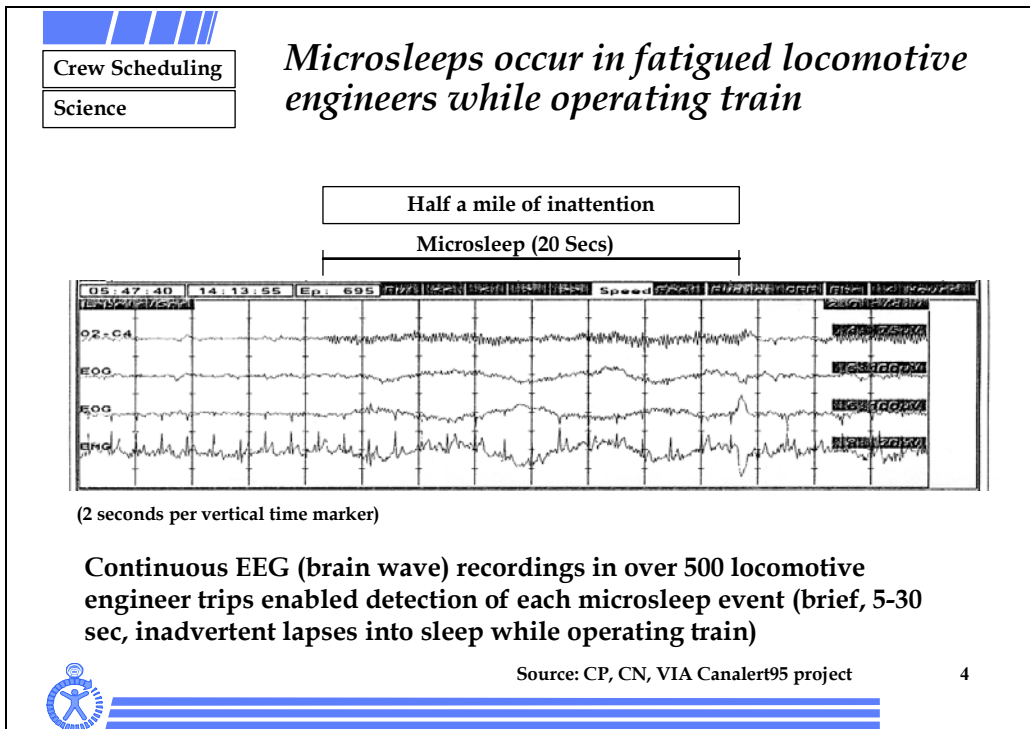
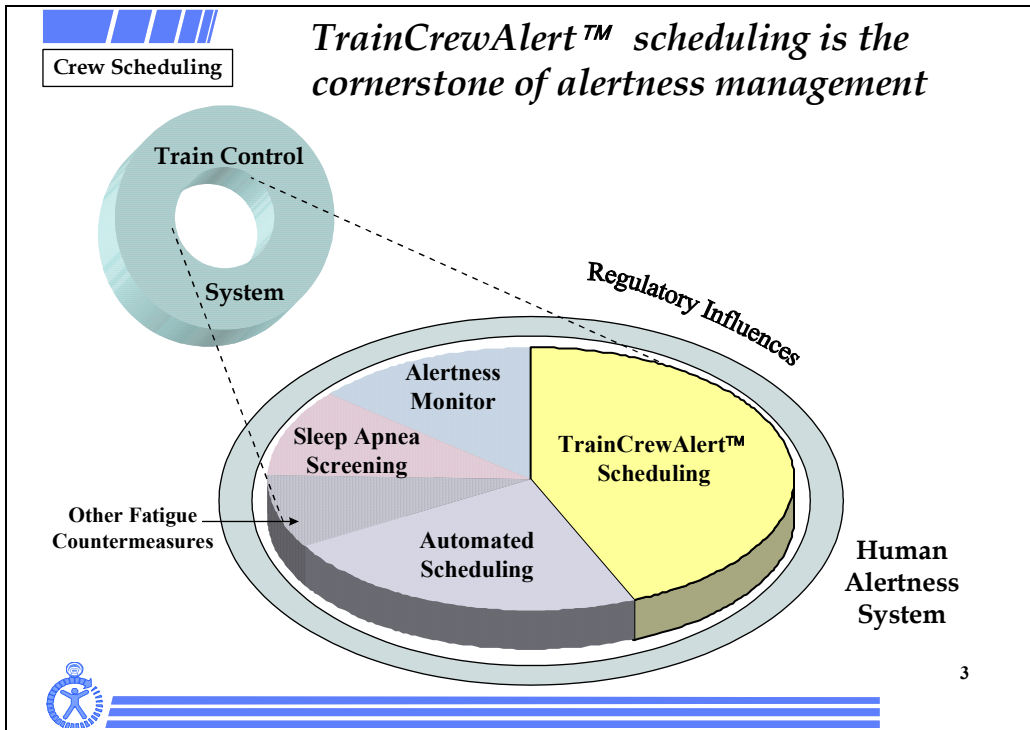


Creating the Alertness Advantage



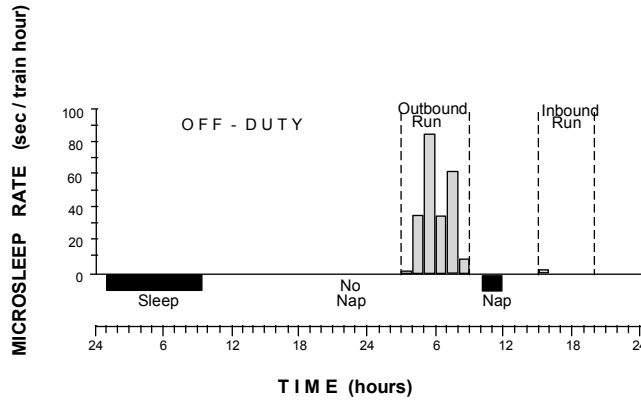
# Technologies with complementary objectives







*The safety risk can be quantified in  
microsleep seconds per train hour*

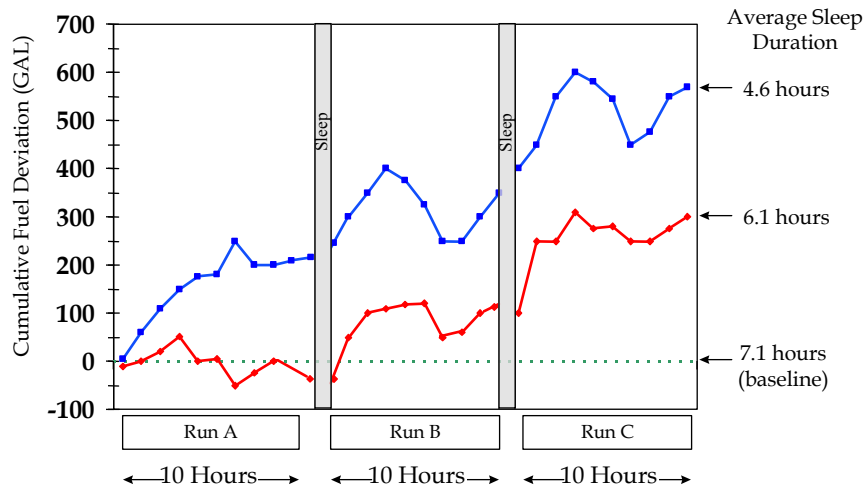


Safety risk from train crew fatigue can be quantified as microsleep rate

Source: EEG Locomotive Engineer Recordings in CN/CP Canalert Project



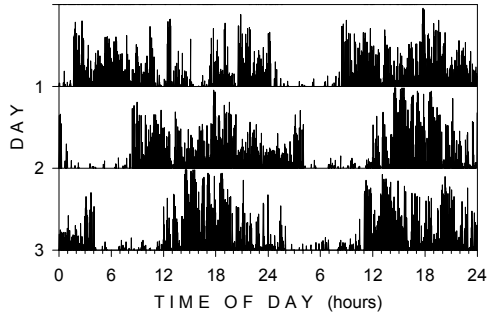
*Sleep deprivation increases fuel  
consumption at a rate of 100 gallons per  
lost hour of sleep*



Source: Heavy Freight Train (12,400 tons) simulator study. Thomas et al, 1998



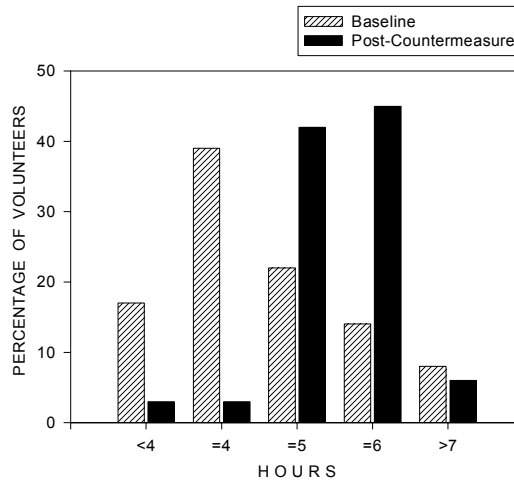
*The fatigue reduction in pilot studies is measurable and significant*



Portable sleep/wake recording enables continuous 30-day calculation of alertness profile



*An hour of extra sleep per day is a significant benefit*



Source: Conrail Pilot Study




Crew Scheduling

Pilot Studies

## *TrainCrewAlert™ scheduling improves railroad performance*

<b>Alertness on duty</b>	<b>30% improvement in alertness</b>
<b>Crew Availability</b>	<b>60% reduction in lay-offs</b>
<b>Safety</b>	<b>1 million accident-free &amp; injury-free miles</b>
<b>Operating Costs</b>	<b>4% reduction in total pool operating costs (held away + deadheads + terminal delays)</b>
<b>Health</b>	<b>Improved sleep, reduced blood pressure</b>


9

Crew Scheduling

Pilot Studies

## *Full-scale implementation provides significant advantages*

<b>Faster</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Progress from resistant to receptive locations</li> <li>• Build momentum and employee confidence</li> </ul>
<b>More Efficient</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data analysis &amp; scheduling simplified</li> <li>• Correct balance of crew assignments</li> </ul>
<b>Minimize Politics</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opportunity for everyone in turn</li> <li>• Negotiate a no-vote policy</li> </ul>
<b>Maximize Validity</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• System performance tracking</li> <li>• Safety data validity</li> </ul>

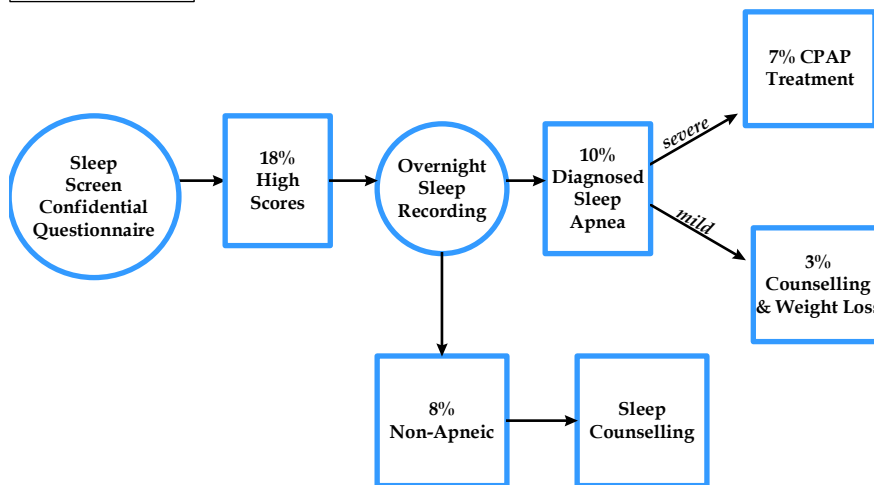
10

## Rationale for building automated self-adaptive scheduling system

- Maintain integrity & effectiveness of Train Crew Alertness System
- Enhance safety standards ahead of government regulations
- Enable cost-effective optimization to be automated
- Provide rational basis for crew assignments
- Facilitate time-consuming board change process
- Efficient and expert system replaces expert consultant time
- ENABLES INTEGRATION OF TRAINCREWALERT™ SCHEDULING WITH TRAIN CONTROL SYSTEM



## Incidence of sleep apnea in train crews is high



10% Sleep Apnea rate in train crews is higher than 3 - 4% rate in general U.S. male population



---

## Countermeasures: Facts and Strategies

Jeffrey J. Lipsitz

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto  
Toronto, Ontario

### SUMMARY

The term “fatigue countermeasure” is used by some to suggest a process or device that might reverse or counteract the effects of fatigue. Such a measure would ideally be uniformly effective across the general population under various field conditions and at various times of day. It would be safe, and its profile of onset time, peak effect, and duration of action would be predictable and operationally meaningful.

At the same time, the term “fatigue countermeasure” is used to describe a process or device that might simply *measure* or *detect* operationally significant fatigue in the field. Various devices of this type are currently under development and validation.

While fatigue detection may soon shift into the realm of high technology, the primary solution to the fundamental problem of fatigue still involves the simple augmentation of sleep quantity and quality. The recent large-scale Driver Fatigue and Alertness Study, as well as other studies in other modes of transportation and other industries, have confirmed the importance of education and recognition of our basic sleep needs, and of the need to develop operationally appropriate strategies and schedules that enable individuals to maximize sleep and its natural alerting properties.

There is also growing evidence that operators ought to be screened for the presence of common and important sleep disorders. Such disorders may greatly detract from the quality of one’s sleep, thereby leading to operationally significant fatigue regardless of the quantity of sleep obtained. The disorder most often cited in this context is sleep apnea. Apnea affects up to 24 percent of the adult male population aged 30-60. It is associated with increased risks of heart attack, stroke, and early death, in addition to a five- to seven-fold increase in the risk of a motor vehicle crash. It can be readily detected and treated, and effective treatment appears to reduce the risk of all of the untoward consequences. As part of the current requirements for employment, licensure, and cross-border work, many operators in transportation are screened for various medical conditions, including some that are obscure or of questionable relevance to the job. However, typically no inquiries are made about symptoms that may suggest fatigue or a sleep disorder, notwithstanding that fatigue has been judged to be the number one problem in commercial transportation today.

## SOMMAIRE

Pour certains, l'expression «contre-mesure à la fatigue» désigne un procédé ou un dispositif conçu pour prévenir la fatigue ou parer à ses effets. En principe, ce type de contre-mesure est uniformément efficace sur l'ensemble de la population, peu important l'heure du jour ou les conditions sur le terrain. Elle est sûre et ses paramètres (délai d'action, efficacité optimale et durée d'efficacité) sont prévisibles et opérationnellement explicables.

En même temps, on désigne «contre-mesure à la fatigue» un procédé ou un dispositif conçu pour simplement *mesurer* ou *détecter* un degré de fatigue opérationnellement significatif en service réel. Divers dispositifs de ce genre sont en cours d'élaboration et de validation.

Tandis que la détection de la fatigue pourrait passer sous peu dans le giron de la haute technologie, la principale solution au problème fondamental de la fatigue consiste encore à simplement augmenter la quantité et la qualité du sommeil. La recherche de grande envergure réalisée récemment sur la fatigue et la vigilance chez les conducteurs de véhicules utilitaires, ainsi que d'autres études menées dans d'autres modes de transport et d'autres secteurs d'activité, ont confirmé l'importance de sensibiliser les travailleurs au problème de la fatigue et de les amener à reconnaître leurs besoins fondamentaux de sommeil, et ont fait ressortir la nécessité d'élaborer des stratégies et des horaires judicieux sur le plan opérationnel, qui permettent aux travailleurs d'obtenir le maximum de sommeil et de recouvrer ainsi naturellement leur vigilance.

De plus en plus de faits militent en faveur du dépistage de troubles courants et graves associés au sommeil chez les conducteurs professionnels. De tels troubles peuvent miner grandement la qualité du sommeil, entraînant une fatigue opérationnellement significative, quelle que soit la quantité de sommeil obtenue. Le trouble du sommeil le plus souvent cité à cet égard est l'apnée du sommeil, dont sont atteints jusqu'à 24 % des hommes de 30 à 60 ans. Ce trouble s'accompagne d'un risque accru de crise cardiaque, d'accident vasculaire cérébral et de décès prématuré, et accroît de cinq à sept fois le risque d'être impliqué dans un accident d'automobile. L'apnée du sommeil peut facilement être détectée et traitée, et un traitement efficace semble réduire le risque de tout effet indésirable. Au titre des exigences actuelles pour l'obtention d'un emploi, d'un permis de conduire ou pour des affectations outre-frontière, nombre de conducteurs de véhicules utilitaires sont soumis au dépistage de divers troubles médicaux, dont certains ont un lien obscur ou douteux avec la tâche. Mais on ne s'occupe généralement pas des symptômes qui peuvent révéler de la fatigue ou un trouble du sommeil, même si la fatigue est d'ores et déjà reconnue comme le problème numéro un du transport commercial de nos jours.

Mitler M.M., Miller J.C., Lipsitz J.J., Walsh J.K., Wylie C.D.

## **"The Sleep of Long-Haul Truck Drivers"**

*New England Journal of Medicine*  
(Sept 11) 1997;337:755-61

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

Each year over 110 000 people are injured and more than 5 000 are killed in the U.S. in motor vehicle accidents involving commercial trucks.

Driver fatigue was recently judged to be the number one problem in commercial transportation.

In 1988 the U.S. Congress directed the Federal Highway Administration to study driver fatigue and its implications with respect to federal regulations that limit daily and weekly driving times for commercial truckers.

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

The study consisted of 24-hour electrophysiologic and performance monitoring of 80 truck drivers who carried revenue-producing loads and who were working day, night, or irregular shifts on common North American routes.

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

### **Driver Schedules and Characteristics (20 drivers per group)**

<b>Driver Schedule</b>	<b>Description of Schedule</b>
Steady day	10 hours driving, beginning about 9 am each day x 5 trips
Advancing night	10 hours driving, beginning 9:30 am on day 1 and 2-3 hours earlier each subsequent day x 5 trips
Steady night	13 hours driving, beginning 11 pm each evening x 4 trips
Delaying evening	13 hours driving, beginning 11:30 am on day 1 and 1 hour later each day x 4 trips

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto



Drivers averaged 5.18 hours in bed per day and 4.78 hours of EEG-verified sleep per day over the five-day study: (*range: 3.83 hours of sleep for those on the steady 13-hour night schedule to 5.38 hours of sleep for those on the steady 10-hour day schedule*).

These values compared with a mean self-reported ideal amount of sleep of  $7.1 \pm 1$  hours per day.

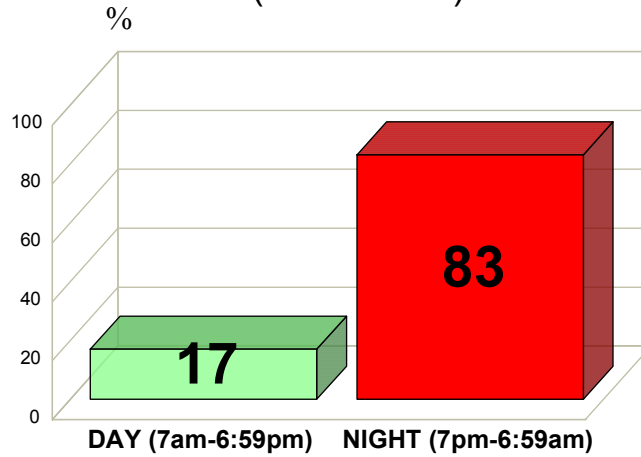
In this study, the sleep shortfall (relative to their reported ideal) was greatest for those drivers who were required to sleep during the daytime.

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

- For 35 drivers (44%), naps augmented the sleep obtained by an average of  $0.45 \pm 0.31$  hour.
- Two drivers had undiagnosed sleep apnea.
- Two other drivers had one episode each of stage 1 sleep while driving, as detected by EEG.
- 45 drivers (58%) had at least 1 six-minute interval of drowsiness while driving, as judged by analysis of video recordings of their faces.
- 54% of the six-minute segments showing drowsy drivers involved just eight drivers.
- 83% of the segments showing drowsy drivers occurred between 7 pm and 6:59 am.

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

## Drowsy Driving Episodes by Time of Day (face videos)



Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

Little or no operationally significant differences in driver drowsiness and performance were identified between the daytime 10-hour U.S. and the 13-hour Canadian schedules during daytime driving.

Drowsiness during driving is much more a function of time of day effects (*circadian rhythm*) than duration of driving time and cumulative number of days.

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

Drivers were poor judges of their own levels of fatigue and generally rated themselves more alert than they were – their self-ratings tended to reflect duration of driving and cumulative number of trips, but not measured performance.

Some drivers did not manage their off-duty time to obtain an adequate amount of sleep, even when there was ample opportunity for sleep.

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

- There is no quick fix and no single solution to the fatigue problem.
- Sleep is the principal countermeasure to fatigue and all drivers need to ensure they obtain adequate sleep – drivers must also be afforded the opportunity to obtain adequate sleep.
- Eight hours off between duty periods might not provide enough time to obtain adequate sleep and take care of personal needs when, as reported by the drivers in this study, 7.2 hours on average is their ideal sleep time.
- Changes in the hours of service regulations are needed, but they alone will not solve the fatigue problem.

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

- Much can be done to address driver fatigue, such as an innovative regulatory framework, education, scheduling practices, and fatigue management programs for drivers, carriers, and shippers.
- Continued research is needed, especially addressing effective fatigue countermeasures.
- "Our findings underscore the need to educate workers and schedulers about the importance of adequate sleep with respect to public safety."
- Partnerships among government, industry, drivers, the scientific community, and shippers are needed to develop effective solutions to the commercial driver fatigue problem.

Sleep Disorders Centre of Metropolitan Toronto

---

## **Organized Labour's Role in Fatigue Risk Reduction**

**Don Anderson, T.G. Hucker**  
Brotherhood of Locomotive Engineers  
Ottawa, Ontario

### **SUMMARY**

The Brotherhood of Locomotive Engineers would like to present to you organized labour's role with respect to fatigue risk reduction in the transportation industry. We base our presentation on fatigue countermeasures that the Brotherhood has helped develop and implement on various Class I Railways throughout North America.

We are often asked which countermeasure did we find the most effective? One would think that if one could implement one or two of these countermeasures, they would reduce the risk of fatigue at one's place of work. However, what has been discovered and scientifically proven is that it is the combination of the countermeasures that makes it work.

For example: scheduling time pools and extra boards will reduce fatigue because employees will know when they are going to work and have predictability in the workplace. True. However, the industry knows that with such a vast network and so many different variables that this would only amount to a basic guideline.

So to compensate, maybe the industry should implement a napping policy. Again this would be of some benefit, but you would now have to have proper napping facilities on and off the transportation equipment. This would include proper lodging facilities when the employee is at the away-from-home terminal.

Some work environments are very noisy and the use of crew intercom systems (headsets) not only reduces noise levels but enhances two-way communication, thus reducing fatigue and stress.

Finally, now that we know about scheduling, napping, lodging, and work environment, lifestyle training is the tool we use to make it all make sense. This is where we teach the industry the science and technology of how the different components of a fatigue countermeasure plan work, e.g., diet, circadian rhythms, and napping.

The Brotherhood realizes that dealing with fatigue in the workplace and confronting it with a scientific countermeasure plan is in its infancy. The Brotherhood of Locomotive Engineers is proud to have been in the forefront of developing the initial countermeasures and strategies and will continue this work. We hope that the following bullet point presentation will be of some assistance to the transportation industry.

## SOMMAIRE

La Fraternité des ingénieurs de locomotives est fière de vous présenter le rôle joué par le mouvement syndical dans la réduction du risque associé à la fatigue dans l'industrie des transports. Notre exposé porte sur diverses contre-mesures à la fatigue que la Fraternité a contribué à élaborer et à mettre en oeuvre dans divers chemins de fer de classe I, partout en Amérique du Nord.

On nous demande souvent de nous prononcer sur la mesure la plus efficace pour lutter contre la fatigue. Il suffirait ainsi d'appliquer une ou deux mesures particulièrement agissantes pour réduire le risque de fatigue dans un milieu de travail donné. Mais ce qui a plutôt été établi scientifiquement, c'est que pour lutter efficacement contre la fatigue, il faut faire appel à une combinaison de contre-mesures.

Par exemple, le fait de programmer des périodes de repos et de prévoir des équipes de relève peut atténuer la fatigue : les employés savent quand ils doivent se présenter au travail et leur horaire est prévisible. Juste. Mais dans l'industrie du transport ferroviaire, les réseaux desservis sont tellement vastes et les facteurs à prendre en compte tellement nombreux, que ces principes font souvent figure de simples lignes directrices.

Alors, pour compenser, peut-être l'industrie devrait-elle instaurer une politique qui favorise les siestes. Voilà encore une bonne idée, mais il faudrait alors prévoir des installations à cette fin, tant à bord des trains qu'aux arrêts. On devrait notamment prévoir des lieux d'hébergement pour les employés se trouvant à un terminus de destination.

Certains environnements de travail sont très bruyants et l'utilisation de systèmes d'intercommunication (casques d'écoute) non seulement réduit les niveaux de bruit mais facilite les échanges, ce qui réduit d'autant la fatigue et le stress.

Finalement, maintenant que nous connaissons le rôle des horaires, des siestes, des conditions d'hébergement et de l'environnement de travail, la formation pour de meilleures habitudes de vie est le dénominateur commun par lequel nous entendons relier tous ces éléments. C'est à ce niveau que l'industrie doit apprendre l'art de doser les différentes mesures de lutte contre la fatigue, soit celles qui touchent à la diète alimentaire, aux rythmes circadiens et aux siestes.

La Fraternité des ingénieurs de locomotives ne fait que commencer à étudier le problème de la fatigue au travail et à penser à des mesures étayées scientifiquement pour y faire échec. La Fraternité est fière d'avoir joué un rôle de premier plan dans l'élaboration des premiers programmes et stratégies destinés à lutter contre la fatigue et elle entend bien poursuivre son travail. Nous espérons que l'exposé qui suit saura être utile à l'ensemble de l'industrie des transports.



*Brotherhood of Locomotive  
Engineers*

**Fatigue Countermeasures**

RAC Workshop

October 15 - 16, 1998

Ottawa, Ontario

1



Fatigue Countermeasures  
RAC Workshop

**Countermeasures**

- i - Time Pools
- ii - Extra (Spare) Boards
- iii - Napping
- iv - Pre-Post Napping Facilities

2



Fatigue Countermeasures  
RAC Workshop

**Countermeasures (cont'd)**

- v - Lifestyle Training
- vi - Lodging Facilities
- vii - Headsets and Work Environment

3



Fatigue Countermeasures  
RAC Workshop

**Countermeasures**

i - Time Pools



- Does this work?
- Costs?
- Savings/Advantages?

4





## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### DOES THIS WORK? Yes

- Time Pools/Bidpacks
- They have to be designed to handle the railway traffic
- They have to provide scheduled work periods and rest days for the employees

5



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### COSTS

- Need guarantee of earnings
- Ample work opportunities to make earnings

6



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### SAVINGS/ADVANTAGES

- Fewer employees needed to operate railway
- Less administration for operating employees/dispatchers/crew callers
- Constant supply of employees ready to work

7



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### **Countermeasures**

#### ii - Extra (Spare) Boards



- Does this work?
- Costs?
- Savings/Advantages?

8



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### DOES THIS WORK? Yes

- Depends on design
- Scheduled days off or work periods

9



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### COSTS

- Until the computer software is designed the extra boards are managed manually
- Guarantee for work opportunities is the same as with time pools

10



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### SAVINGS/ADVANTAGES

- Less administration for dispatchers and crew callers, once software is in place
- Fewer people needed to operate trains

11



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### **Countermeasures**

#### iii - Napping



- Does this work?
- Costs?
- Savings/Advantages?

12



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### DOES THIS WORK? Yes

- Scientific medical evidence from NASA Ames and other medical institutions indicates that a 30-40 minute nap increases the employee's overall alertness

13



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### COSTS

- Re-design and install new seats in locomotives to facilitate napping while crew is in siding
- Under no circumstances will the B of LE entertain allowing naps while the train is moving – totally unsafe

14



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### SAVINGS/ADVANTAGES

- Less opportunity for a fatigued employee to have an accident
- With proper lifestyle training, napping is not used very much

15



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### **Countermeasures**

#### iv - Pre-Post Napping Facilities



- Does this work?
- Costs?
- Savings/Advantages?

16



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### DOES THIS WORK? Yes

- Commuting to and from the work place and train delays have added to the fatigue levels in operating employees

17



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### COSTS

- Setting up separate insulated areas for operating employees
- The types of chairs used
- Noise attenuation equipment

18



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### SAVINGS/ADVANTAGES

- Pre on-duty employees can nap while awaiting trains
- Post-duty employees can nap after duty prior to commute home

19



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### **Countermeasures**

#### v - Lifestyle Training



- Does this work?
- Costs?
- Savings/Advantages?

20





## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### DOES THIS WORK? Yes

- This is the vehicle that presents the countermeasure package to the employees and their spouses

21



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### COSTS

- Design of course by qualified consultant to employees
- To have employees and their spouses attend

22



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### SAVINGS/ADVANTAGES

- More fit and alert employees who understand what is required to prepare themselves for work
- Understand how diet and caffeine affects their alertness

23



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### **Countermeasures**

#### vi - Lodging Facilities



- Does this work?
- Costs?
- Savings/Advantages?

24



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### DOES THIS WORK? Yes

- Issue has required attention for some time

25



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### COSTS

- Installation of noise-reducing equipment
- More costly construction and complying with building code regulations, i.e., flooring, lighting, black-out curtains, noise attenuation machines
- Using facilities – hotel, motel – in less noisy area

26



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### SAVINGS/ADVANTAGES

- Employees provided with proper sleeping facilities
- Employees more alert coming on duty

27



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### **Countermeasures**

#### vii - Headsets and Work Environment



- Does this work?
- Costs?
- Savings/Advantages?

28



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

DOES THIS WORK? Yes

- And I'm the right guy to talk about it

29



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

COSTS

- Installation of equipment on existing fleet and on new locomotive orders
- Supply of varying types of head sets to employees

30



## Fatigue Countermeasures RAC Workshop

### SAVINGS/ADVANTAGES

- Better communication between crew members – signals, foremen, track occupancy
- Reduced medical costs from WCB claims, e.g., for hearing loss
- Reduced noise fatigue

31

---

# The Impact of Extended Crewing Periods in Ship Operations

Philip Murdock  
Canadian Coast Guard  
Ottawa, Ontario

## SUMMARY

The Canadian Coast Guard operates one of the largest fleets of vessels in Canada. Unlike our counterparts in the United States, the Canadian Coast Guard is a civilian organization whose seagoing employees are unionized.

The Canadian Coast Guard Fleet is made up of over 130 vessels and includes lifeboats, air cushion vehicles, survey ships, buoy-tending ships, and icebreakers. These ships range in size from 40-foot vessels with a crew of 3 to 360-foot vessels with a crew of about 60 persons. These vessels are used to deliver services for the Department of Fisheries & Oceans and the Government of Canada. The five major programs that the Coast Guard Fleet supports include Science, Conservation & Protection, Marine Search & Rescue, Icebreaking, and Marine Navigation Services.

There are over 2 400 seagoing employees in the Coast Guard. The majority of our fully operational vessels are crewed using the lay-day work system. This work system was originally used in West Coast towboat operations. It allows the operator to use a vessel continuously without incurring additional overtime costs. This system requires that each ship have 2 complete crews, one working 12 hours per day during the on-duty portion of their work cycle, while the other crew "enjoys" the off-duty portion of their work cycle.

While on the lay-day system, "day-workers" normally work 12 hours straight from 8:00 a.m. until 9:00 p.m., allowing them to rest from 9:00 p.m. until 8:00 a.m. the next morning. Watchkeepers normally work 2 watches (each 6 hours in length) per shift with the change of watch occurring at midnight, 6:00 a.m., noon, and 6:00 p.m.

This "6 on, 6 off" watch rotation began in the early 1980s when the Coast Guard first began to use the lay-day system. In 1994, the Coast Guard, using the expertise of TDC, contracted Human Factors North Inc. to investigate the "4 & 8" watch rotation that allowed watchkeepers the opportunity to work 8 hours on, 8 hours off, 4 hours on, 4 hours off. It was believed that the "4&8" watch rotation would have the advantage of allowing watchkeepers the opportunity of obtaining a major "block" of rest/sleep during the 8 hours off watch. Previous research had indicated that the longer sleep would allow the watchkeeper to be better rested and thus perform better during the on-watch periods.

Interestingly, our research showed that the "4&8" watch rotation offered no measurable advantages over the "6&6" watch rotation. The "4&8" did allow crew to get one longer sleep

period each day, but total sleep per day was not significantly different between the two different schedules. We also found that most employees preferred the "6&6" watch rotation over the "4&8" watch rotation.

In 1995, the Coast Guard and TDC contracted BC Research Inc. (BCRI) to examine the effects of extending the "normal" crewing cycle of 28 days to 42 days during Arctic icebreaking operations. The extension to a 42-day, lay-day rotation would allow the Coast to reduce its costs for crew changes in the Arctic (fewer chartered aircraft), provide better service to clients in the Arctic (fewer days "lost" for crew changes), and allow employees to have longer periods of time off (42 days versus 28 days). During the last three years, BCRI has collected data aboard four vessels using three different watch rotations. Note B. Cameron's review of data collection and analysis, elsewhere in these *Proceedings*.

The Coast Guard believes that the shipboard working environment is unique when compared to other watchkeeping/shiftwork environments. Some of the differences (e.g., shipboard influences on sleep, such as noise from operations or noise from ship's propulsion machinery or vessel motion) create challenges for the Coast Guard. Others create opportunities. These include long periods of time (i.e., 28 to 42 days) assigned to the same watch schedule, allowing employees to adapt to their watch, and the lack of many external factors that affect land-based shiftworkers (i.e., family, neighbours, etc.). The Coast Guard also believes that our shipboard operations provide some opportunity for additional rest during the crewing cycle to recover from fatigue.

As for other initiatives, the Coast Guard is currently working with BCRI to produce a fatigue handbook for all of our seagoing employees, to raise their awareness of this important subject. We also hope to continue our research on fatigue aboard Coast Guard ships in operations other than icebreaking.

## **SOMMAIRE**

La Garde côtière canadienne exploite une des plus importantes flottes de navires au Canada. Contrairement à son pendant américain, la Garde côtière canadienne est un organisme civil dont le personnel navigant est syndiqué.

La flotte de la Garde côtière canadienne est composée de plus de 130 navires comprenant des embarcations de sauvetage, des aéroglisseurs, des navires hydrographiques, des navires baliseurs et des brise-glaces. Ces navires, qui mesurent de 40 à 360 pi de longueur, accueillent des équipages de 3 à 60 personnes. Ces bâtiments sont au service du ministère des Pêches et des Océans et du gouvernement du Canada. La flotte de la Garde côtière sert à appuyer cinq grands programmes, soit les services des sciences, de la conservation et de la protection, de la recherche et du sauvetage en mer, de déglçage et de navigation maritime.

La Garde côtière compte un personnel navigant de plus de 2 400 personnes. La majorité de nos navires entièrement opérationnels appliquent un régime de travail dit d'estarie. Ce régime de travail, utilisé à l'origine dans l'exploitation des remorqueurs de la côte Ouest, permet d'exploiter un navire sans interruption sans avoir à payer des heures supplémentaires. En vertu de ce système, chaque



navire doit avoir à son bord deux équipages complets. Un des équipages travaille 12 heures par jour (période de service du cycle de travail) pendant que l'autre se repose (période hors service).

Selon le régime d'estarie, les travailleurs de jour travaillent pendant 12 heures, de 8 h à 21 h, puis sont en repos de 21 h à 8 h le lendemain. Le personnel de quart est habituellement de service pendant deux quarts de 6 heures par «jour de travail». Les changements de quart ont lieu à minuit, 6 h, midi et 18 h.

Cet horaire «six-six» est apparu au début des années 80, lorsque la Garde côtière a mis en place le régime d'estarie. En 1994, la Garde côtière, s'appuyant sur l'expertise du CDT, a chargé Human Factors North Inc. de faire une recherche sur les horaires «quatre-huit», qui font alterner des périodes de travail et de repos de 8 heures, suivies de périodes de travail et de repos de 4 heures. L'horaire «quatre-huit» aurait l'avantage, pensait-on, d'offrir au personnel de quart un bloc plus long de repos/sommeil durant la période de repos de 8 heures. Des recherches antérieures avaient indiqué qu'une période de sommeil plus longue permettrait au personnel de quart d'être mieux reposé et donc d'être plus performant durant ses quarts.

Curieusement, nos recherches n'ont révélé aucun avantage mesurable de l'horaire «quatre-huit» par rapport à l'horaire «six-six». Certes, l'horaire «quatre-huit» permettait de consacrer chaque jour davantage d'heures au sommeil, mais le temps total de sommeil quotidien n'était pas significativement différent d'un horaire à l'autre. Nous avons aussi remarqué que la plupart des employés préféreraient l'horaire «six-six» à l'horaire «quatre-huit».

En 1995, la Garde côtière et le CDT chargeaient BC Research Inc. (BCRI) d'examiner les effets de la prolongation de 28 à 42 jours du cycle normal des affectations aux opérations de déglacage dans l'Arctique. Une prolongation à 42 jours de la durée des affectations permettrait à la Garde côtière de réduire les coûts de relève des équipages dans l'Arctique (réduction du nombre d'avions nolisés) et d'assurer de meilleurs services à ses clients (réduction du nombre de jours «perdus» pour la relève des équipages), tandis que les employés pourraient jouir de périodes de congé plus longues (42 jours au lieu de 28). Au cours des trois dernières années, BCRI a recueilli des données à bord de quatre navires appliquant trois régimes différents de rotation de quarts. On peut lire un résumé de ces travaux par B. Cameron, ailleurs dans le présent compte rendu.

La Garde côtière croit que l'environnement de travail à bord d'un navire en mer est très différent des autres environnements de travail par quart. Certaines des différences (p. ex., les effets sur le sommeil du bruit dû aux opérations ou aux machines, ou des mouvements du navire) posent des problèmes à la Garde côtière, tandis que d'autres représentent plutôt des avantages. Parmi ces avantages, mentionnons les longues périodes (28 à 42 jours) pendant lesquelles un employé est affecté au même horaire, ce qui favorise son adaptation, et l'absence des nombreux facteurs extérieurs avec lesquels doivent composer les travailleurs par postes à terre (nécessités de la vie familiale, du voisinage). La Garde côtière croit également que les opérations à bord de ses navires peuvent laisser place à des périodes de repos supplémentaires durant les affectations, pour permettre aux équipages de récupérer.

En ce qui concerne les autres initiatives sur la fatigue, la Garde côtière travaille actuellement avec BCRI à l'élaboration d'un manuel sur la fatigue qui sensibilisera le personnel navigant à cette

question capitale. Nous comptons également poursuivre nos recherches sur la fatigue des équipages des navires de la Garde côtière affectés à d'autres opérations que le déglacage.

# Shipboard Fatigue during Extended Crewing Periods

**Canadian Coast Guard – Fleet  
Department of Fisheries &  
Oceans**

## Shipboard Fatigue

- **The Canadian Coast Guard Fleet**
  - Over 130 vessels, including lifeboats, air cushion vehicles, fishing research trawlers, survey ships, and icebreakers
  - Providing program delivery to 5 major DFO Programs (Science, Conservation & Protection, Search & Rescue, Icebreaking, and Marine Navigation Services)

## Shipboard Fatigue

- **The Canadian Coast Guard Fleet**
  - Over 2400 seagoing personnel
  - Majority of continuously operational vessels are crewed using the lay-day work system ( 2 complete crews per vessel, one working 12 hours per day during the on-duty portion of their work cycle, while the other enjoys the off-duty portion of their work cycle)

## Shipboard Fatigue

- **The Lay-Day Work System**
  - Day workers normally work 12 hours straight from 8:00 a.m. until 9:00 p.m., allowing them to rest from 9:00 p.m. until 8:00 a.m.
  - Watchkeepers normally work 2 watches (each 6 hours in length) per day, with the change of watches occurring at midnight, 6:00 a.m., noon, and 6:00 p.m.

## Shipboard Fatigue

- **The Lay-Day Work System**
  - The use of the 6 on, 6 off watch rotation began in the early 1980s
  - In 1994/95, the CCG with TDC contracted Human Factors North to investigate the “4&8” watch rotation that allowed watchkeepers the opportunity to work 8 hours on, 8 hours off, 4 hours on and 4 hours off

## Shipboard Fatigue

- **“4&8” Watch versus “6&6” Watch**
  - No measurable advantages of the 4&8 watch over the 6&6 watch
  - The 4&8 watch does allow crew to get one longer sleep period each day, thus minimizing the effects of the broken sleep of the 6&6 watch
  - Total sleep was not significantly different between the 2 watch rotations

## Shipboard Fatigue

- **Current Research**
  - In 1995/6, CCG and TDC contracted BC Research Inc. to examine the effects of extending the “normal” crewing cycle of 28 days to 42 days during Arctic operations
  - Over the course of 3 Arctic seasons, BCRI has collected data from 4 vessels using 3 different watch schedules

## Shipboard Fatigue – Next Steps

- **Education**
  - Information Booklet for Employees
  - Briefings for all Shipboard Managers
- **Additional Research**
  - Examine fatigue in other Coast Guard operations

---

## **Fatigue in Canadian Coast Guard Operations**

**Barbara Cameron**

BC Research Inc.

Vancouver, British Columbia

### **SUMMARY**

BC Research is supporting the CCG efforts in Fatigue Management through involvement in three specific projects:

- Study on Extended Crewing Periods of CCG Icebreaking Operations in Arctic. CCG Project Manager, Mr. Philip Murdock
- Sweep Width Prediction – Simulation Project (a.k.a. Effects of Vessel Motion on Target Detection in Marine Search and Rescue Operations). CCG Project Manager, Mr. Mike Voigt
- Fatigue Awareness and Sleep Management Booklet. CCG Project Manager, Mr. Philip Murdock

The objectives are to evaluate and optimize human performance in CCG operations, and to provide training and awareness of the importance and consequences of fatigue. As all of these studies are ongoing, the work presented here is incomplete and should be viewed as work in progress.

Both the objective and the subjective measures of human performance in the first two projects focussed on the engineering and bridge watchkeepers. Human performance measures included: level of fatigue, alertness, sleep duration and quality, cognitive and psychomotor performance, and sociopsychological well-being. The key to interpretation of the data was to examine the results from all measures, and look for consistent patterns of change and converging effects. In the icebreaking study, one important factor that could not be controlled was the extended period of 24-hour daylight in the Arctic during July and August, which could have other influences on fatigue and diurnal rhythm.

Only subtle indicators of a negative effect of fatigue were observed when the crewing period was extended to 42 days. On one vessel, a CO reported an increase in crew fatigue without proportional increase in workload. There was an increase in watchkeepers' stress caused by work scheduling. Higher ratings of apathy, yawning, and headaches were reported, with the greatest increases between mid to late in the crewing cycle.

There was no clear cut evidence to support the superiority of one watch schedule (i.e., 6&6, 4&8, and 12&12) over another. However, only the 12&12 watch allowed crew members to obtain continuous, uninterrupted sleep. Based on the sleep patterns, all crew members were able to maintain the same pattern of sleep and naps throughout the crewing period. One caveat is that when physical workload is very high, the 12&12 watch schedule may be too physically demanding for prolonged periods. There is ample evidence that performance decreases when individuals receive less than 8 hours sleep per night, and the value of naps to offset sleep loss is not fully understood.

In a fatigue and alertness questionnaire, crew reported having more trouble sleeping and having more difficulty waking up at sea compared to at home. This may have contributed to their reports of being less than alert during work, sleepy or tired at work, as well as being quite mentally and physically tired at end of a normal workday.

In the sweep width prediction study, data were collected both in an operational environment (on board Type 300 and Type 500 CCG SAR vessels) and in a full bridge simulator (Centre for Marine Simulation, St. John's, Nfld). To determine the component processes used to complete their tasks and to select appropriate experimental measures, an initial task analysis was performed to evaluate the bridge and engineering watchkeepers. The main experiments took advantage of the realistic vessel motion and high fidelity visual environment provided by the bridge simulator. Human performance data were evaluated to assess the effects of time on watch (up to 12 hours), vessel motion, and fatigue, the interaction of motion and fatigue, and the effect of visibility and target type on target detection.

When data were normalized to a control condition, both the subjective workload (from the NASA TLX) and the alertness fatigue inventory indicated that fatigue (induced by 24 hours sleep deprivation prior to the start of a 12-hour watch) had a greater effect than the high motion environment (approximately Sea State 6 on the Beaufort Scale).

The target detection data are being analysed with respect to motion, fatigue, visibility, and sea state to help the CCG validate or modify the current search strategies outlined in the National SAR manual. To date, the probability of detection (POD) curves support the subjective data, which indicate that fatigue plays a more important role in performance degradation than high motion.

As a natural follow-up to the those studies, the CCG has contracted BC Research to develop a fatigue awareness booklet to address the following objectives:

- To raise awareness of the fundamental issues around enhancing alertness and reducing fatigue in Coast Guard operations
- To provide current knowledge concerning the fundamental causes of fatigue
- To examine the important consequences of fatigue and reduced alertness
- To define the symptoms of fatigue in operational settings
- To provide well-recognized strategies and practical tools to manage fatigue better at a personal and organizational level
- To provide strategies to improve family and social relationships for marine personnel
- To suggest strategies to manage fatigue in Coast Guard operations

The booklet is designed for easy portability by all crew members. We expect to deliver the final product early in 1999.



## SOMMAIRE

BC Research appuie les efforts déployés par la GCC dans le domaine de la gestion de la fatigue en participant à trois projets :

- Une étude sur les affectations prolongées en mer aux fins des opérations de déglacage de la GCC dans l'Arctique. Gestionnaire de projet, GCC : M. Philip Murdock
- Prédiction de la largeur de balayage – Simulation (ou Effets du mouvement du navire sur la détection de cibles lors d'opérations de recherche-sauvetage en mer). Gestionnaire de projet, GCC : M. Mike Voigt
- Brochure sur la fatigue et la gestion du sommeil. Gestionnaire de projet, GCC : M. Philip Murdock

L'ensemble de ces projets vise à évaluer et à optimiser la performance des équipages affectés aux opérations en mer de la GCC, et à sensibiliser ceux-ci à l'importance et aux conséquences de la fatigue. Comme aucune de ces études n'est encore achevée, le présent exposé porte forcément sur des données incomplètes.

Les deux premiers projets consistaient à prendre des mesures objectives et subjectives des performances d'ingénieurs-mécaniciens et d'officiers de quart. Parmi les variables mesurées, mentionnons le niveau de fatigue, la vigilance, la durée et la qualité du sommeil obtenu, les performances cognitives et psychomotrices, et le bien-être sociopsychologique. Afin d'être en mesure d'interpréter les données, les chercheurs ont examiné les résultats de toutes les mesures effectuées, dans le but de dégager des modèles stables de modification des paramètres, et des effets convergents. Il y a un facteur important que l'étude sur les brise-glaces n'a pu contrôler, soit le fait qu'en juillet et août, il fait jour 24 heures sur 24 dans l'Arctique, ce qui peut avoir d'autres influences sur la fatigue et le rythme circadien.

L'étude n'a fait ressortir que des indicateurs subtils d'un effet négatif de la fatigue, lorsque la durée de l'affectation était portée à 42 jours. À bord d'un des navires, un commandant a signalé avoir noté une augmentation de la fatigue de l'équipage, sans augmentation proportionnelle de la charge de travail. Une augmentation du stress, attribuable à l'horaire de travail, a été notée chez les équipes de quart. De plus, une plus grande apathie et davantage de bâillements et de maux de tête ont été signalés, ces phénomènes s'accroissant surtout à partir du milieu du cycle de travail.

Rien, dans les résultats, n'a permis d'établir avec certitude la supériorité d'un horaire (horaires «six-six», «quatre-huit» et «douze-douze») par rapport à un autre. Toutefois, seul l'horaire «douze-douze» permettait aux membres d'équipage d'obtenir une période de sommeil ininterrompue. Les données sur le sommeil ont révélé que tous les membres d'équipage ont pu maintenir les mêmes habitudes, quant au sommeil et aux siestes, pendant toute la durée de leur affectation. Mais une précaution s'impose : lorsque le travail physique est très intense, l'horaire «douze-douze» pourrait se révéler trop exigeant physiquement, à la longue. Tout indique qu'en deçà de huit heures de sommeil par nuit, la performance diminue, et on n'a pas encore réussi à bien cerner dans quelle mesure la sieste permet de compenser la perte de sommeil.

Dans un questionnaire sur leur état de fatigue et de vigilance, les membres d'équipage ont indiqué qu'ils avaient plus de difficulté à dormir et à se réveiller lorsqu'ils sont en mer que lorsqu'ils sont en congé chez eux. Voilà qui peut les avoir incités à se déclarer ensuite peu vigilants, mais plutôt somnolents et fatigués au travail, éprouvant passablement de fatigue mentale et physique à la fin d'une journée normale de travail.

Dans l'étude sur la prédiction de la largeur de balayage, des données ont été colligées dans un milieu opérationnel (à bord de navires de recherche-sauvetage de type 300 et de type 500 de la GCC) et dans le simulateur de passerelle en vraie grandeur du Centre de simulation marine de St. John's, Terre-Neuve. Pour déterminer les divers processus mis en oeuvre par les ingénieurs-mécaniciens et les officiers de quart pour mener à bien leurs tâches, et pour sélectionner en conséquence les paramètres à mesurer, une analyse des tâches a d'abord été effectuée. Les principales expériences ont mis à profit la capacité du simulateur de simuler de façon très réaliste les mouvements du navire et l'environnement visuel. Les données sur les performances ont été colligées de façon à permettre d'évaluer les effets de la durée du quart de travail (jusqu'à 12 heures), des mouvements du navire, de la fatigue (et de l'interaction entre ces deux derniers facteurs), du degré de visibilité et du type de cible sur la détection des cibles.

Une fois les données normalisées par rapport à une condition témoin, tant la mesure de la charge de travail subjective (d'après le questionnaire NASA TLX) que les résultats de l'inventaire sur la vigilance et la fatigue ont indiqué que la fatigue (induite par une privation de sommeil de 24 heures avant le début d'un quart de travail de 12 heures) exerçait une influence plus forte que les mouvements du navire (états de mer d'environ 6 sur l'échelle de Beaufort) sur la détection des cibles.

Les données de détection des cibles sont présentement analysées par rapport aux mouvements du navire, à la fatigue, au degré de visibilité et à l'état de mer, de façon à aider la GCC à valider ou à modifier ses stratégies actuelles de recherche-sauvetage, énoncées dans le Manuel national de recherche et de sauvetage. À ce jour, les courbes de probabilité de détection (PD) appuient les données subjectives, selon lesquelles la fatigue joue un rôle plus important que les mouvements du navire sur la dégradation de la performance.

Comme suite naturelle aux études ci-dessus, la GCC a demandé à BC Research Inc. d'élaborer une brochure de sensibilisation à la fatigue, laquelle devra répondre aux objectifs suivants :

- Sensibiliser le lecteur à l'importance de hausser le degré de vigilance et d'atténuer la fatigue du personnel affecté aux opérations de la Garde côtière.
- Faire un survol de l'état des connaissances concernant les causes profondes de la fatigue.
- Passer en revue les conséquences potentiellement graves de la fatigue et de l'hypovigilance.
- Définir les symptômes de la fatigue dans des situations de service réel.
- Proposer des stratégies et mesures reconnues comme efficaces pour mieux lutter contre la fatigue, aux niveaux personnel et organisationnel.
- Offrir des stratégies pour améliorer les relations familiales et sociales du personnel maritime.
- Suggérer des stratégies anti-fatigue applicables aux opérations de la Garde côtière.

La brochure sera conçue pour que tous les membres d'équipage puissent la porter sur eux. Nous prévoyons livrer le produit final au début de 1999.

## ***Fatigue in Canadian Coast Guard Operations***



**BC Research Inc.  
3650 Wesbrook Mall, Vancouver, BC, V6S 2L2  
October 15/16, 1998**

### ***BC Research Inc.***

- **Extended crewing in Arctic icebreaking**
- **Effect of fatigue and motion on target detection (SAR and sweep width)**
- **Fatigue awareness and sleep management training**

## *Extended Crewing & Fatigue and Motion*

- Bridge and engineering watchkeepers
- Level of fatigue
- Alertness
- Sleep duration and quality
- Cognitive and psychomotor performance
- Sociopsychological well-being

## *Extended Crewing*

- 3 years (1996 - 1998)
- 28-day vs 42-day crewing periods
- 6&6, 4&8 and 12&12 watch schedules
- Eastern & Western Arctic

## *Effect of 42-day Cycle*

- Increase in crew fatigue without proportional increase in workload
- Increase in watchkeeper's stress caused by work scheduling
- Higher ratings of apathy, yawning, and headaches late in crewing cycle
- Greatest increases between mid to late in crewing cycle

## *Which Watch is Superior?*

	6&6 (HL)	4&8 (PR)	12&12 (SWL&PR)	12&12 (HL)
Group Dynamics & Morale	X		X	X
Mood	X		X	X
Symptoms	X	X	X	
Mental Performance		X	X	
Subjective Fatigue (M&P)				
Response to Stress	X	X	X	
Workload	X			
Sleep			X	X

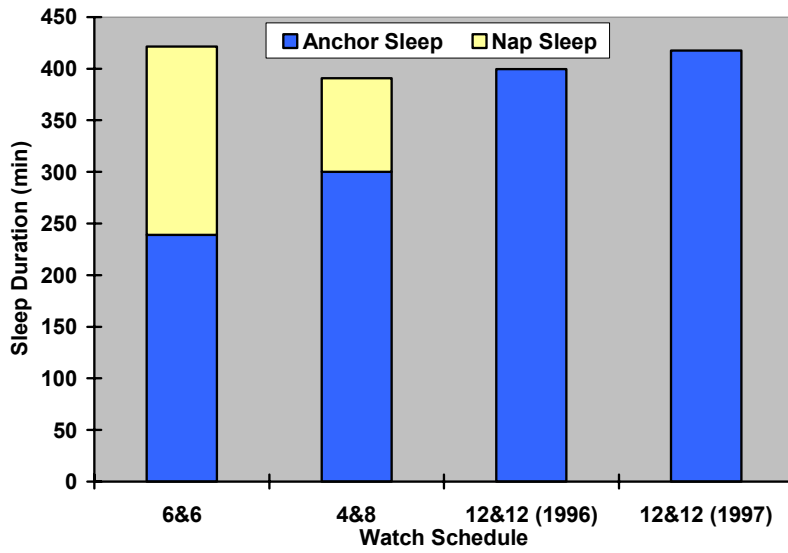
***Fatigue and Alertness History  
During a 42-day crewing period (1997)***

- 17% - Less than alert during work**
- 41% - Sleepy at work two or three times a week**
- 88% - Tired at work one or more times per week**
- 41% - Quite mentally and physically tired at end of normal workday**

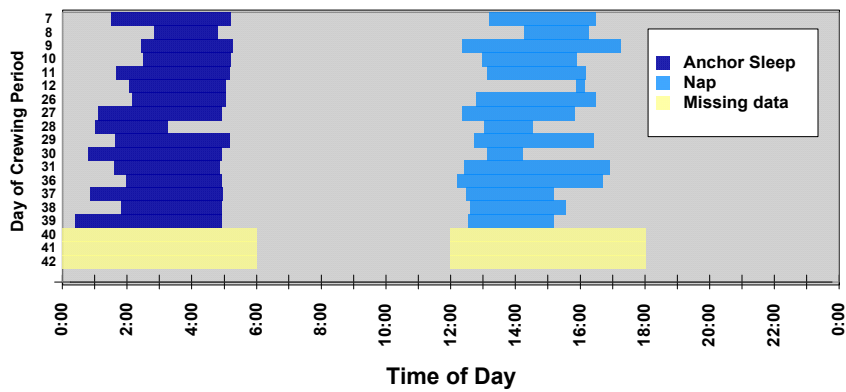
***Fatigue and Alertness History***

	At Sea	At Home
Difficulty waking up	20%	0%
Less than enough sleep	38%	5%
Less than 8 hrs sleep	67%	21%

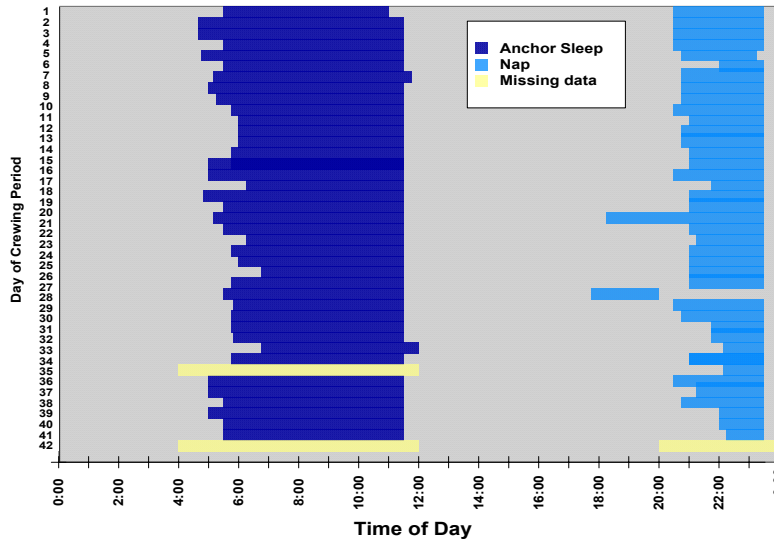
### Sleep Duration



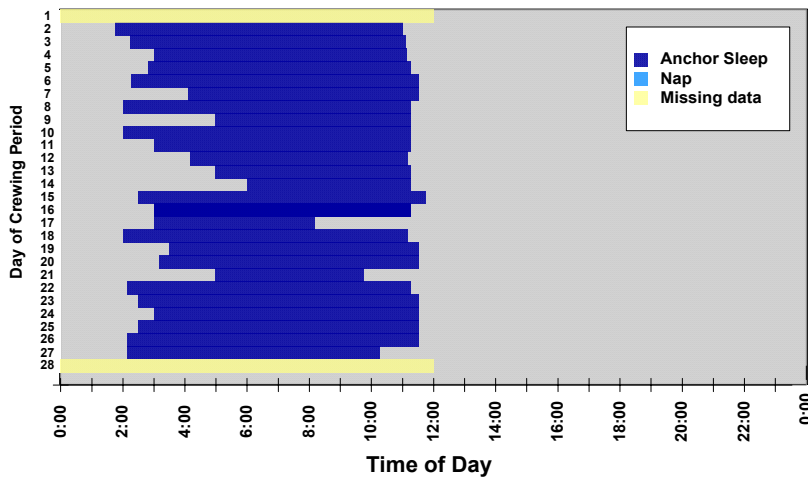
### Sleep Pattern: 6&6 Day Watch



### Sleep Pattern: 4&8 Night Watch



### Sleep Pattern: 12&12 Day Watch





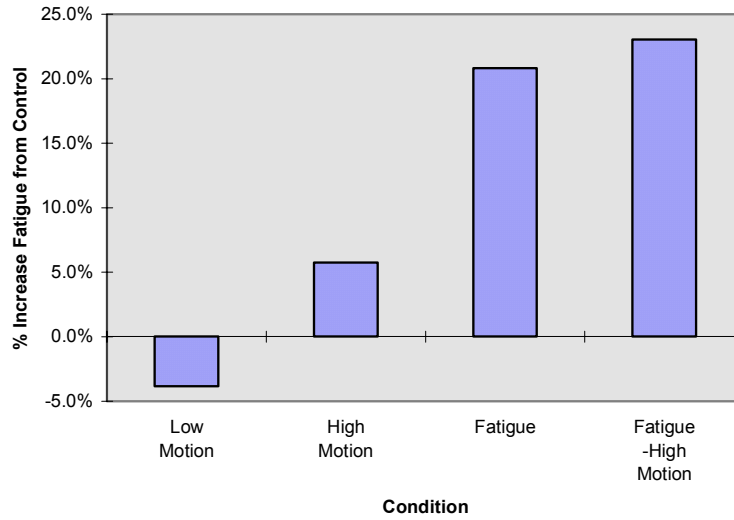
## ***Fatigue and Motion: Simulator Study to Examine Effects on Sweep Width Prediction in SAR***

- Effect of time on watch
- Effect of vessel motion and fatigue
- Interaction of motion and fatigue
- Effect of visibility
- Effect of target type

## ***Subjective Workload***

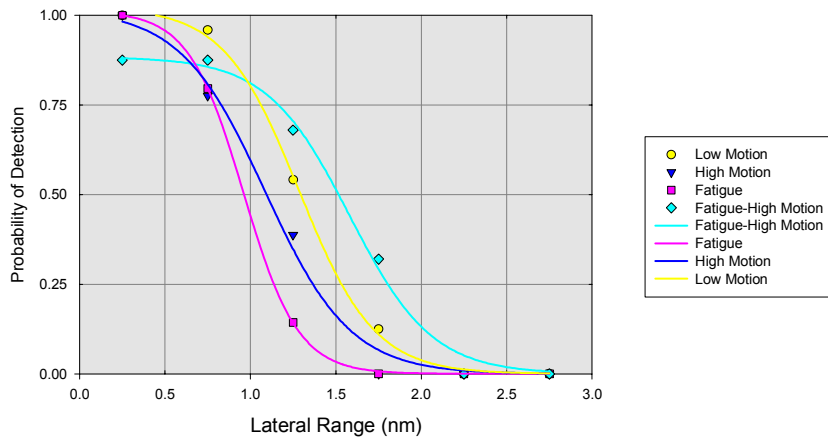


## Alertness Fatigue Inventory



## Probability of Detection (POD): Motion/Fatigue

Liferafts/Deadreds - Low Visibility



## *Target Detection*

- **Effect of time on watch**
  - Minor effect with time on watch (AFI)
  
- **Effect of motion and fatigue**
  - Performance is more influenced by fatigue than motion
  - Motion seems to counteract the effects of fatigue on performance
  - Fatigue-high motion worst by subjective rating

## *Objectives of Fatigue Awareness Training*

- Awareness of alertness and fatigue
- Advantages and disadvantages of extended watch and crewing operations
- Current knowledge of causes of fatigue
- Consequences of fatigue and reduced alertness
- Symptoms of fatigue in operational settings
- Strategies and tools to manage fatigue (personal and org)
- Strategies to improve family and social relationships
- New strategies to manage fatigue in CCG operations



---

## Pilot Fatigue

**Jack Woods**

Air Canada Pilots Association  
Winnipeg, Manitoba

### SUMMARY

As the causes and effects of fatigue were so expertly covered by previous presentations we decided to present the problems of fatigue as they affect airline pilots in Canada.

We found it very interesting to learn that a vast amount of research has been done in this country regarding fatigue countermeasures, which seems to have been embraced by other facets of the transport industry, rail, marine, and trucking, while very little – basically nothing – has been done relating to air transport.

Let's review some of the causes of fatigue that have been brought up by previous speakers and look at a typical overseas pairing departing Western Canada:

1. window of circadian low (WOCL)
2. sleep deprivation
3. sleep debit
4. rotating work schedule
5. effect of light
6. nourishment disorders
7. jet-lag – cumulative effect
8. age – all the captains flying these schedules are over forty

As we look at this pairing (see slide) we see the crew arrives in YYC at 1510 local, 1710 yz time. The crew then has to be able to get some sleep to recover from the day's work, get up in the morning, and somehow prepare to leave YC at 2000 (2200 body time) and fly all night to Frankfurt, arriving there at 0720 body time. The biggest problem we have is trying to get adequate – or for that matter any – useful rest prior to the overseas leg. It's hit or miss. You stand as good a chance of getting little or no sleep as you do of getting a good rest, given that it is the middle of the day in a busy hotel.

Another point that was brought up yesterday is that research has shown that after 24 hours of continuous wakefulness, performance decreases to a level equivalent to a blood alcohol level of 0.10%. Rather startling numbers when you consider that there is a good chance you now have someone landing a 200-ton airplane who shouldn't even be driving a car.

The worst of it is that this type of operation is deemed to be perfectly acceptable by Air Canada and our regulatory authority. We have been trying to get this type of flying changed, but only with very limited success. The easiest way to accomplish this is with the use of a relief pilot – an extra pilot on

board to give the other two pilots a break when necessary. We even went so far as to create a special position manned by new-hire pilots at a much lower wage level than regular first officers to lessen the financial impact on the company, but this had little impact. Our company just doesn't want to believe that pilots can become fatigued due to no fault of their own.

Carriers in most other countries don't have this problem, as they have much more stringent regulations regarding flight duty time and hours of operation. They simply can't and don't do it.

Within our airline, economics has become the fundamental enemy for fatigue countermeasures. Since the advent of deregulation, Air Canada has become ever increasingly focussed on the economic bottom line. This myopic vision has left the battle for countermeasures squarely on the shoulders of the pilot group, and the battlefield is the negotiating table. We now have to buy certain safety items in our contract and fatigue countermeasures is one of them. The reason for this is simple. Some members of our management do not recognize fatigue as a potential threat. This has been made abundantly clear to us. Even after agreeing to provide relief pilots on certain flights that had been identified by a joint company/union committee, management threatened one of our senior captains who demanded the agreed-to augmentation after the company unilaterally withdrew it.

With this type of management attitude, the only method of ensuring effective countermeasures is through legislation enforced by the MOT. Such measures are already in place in most countries.

## **SOMMAIRE**

Les exposés précédents ont traité de façon tellement experte des causes et des effets de la fatigue que nous avons décidé d'aborder les problèmes que pose la fatigue aux pilotes de ligne, au Canada.

Nous avons trouvé très intéressant d'apprendre que de vastes recherches ont été réalisées au Canada concernant les contre-mesures à la fatigue. Les résultats de ces recherches semblent avoir été favorablement accueillis par divers secteurs de l'industrie des transports (le transport ferroviaire, le transport maritime, le camionnage), mais tout, ou presque, reste à faire dans le secteur du transport aérien.

Revoyons donc certaines des causes auxquelles a été imputée la fatigue par les conférenciers précédents et examinons le cas d'un cycle de travail outre-mer normal, dont le point de départ est un aéroport de l'Ouest du Canada :

1. heures de travail coïncidant avec le creux circadien;
2. privation de sommeil;
3. déficit de sommeil;
4. horaire de travail tournant;
5. effet de la lumière;
6. mauvaise alimentation;
7. décalage horaire – effet cumulatif;
8. âge – tous les capitaines affectés à ce type d'horaire ont plus de 40 ans.

Examinons le cycle de travail représenté sur la diapositive; nous voyons que l'équipage arrive à Calgary à 15 h 10, heure locale, ou 17 h 10, heure de Toronto. L'équipage doit alors pouvoir dormir pour éliminer la fatigue résultant de sa journée de travail, se lever le matin, et être prêt à décoller de Calgary à 20 h (22 h, heure biologique) pour voler toute la nuit et atteindre Francfort à 7 h 20, heure biologique. Notre plus grand problème est d'arriver à dormir suffisamment – ou à dormir un tant soit peu – avant d'entreprendre la portion de vol outre-mer. C'est un coup de dés : vous avez autant de chances de dormir un peu, voire pas du tout, que de bien vous reposer; c'est que vous vous trouvez en plein jour dans un hôtel qui bourdonne d'activité.

Autre question intéressante soulevée hier, les recherches ont révélé que les performances d'une personne qui est privée de sommeil depuis 24 heures sont équivalentes à celles d'une personne dont le taux d'alcoolémie est de 0,10 %. Chiffres plutôt ahurissants, lorsqu'on pense qu'il y a des bonnes chances que la personne qui est aux commandes d'un avion de 200 tonnes à l'atterrissage ne serait même pas habilitée à conduire une voiture!

Le pire est que ce type de cycle de vols est jugé parfaitement acceptable par Air Canada et par nos autorités réglementaires. Nos tentatives pour modifier ce type d'horaire n'ont connu qu'un succès mitigé. La façon la plus facile de pallier ces situations est de recourir à un pilote de relève – un pilote supplémentaire présent à bord pour permettre aux deux autres pilotes de prendre des pauses au besoin. Nous sommes allés jusqu'à créer un poste spécial qui devait être confié aux pilotes nouvellement embauchés, dont la rémunération est beaucoup moindre que celle d'un commandant en second possédant plus d'ancienneté, afin d'alléger le fardeau financier d'une telle mesure pour la compagnie; mais cela n'a pas réussi à infléchir notre employeur. Il ne veut tout simplement pas croire que les pilotes peuvent être fatigués, sans que ce soit leur faute.

Peu de transporteurs étrangers sont aux prises avec ce problème, car ils sont régis par des règles beaucoup plus sévères en ce qui concerne les heures de vol et les heures de service. Ils ne peuvent tout simplement pas y déroger et ils s'en gardent bien.

À Air Canada, les impératifs économiques représentent l'obstacle majeur à la mise en place de contre-mesures à la fatigue. Depuis la déréglementation, la société porte une attention de plus en plus soutenue aux enjeux économiques. Cette politique à courte vue fait qu'il incombe au groupe des pilotes de livrer seul la bataille des contre-mesures à la fatigue; et le champ de bataille est la table de négociations. Ainsi, nous devons maintenant nous battre pour faire inscrire dans notre convention collective des dispositions qui ont trait à la sécurité, et les contre-mesures à la fatigue font partie de ces dispositions. La raison est fort simple. Certains membres de la direction refusent de reconnaître que la fatigue peut constituer une menace. Cela nous a été clairement démontré. Même après avoir accepté d'affecter des pilotes de relève à certains vols, dont la liste avait été dressée par un comité mixte patronal-syndical, la direction a fait des menaces à un de nos commandants de bord ayant le plus d'ancienneté, parce qu'il exigeait la présence d'un membre d'équipage supplémentaire, tel qu'il avait été convenu; or, l'employeur venait de mettre fin unilatéralement à cette entente.

Avec ce genre d'attitude de la part de la direction, la réglementation du ministère des Transports est la seule façon dont on pourra s'assurer de la mise en application de contre-mesures efficaces à la fatigue. De telles dispositions réglementaires existent déjà dans la plupart des pays.





### Example pairing for YYZ 767

#### FLT

402	YYZ	0800	YUL	0906
109	YUL	1100	YYZ	1210
121	YYZ	1310	YYC	1510 (1710 YYZ TIME)
			Duty Day	10:40
			Layover yyc	25:10
844	YYC	2000	FRA	1320 (0720 YYZ TIME)
			Layover fra	22:10
873	FRA	1300	YYZ	1525
			Duty Day	9:55



---

# Effects of 12-Hour Rotating Work Schedules on the Health and Safety of Refinery Operators

M.A. Bourdouxhe, D. Granger, R.H. Baril, M. Levy, P.R. Massicotte, and F.L. Lemay  
Occupational Health and Safety Research Institute (IRSST)  
Montreal, Quebec

Y. Quéinnec  
Work and Cognition Laboratory, UMR 5551-CNRS, University of Toulouse  
Toulouse, France

S.C. Guertin  
Ergo-Norme, inc.  
St-Ignace-de-Loyola, Quebec

## SUMMARY

### Objectives

This paper summarizes some results of intervention-oriented research conducted at the request of management and labour in a Canadian refinery where operators have been working rotating 12-hour shifts for the last 20 years. The goal of the study was to investigate the effects of shiftwork, identify the advantages and disadvantages of this type of schedule, and evaluate the need for change.

### Methods

A convergent approach was adopted, based on the following sources of data: chrono-ergonomic observation; task analysis; questionnaires administered to operators and their spouses; interviews with former operators and supervisors; review of medical, mortality, absenteeism, occupational accidents, and serious incidents records; and comparison of real and official work schedules. Descriptive statistics and qualitative analyses were used. The final assessment was oriented along seven axes, in keeping with the theoretical model: recognition of the unique nature of shiftwork, health, sleep and fatigue, workload, social and family life, job satisfaction, and safety/reliability.

### Results

The most pressing problems were not those expected at the outset of the study. Aside from schedule-related problems, the primary problems were inadequate staffing and excessive workload, especially during day shifts. These two factors not only affect schedules, by increasing overtime and reducing prescribed rest periods, but also have repercussions on system reliability and operator fatigue and safety. This does not mean that the schedule itself is risk-free. The most obvious disadvantages to 12-hour shifts were chronic fatigue, impaired recovery, and sleep disorders. A constellation of symptoms known as "the shiftworker syndrome" (digestive,

cardiovascular, and psychological disorders) was also observed. Moreover, work schedules and fatigue had unfavourable effects on work itself, which in turn impaired safety and reliability. By desynchronizing operators with their surroundings, the work schedule also disrupted family and social life, especially for those with working spouses and children between 6 and 12 years old.

The health of current shiftworkers has declined with age, of course, but less so than that of former shiftworkers or maintenance personnel never having worked shifts. On average, 40 percent more diseases were diagnosed among former shiftworkers than among current shiftworkers, with this excess largest among older workers. This should not, however, be interpreted as indicating that rotating 12-hour shifts are good for one's health. Because of a selection bias known as the "healthy worker effect", the effects of work schedules were most noticeable among workers having prematurely left shiftwork, consistent with reports in the literature.

Surprisingly, among current shiftworkers, health problems were the only diagnostic dimension to differ significantly between older and younger workers. Regardless of the source of data, no significant differences were observed between age groups with regard to sleep, fatigue, workload, accidents, work satisfaction, and social and family life. Thus, in this study, age and duration of exposure did not appear to be significant variables among current shiftworkers. Among former shiftworkers, in contrast, age exerted a large effect. Analysis of medical records and interviews revealed that former shiftworkers found shiftwork intolerable as they got older.

The main advantages associated with changing to permanent day work, apart from improved sleep and conjugal relations, were related to aging. Former shiftworkers described it thus: "As we get older, the normal day shift is better for our health than shiftwork", and "As we get older, the workload is easier to bear on regular day jobs than on shiftwork".

## **Discussion**

The results illustrate the difficulty of dissociating the effects of work schedule, age, and workload. The final assessment also highlights the effects of workload and schedule on health, sleep, fatigue, safety, work, and private life. The limitations placed on the size and replacement rate of the workforce, the elimination of reassignment of aging workers to day shifts, and the five-year delay of the retirement age have prevented the selection process, "the healthy worker effect" from playing its protective role. It is highly probable that older operators still active in five to ten years will present health deteriorations. The issues of overtime, understaffing, and the aging of operators should be discussed within the company.

## **Conclusions and recommendations**

Operators and their social circle like the schedule, because of the abundant free time and high salary it affords. However, the problems identified and the desire for change are so significant that it would be appropriate to consider modifying the schedule. To facilitate the planning of work schedules, 23 practical guides covering time management and shift organization, personnel management, and task organization have been developed. Several measures minimize the exposure of older workers to the hazards of shiftwork.

## **SOMMAIRE**

### **Objectifs**

Ce rapport présente certains des résultats d'une recherche axée sur l'intervention menée à la demande de la direction et du syndicat d'une raffinerie canadienne dans laquelle les travailleurs sont soumis depuis 20 ans à des quarts alternatifs de 12 heures. Le but de l'étude était d'examiner les effets du travail par postes, de cerner les avantages et les inconvénients de ce régime de travail, et d'évaluer la nécessité d'y apporter des changements.

### **Méthodes**

Les chercheurs ont adopté une démarche convergente qui s'appuyait sur les sources de données suivantes : observation chrono-ergonomique; analyse des tâches; administration de questionnaires aux opérateurs et à leurs conjointes; entrevues avec des ex-opérateurs et des ex-surveillants; examen des dossiers médicaux, des dossiers de décès et d'absentéisme, et des comptes rendus d'accidents du travail et d'incidents graves; comparaison des horaires de travail réels et officiels. Des méthodes de statistique descriptive et d'analyse qualitative ont été utilisées. L'évaluation définitive s'est faite selon sept axes, conformément au modèle théorique : reconnaissance du caractère particulier du travail par quarts; santé; sommeil et fatigue; charge de travail; vie sociale et vie familiale; satisfaction au travail; sécurité/fiabilité.

### **Résultats**

Les problèmes les plus aigus n'étaient pas ceux qui étaient soupçonnés au départ. En effet, outre les contraintes reliées aux horaires, les principales difficultés avaient trait au manque de personnel et à la surcharge de travail, surtout lors du travail diurne. En plus d'influer sur les horaires (accroissement des heures supplémentaires et raccourcissement des périodes de repos prescrites), ces problèmes ont des répercussions sur la fiabilité des systèmes, sur la fatigue des opérateurs et sur la sécurité de ces derniers. Cela sans compter les risques associés à l'horaire comme tel. Les inconvénients les plus évidents associés aux quarts de 12 heures sont la fatigue chronique, une récupération incomplète et les troubles du sommeil. On a également constaté un ensemble de symptômes, qualifié de «syndrome du travailleur posté» (troubles digestifs, maladies cardio-vasculaires et troubles psychologiques). De plus, les horaires de travail et la fatigue avaient des effets nocifs sur la tâche comme telle, lesquels se répercutaient à leur tour sur la sécurité et la fiabilité. En «désynchronisant» les opérateurs par rapport à leur entourage, l'horaire de travail entraînait également des perturbations sur la vie de famille et la vie sociale, en particulier chez ceux dont la conjointe était elle aussi sur le marché du travail et dont les enfants avaient de 6 à 12 ans.

La santé des travailleurs postés toujours en emploi a décliné avec l'âge, bien sûr, mais moins que celle des anciens travailleurs par postes ou des employés d'entretien qui n'ont jamais été soumis à ce régime de travail. On a diagnostiqué en moyenne 40 p. 100 de plus de maladies chez les anciens travailleurs par postes que chez les travailleurs par postes actuels, les écarts les plus importants ayant été enregistrés chez les travailleurs les plus âgés. Mais cela ne veut pas dire que des quarts rotatifs de 12 heures constituent un régime bénéfique pour la santé. C'est que, en raison d'un biais du processus de sélection, dit «effet du travailleur en bonne santé», c'est chez les travailleurs qui avaient abandonné

prématurément le travail par postes que les effets de l'horaire de travail étaient le plus perceptibles, ce qui coïncide avec les données de divers rapports sur le sujet.

De façon surprenante, parmi les travailleurs par postes actuels, les problèmes de santé étaient la seule variable par laquelle les travailleurs jeunes se démarquaient de façon significative des travailleurs âgés. En effet, peu importe la source des données, aucun écart significatif ne s'est dégagé entre les groupes d'âge aux chapitres du sommeil, de la fatigue, de la charge de travail, des accidents, de la satisfaction au travail, et de la vie familiale et sociale. Ainsi, dans la présente étude, ni l'âge ni l'ancienneté dans le travail par postes n'ont permis d'établir des comparaisons significatives entre les travailleurs postés actuels. À l'inverse, l'âge constituait une variable décisive chez les ex-travailleurs par postes. L'analyse des dossiers médicaux et des comptes rendus d'entrevues a en effet révélé que pour les ex-travailleurs par postes, ce régime de travail était devenu de plus en plus difficile à tolérer avec l'âge.

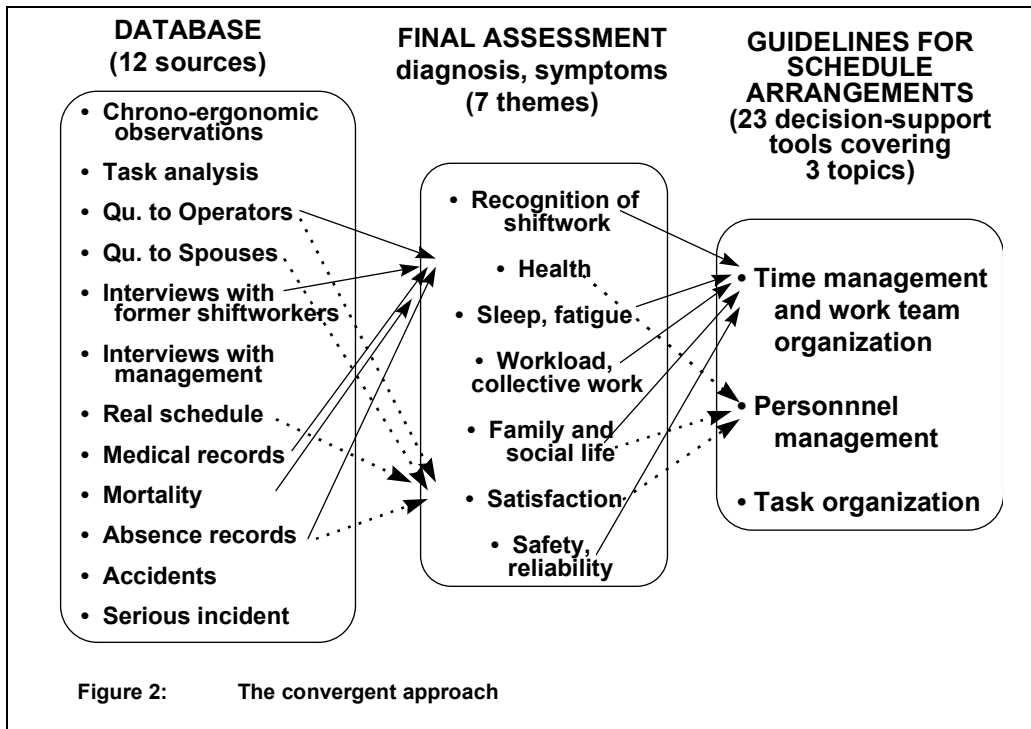
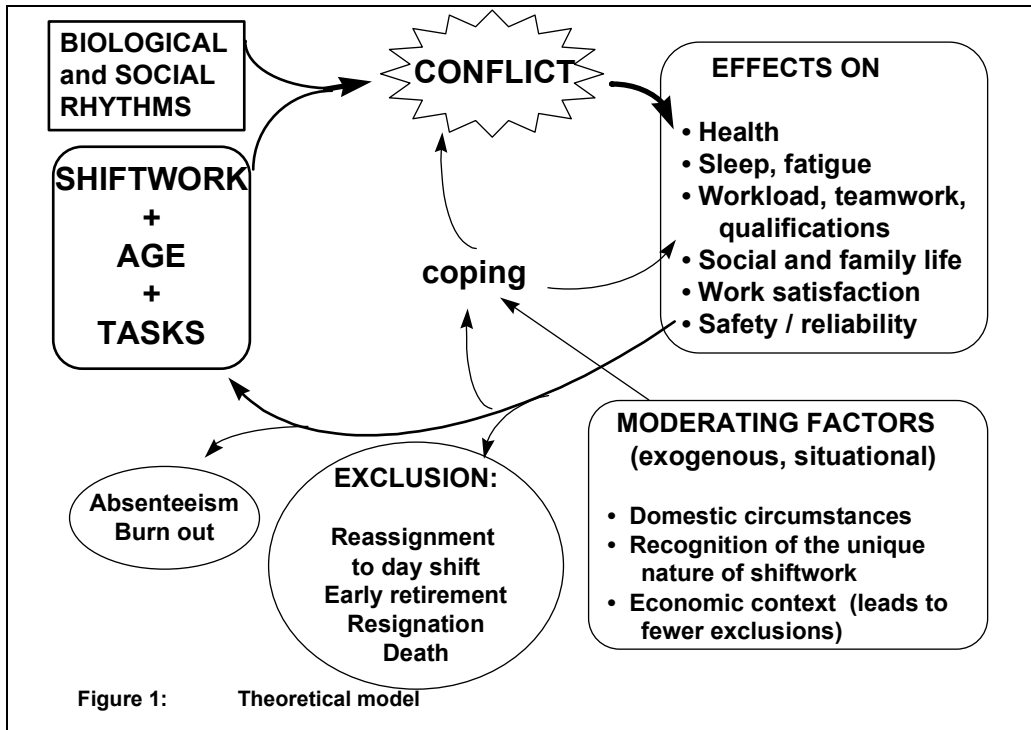
Les principaux avantages associés à la transition vers un horaire diurne permanent, outre une amélioration du sommeil et de meilleures relations conjugales, ont trait au vieillissement. Voici des commentaires éloquentes d'anciens travailleurs postés : «Lorsqu'on avance en âge, les horaires de jour normaux s'avèrent meilleurs pour la santé que le travail par postes» et «Quand on vieillit, la charge de travail est plus facile à absorber lorsqu'on est régulièrement affecté à un horaire de jour que lorsqu'on travaille par postes».

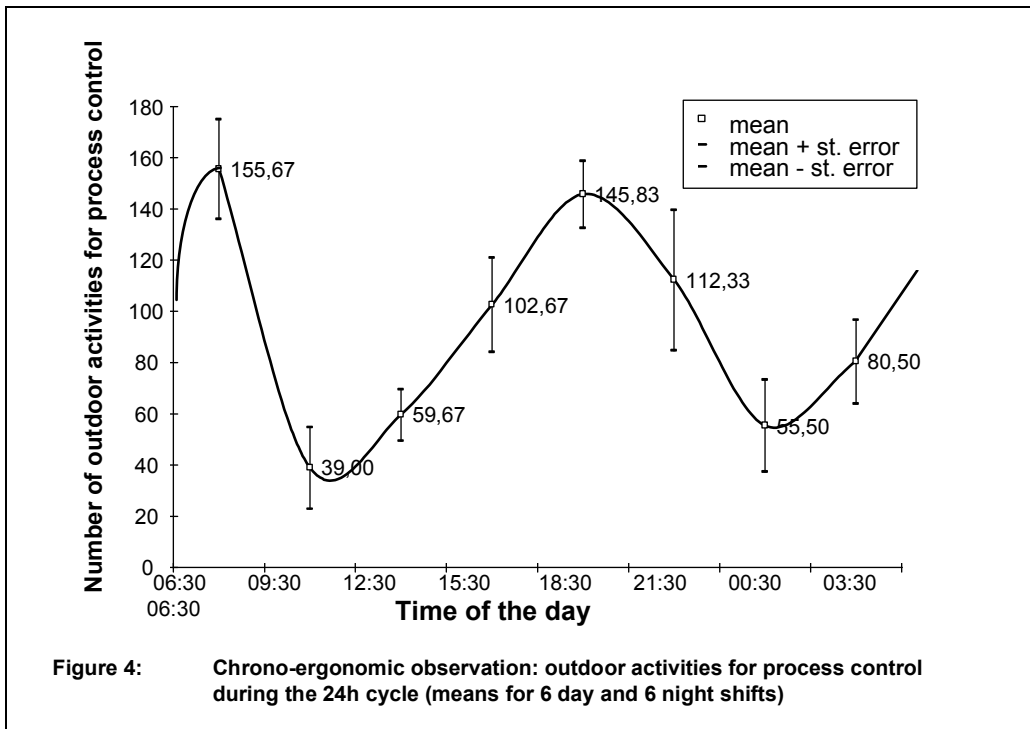
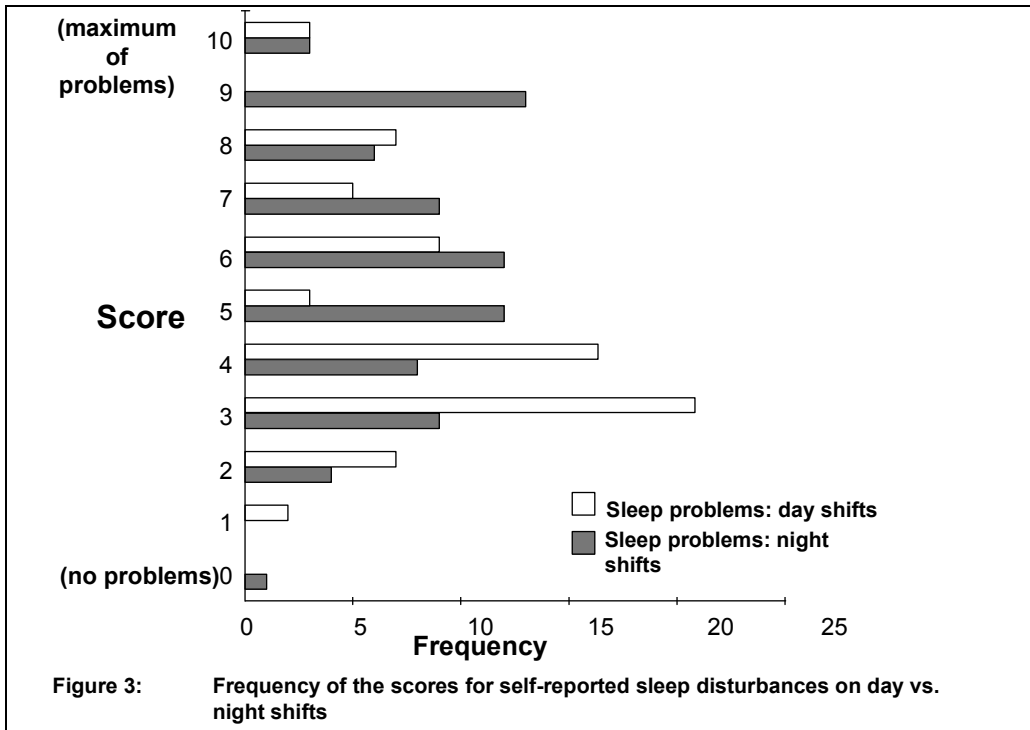
## **Discussion**

Les résultats de l'étude illustrent la difficulté de dissocier les effets de l'horaire de travail, de l'âge et de la charge de travail. L'évaluation définitive fait également ressortir les effets de la charge de travail et de l'horaire sur la santé, le sommeil, la fatigue, la sécurité, le travail et la vie privée. Les limites imposées à la taille et au taux de remplacement de la main-d'oeuvre, la mise à l'écart des travailleurs vieillissants ou leur réaffectation à des horaires de jour, et le report de cinq ans de l'âge de la retraite ont empêché le processus de sélection, ou «effet du travailleur en bonne santé» de jouer son rôle protecteur. Il y a fort à parier que l'on assistera, dans 5 à 10 ans, à une dégradation de la santé des opérateurs âgés qui seront encore actifs. Il est important que les questions des heures supplémentaires, du sous-effectif et du vieillissement des opérateurs soient discutées à l'intérieur de l'entreprise.

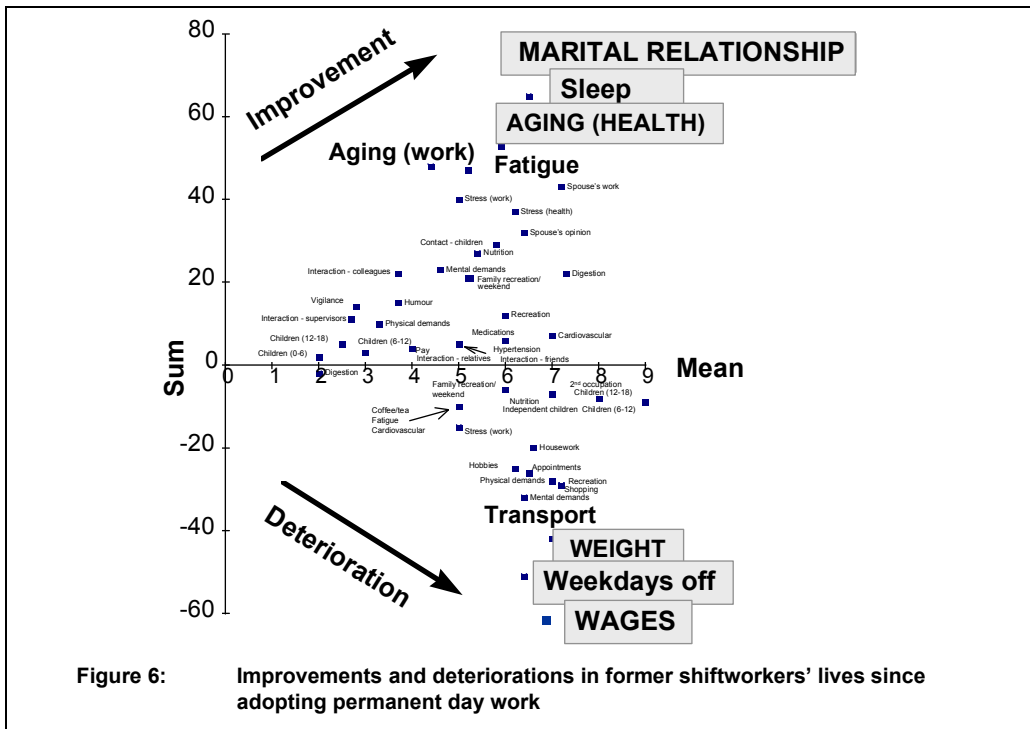
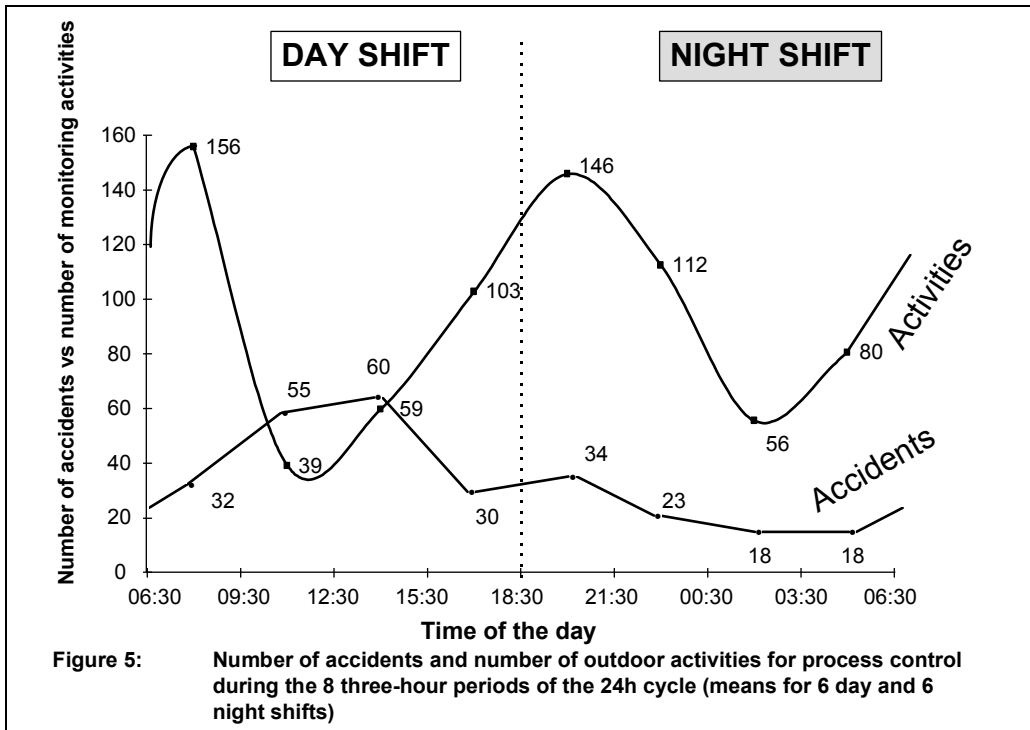
## **Conclusions et recommandations**

Les opérateurs et leur entourage apprécient le travail par postes, en raison du temps libre qu'il accorde et des salaires élevés qu'il commande. Toutefois, les problèmes mis au jour et le désir de changement sont suffisamment importants pour qu'il y ait lieu d'envisager de modifier ce régime. Pour faciliter la planification des horaires de travail, 23 recommandations pratiques touchant la gestion du temps et l'organisation des quarts de travail, la gestion du personnel et l'organisation des tâches ont été formulées. Plusieurs mesures ont pour effet de minimiser l'exposition des travailleurs âgés aux risques du travail par postes.









age at the last examination	FREQUENCY RATES (nb of pathologies <sup>(1)</sup> / nb of workers)			
	operator shiftworkers	maintenance former shiftworkers	maintenance no shiftwork	total
23-29	1,7	*	*	1,7
30-34	2,8	*	*	2,8
35-39	3,8	4,0	3,7	3,8
40-44	4,1	4,9	3,8	4,1
45-49	4,5	5,4	4,3	4,5
50-54	4,1	6,1	5,1	4,9
55-61	5,0	6,3	5,4	5,4
TOTAL	3,9	5,5	4,5	4,2

\* Missing data, or too few; <sup>(1)</sup>Total number of diagnoses found in each worker's records over all periodical examinations

Figure 7: Periodical medical examinations, 1984-1993. Frequency rates of diagnosed diseases, by age at the last examination: operators (current shiftworkers), former shiftworkers (current maintenance workers), and workers with no experience of shiftwork

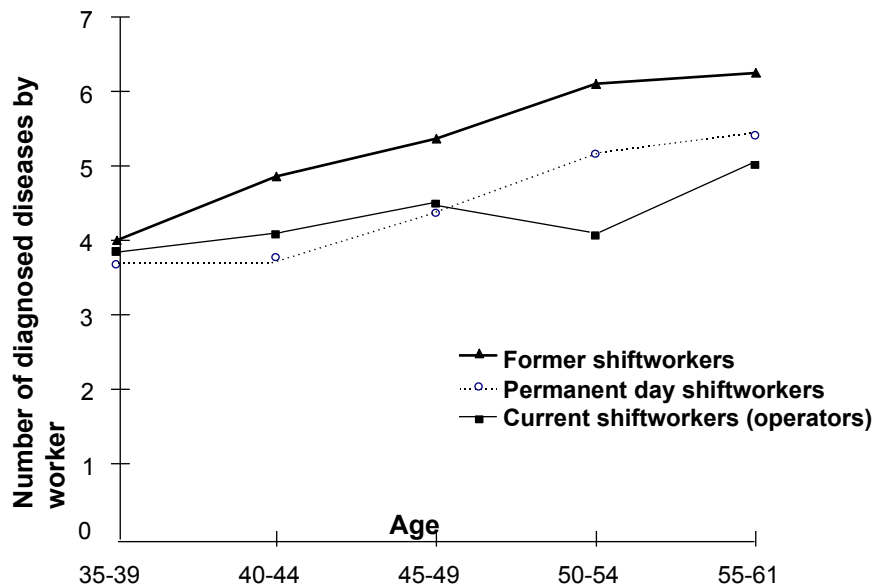
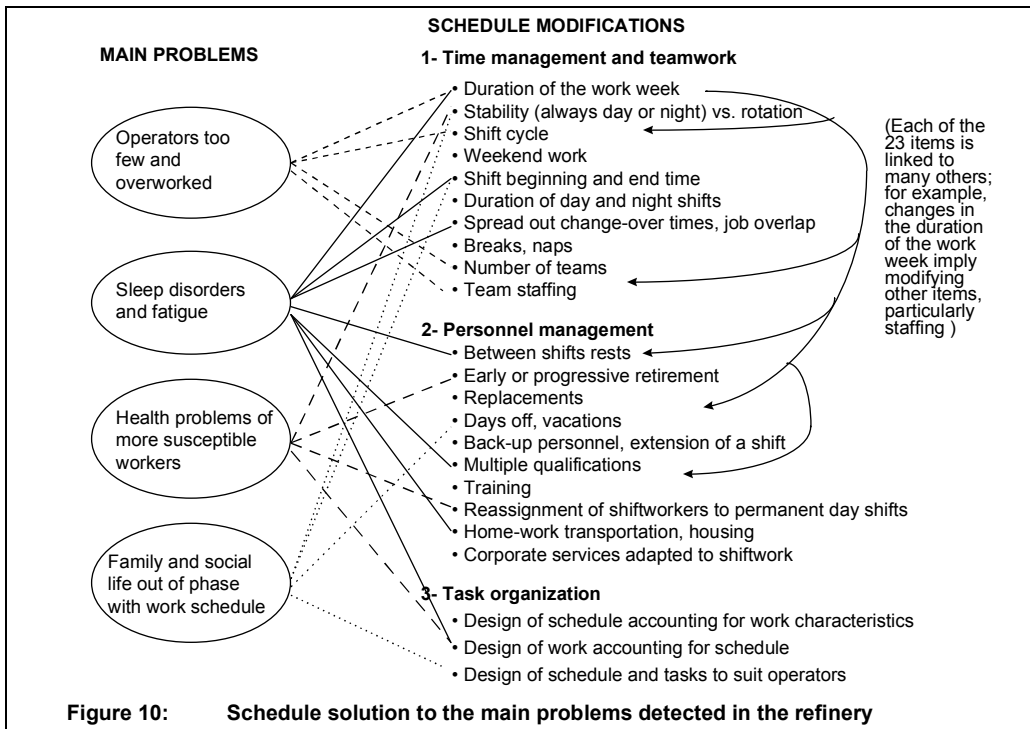
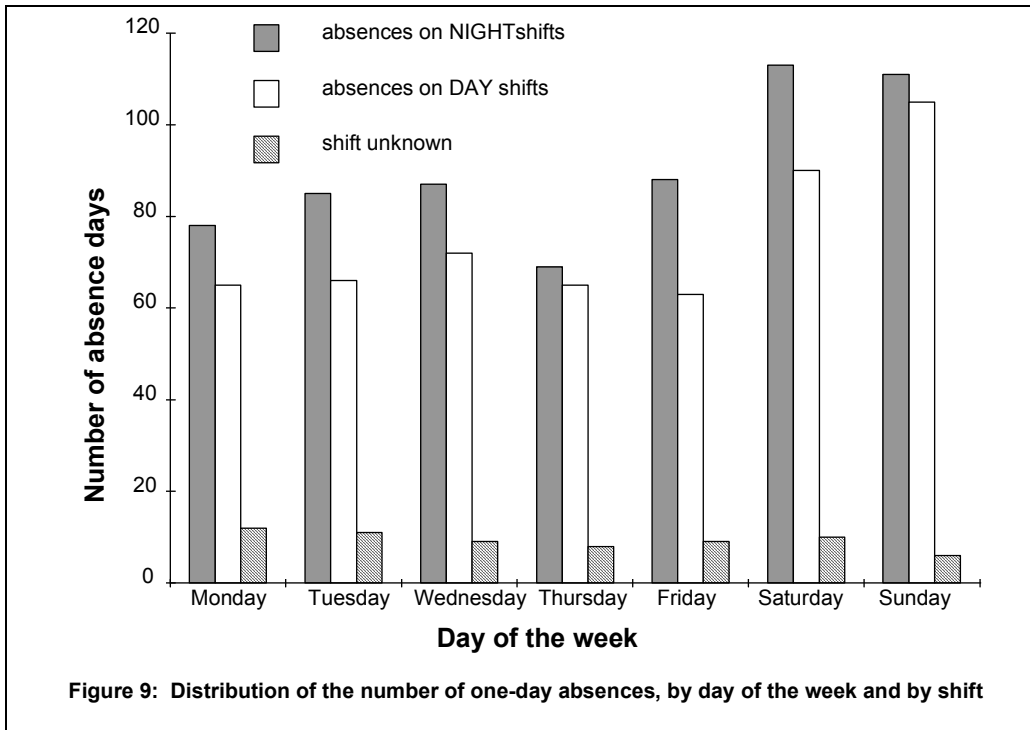


Figure 8: Number of diagnosed diseases per worker, by age groups: former shiftworkers, permanent day-shift workers, and current shiftworkers





---

## **Working Groups – Introduction**

Following the presentations, the workshop participants divided into four working groups. In parallel working sessions on fatigue countermeasures, participants discussed implementation strategies, evaluation techniques, and potential R&D initiatives. The fatigue countermeasures and management implementation issues addressed included:

- Fatigue's impact on operations
- High- and low-tech countermeasures available
- The process of countermeasure development
- Evaluation of the effectiveness of fatigue countermeasures
- Impediments to effective fatigue management
- Encouragement of buy-in by stakeholders
- Fitness-for-duty tests – What is their place in your operations? What are your requirements for a fitness-for-duty test?
- Gaps in current knowledge and R&D initiatives needed to fill them

The following reports, presented by the working group chairs, contain a number of recommendations now being considered by Transport Canada and other stakeholders.

## **Groupes de travail – Introduction**

Après les exposés, les participants à l'atelier ont formé quatre groupes qui ont abordé chacun différents sujets se rapportant aux contre-mesures à la fatigue : stratégies de mise en œuvre, techniques d'évaluation et axes potentiels de R&D. Voici quelques-uns des thèmes abordés :

- Effets de la fatigue sur les opérations
- Contre-mesures élémentaires et de haute technologie
- Processus d'élaboration des contre-mesures
- Évaluation de l'efficacité des contre-mesures à la fatigue
- Obstacles à une gestion efficace de la fatigue
- Incitation à l'engagement
- Tests de capacité au service – Quelle place ont-ils dans votre entreprise? Quelles sont les exigences en la matière?
- Trous dans les connaissances actuelles et travaux de R&D à entreprendre pour combler ces trous.

Les rapports qui suivent ont été soumis par les présidents des groupes de discussion. Ils contiennent des recommandations qui ont été transmises à Transports Canada et à d'autres intervenants pour examen.



# **Group 1 Report**

Moderator: Diane Boivin

## **Topics**

- R& D questions and issues
- Countermeasures issues
- Implementation issues
- Operational issues

## R & D Questions and Issues

- A concern of both management, workers, and unions
- Development of technologies suited to the task
- Do not replace education programs
- Do not replace good guidelines

## Countermeasures Issues

- Primary targets for education: workers, management, union, family
- Guidelines on total amount of work, duration of continuous work, rest periods, shift scheduling
- Regulations useful but must be flexible
- Cannot be generalized to all situations



## Countermeasures Issues (cont'd)

- Need a facilitator (e.g., Transport Canada)
- Improve communication of ideas
- Include human factors in the ISO 9000 norms (regular safety meetings, problems solved, ergonomics)

## Implementation Issues

- Impediments: money, culture, out-of-work
- Who bears the responsibility
  - management = fatigue management programs, education programs, appropriate staffing, sick days
  - individual = good life habits, good use of rest periods

## Operational Issues

- Consult regulatory associations to develop guidelines
- Industry's responsibility to develop guidelines
- Continue to collect data to update guidelines

## **Group 2 Report**

Moderator: S. Ling Suen

### **First Step – Back to Basics**

- Raise awareness (easier to do with large companies)
- Recognize modal differences (e.g., trucking industry has more diverse companies, therefore harder to reach with “new” ideas; may be better to use regulation to enhance risk reduction)
- How do we get “leaders” in each mode?

## Ways to Share Available Information

- TDC websites
- Regular conferences
- The issue affects **all** industries – transport is working in silos
- How do we include labour?
- Resource material – books/educational & training material

## Role of Government

- Does industry require government to “create” public pressure?
- Involve customer and safety groups

## Cultural Shift Required

- Companies need incentives to “invest” effort in managing fatigue
  - lower insurance costs
  - preferred carrier status
  - lower Compensation Board assessments
- Do we get this issue on the agenda of “corporate” groups (e.g., Canadian Chamber of Commerce)? Will that diffuse the fatigue issue and bury it forever?

## Cultural Shift Required (cont'd)

- We need feasible concrete recommendations:
  - conferences
  - public outreach through press coverage
  - annual forum to keep stakeholders up-to-date

## Impediments

- Good statistics on costs of fatigue in the workplace are not available, therefore difficult to create awareness and attract management attention
- Lack of trust between labour and management
- Perception that fatigue management will cost more – who pays?
  - labour wants present wage levels guaranteed
  - are consumers willing to pay more for services?

## Impediments (cont'd)

- No database available
  - need uniformity of accident reporting
  - TSB does not have jurisdiction over trucking
  - fatigue not recognized as a cause on accident reports

## Evaluate Effectiveness of Fatigue Countermeasures

- Need to measure pre/post results
- Need measurement tools that are less expensive than the “gold standard” tests
  - questionnaires that are good predictors (e.g., sleep disorders, etc.)
  - subjective tests
  - better and cheaper technological tools (high-tech tools must be validated)

## Evaluate Effectiveness of Fatigue Countermeasures (cont'd)

- Operational tools (e.g., event recorders) must be more widely implemented
- Problems with both low- and high-tech solutions
  - big brother watching
  - human rights
  - policy (e.g., firing workers sleeping on the job)
  - companies want “easy” solutions (simple answer for complex problems)

## Evaluate Effectiveness of Fatigue Countermeasures (cont'd)

- Do we need to distinguish between preventive and reactive measures?
- Countermeasures need to be adapted to situations
- Individual differences mean that “one size does not fit all” – countermeasure effectiveness will vary by individual/group/company/industry

## Issue

- Medical practitioners do not have enough information on fatigue and sleep disorders
  - physician education?
  - prescriptions?
  - sleep disorders and professional drivers?



## Recommendation

- Sleep disorder screening should be part of the medical examination for transportation professionals

## Fitness for Duty – Rail

- No “black box” available
- Difficult to apply
- Human rights implications
- Fitness at start of duty versus while on duty
- If black box says you are tired, what do you do about it?
- Operational constraints

## Recommendation

If black boxes are developed, personal decision making **may** be more acceptable than enforcing government regulation or company policy

## Motor Vehicles

- Recommendations
  - Make “drowsy driving” as unacceptable as “drunk driving”; this would spill over into commercial operations
  - Add educational material for all driver licensing processes (for both private and commercial vehicle operators)

## Processes to Recognize Fatigue Impacts

- Not usually available. Some ad hoc initiatives are under way, but the process is not yet formal and structured

## Recommendation

- Must precede process development with increased awareness, incorporating fatigue evaluation into the process of accident analysis

## What is Fatigue?

- Subjective versus objective manifestations of fatigue
- There is no good definition for fatigue

## Recommendations

- Develop a process to set up an operationally applicable (useful) definition
- Bring provincial regulators and enforcers into the discussion

## **Group 3 Report**

Moderator: Alex Vincent

### **Hours-of-Service Regulations**

- Compliance problem
- Industry lobby extremely powerful
- Acceptance of safety culture by personnel prerequisite

## Hours-of-Service Regulations (cont'd)

- Canada's regulations on all modes the most lax in the world
- Present HOS excessive
- Stricter regulations needed
- Stricter enforcement needed

## Fatigue Awareness Programs

- An intriguing alternative
- Equivalent to performance-based standard
- Industry required to submit to regulatory body for approval
- Worthy of pursuit

## Fitness for Duty Evaluation

- Human rights considerations an issue
- Employee and union reluctant to accept
- Self-monitoring technology needs to be developed, as a feedback tool
- Self-monitoring probably more acceptable

## Needs

- Cornerstone for fatigue management:  
technology, awareness, education/training
- R&D funds required for technology development
- Video on fatigue is effective for raising  
awareness and training
- TC Road Safety should lead on video production





# **Group 4 Report**

Moderator: Ron Heslegrave

## **Questions**

- Is correlation between fatigue and blood alcohol valid?
- How do we define acceptable risk?
- How do we enhance cross-modal cooperation?
- How do we effectively measure/quantify the cost-benefits of fatigue management?

## Questions (cont'd)

- How can safety-sensitive positions be differentiated within an industry?
- Are all positions safety-sensitive?  
(e.g., dispatchers, maintenance, techs)
- What is the relationship between vehicle size and risk?
- How do we get national/international consistency, particularly in surface transportation?

## Needs

- Development of tools and database for determining whether fatigue is contributor (multimodal, accident investigations)
- Means to evaluate/capture info on fatigue-related near misses, with positive consequences for all

## Impediments to Implementation

- Buy-in by labour and management (win/win)
- Economic concerns/cost-benefits
- Enforcement of conventional regulations
- Attitudes/ingrained culture/change in culture
- Determining **how much** fatigue is OK

## Fitness for Duty

- Cannot be viewed as punitive
- Identifying strengths/differences
- Only measures “fitness at start” of duty
- Legal challenges for HRC
- Area for inconsistency/abuse

## Recommendations

- Public education – need to reduce expectations of time and cost for speed
- Better education – for industry-relevant countermeasures
- Involvement of all parties within an organization to make changes effective/get buy-in/get SME input

## Recommendations (cont'd)

- Re aging
  - recognition of individual interests/capabilities/physiological limitations
  - acknowledgment of importance (and cost) of loss of experience in the workforce vs. tradeoff for younger, fresh skills

---

## Participants

### **Achakji, George**

Policy Regulation and Standards,  
Transport Canada  
Sr. Advisor & Sr. Researcher, Control  
Systems Technology  
Tel.: (613) 993-5981  
Fax: (613) 990-2921  
E-mail: achakjg@tc.gc.ca

### **Ackermans, Faye**

Safety & Regulatory Affairs, CPR  
General Manager  
Tel.: (403) 319-7222  
Fax: (403) 319-3630  
E-mail: Faye\_Ackermans@cpr.ca

### **Anderson, Don**

Brotherhood of Locomotive Engineers  
Vice Chairman, National Legislative Board,  
Canada  
Tel.: (403) 852-4737  
E-mail: Irdiv898@telusplanet.net

### **Anderson, Rekha**

Canadian Air Traffic Control Association  
Labour Relations Specialist  
Tel.: (613) 225-3553 x35  
E-mail: rekha.anderson@catca.ca

### **Armstrong, Richard**

Great Lakes Pilotage Authority  
Chairman  
Tel.: (613) 933-2991  
Fax: (613) 932-3793  
E-mail: glpa@cnwl.igs.ca

### **Ayeko, Mila**

Marine Safety, Transport Canada  
Auditor, Quality Assurance  
Tel.: (613) 991-3146  
Fax: (613) 993-8196  
E-mail: ayekol@tc.gc.ca

### **Boire-Carrière, Frances**

NAV CANADA  
Director, Corporate Human Resources  
Policy, Human Resources  
Tel.: (613) 563-4016  
E-mail: boirecf@nav.canada.ca

### **Boivin, Diane**

McGill University  
Tel.: (514) 761-6131 x22397  
Fax: (514) 888-4064  
E-mail: boidia@douglas.mcgill.ca

### **Boucher, Gaétan**

Safety Programs, Strategies and  
Coordination, Transport Canada  
Director General  
Tel.: (613) 990-3797  
Fax: (613) 990-5058  
E-mail: boucheg@tc.gc.ca

### **Bourdouxhe, Madeline**

IRSST  
Researcher  
Tel.: (514) 288-1551  
Fax: (514) 288-6097  
E-mail: bourdouxhe.madeleine@irsst.qc.ca

### **Bowman, Hank**

Canadian Liquid Air  
Tel.: (905) 529-0500  
Fax: (905) 529-7011

### **Bowman, Ron**

CPR  
Field Operations Safety Specialist  
Tel.: (403) 319-6161  
Fax: (403) 205-9025  
E-mail: ron\_bowman@cpr.ca

**Burtch, Terry**

Railway Safety, Transport Canada  
Director General  
Tel.: (613) 998-2984  
Fax: (613) 990-2924  
E-mail: burtcht@tc.gc.ca

**Camden, Rejean**

Société de l'assurance automobile du Québec  
Tel.: (418) 528-3420  
Fax: (418) 643-1896

**Cameron, Barbara**

British Columbia Research Inc.  
Director, Ergonomics & Human Factors  
Tel.: (604) 224-4331 x607  
Fax: (604) 224-0540  
E-mail: bcameron@bcr.bc.ca

**Carroll, Bob**

Federal Highway Administration  
Chief, Research Division, OMC  
Tel: (202) 366-9109  
E-mail: Robert.Carroll@fhwa.dot.gov

**Carson, Paul**

Civil Aviation Directorate, Op. Stds.,  
Transport Canada  
Airport Inspector  
Tel.: (613) 990-1075  
Fax: (613) 954-1602  
E-mail: carsonp@tc.gc.ca

**Champion, John**

Field Operations Support, CPR  
Director  
Tel.: (403) 319-7884  
Fax: (403) 205-9030  
E-mail: john\_champion@cpr.ca

**Cholak, Paul**

Circadian Technologies, Inc.  
Managing Director  
Tel.: (617) 492-5060 x623  
Fax: (617) 492-7787  
E-mail: PCholak@circadian.com

**Christle, Darren**

Manitoba Department of Highways &  
Transportation  
Tel.: (204) 945-7693  
Fax: (204) 948-2078  
E-mail: dchristle@hwy.gov.mb.ca

**Clark, Roger**

Alberta Transportation  
Executive Director (Safety)  
Tel.: (403) 340-5811  
Fax: (403) 340-4033

**Cooper, Graham**

Canadian Trucking Alliance  
Senior Vice-President  
Tel.: (613) 236-9426  
Fax: (613) 563-2701  
E-mail: gcooper@magi.com

**Darby, Mike**

Canadian National  
Terminal Operations Manager  
Tel: (905) 669-3002  
Fax: (905) 738-0733

**Donati, Leo**

Transportation Safety Board  
Principal Human Performance Specialist  
Tel.: (819) 994-4420  
E-mail: donatileotsb@tc.gc.ca

**Dunlop, Annette**

NAV CANADA  
ATCOH Program Manager – Training and  
Human Resources  
Tel.: (613) 563-5720  
Fax: (613) 563-3516  
E-mail: dunlopa@nav.canada.ca

**Evans, Bob**

Canadians for Responsible and Safe  
Highways  
Tel: (613) 860-0529  
Fax: (613) 567-6204  
E-mail: crash@web.net

**Flyntz, Frank**  
U.S. Coast Guard  
Tel.: (202) 366-8981  
Fax: (202) 366-7147

**Fox, Kathy**  
NAV CANADA  
Director, Office of Safety and Quality  
Management  
Tel.: (613) 563-4443  
Fax: (613) 563-4126  
E-mail: foxk@navcanada.ca

**Freeman, Rob**  
Operational Standards, Transport Canada  
Program Manager  
Tel.: (613) 990-1093  
Fax: (613) 954-1602  
E-mail: freemar@tc.gc.ca

**Gandhi, Bal**  
Marine Safety, Transport Canada  
Tel: (613) 998-0640  
Fax: (613) 990-1538  
E-mail: gandhib@tc.gc.ca

**Gareau, Gilles**  
Marine Safety, Transport Canada  
Tel.: (613) 991-3129  
Fax: (613) 954-4916  
E-mail: gareaug@tc.gc.ca

**Gil, Valerie**  
Defence and Civil Institute Of  
Environmental Medicine  
Post-Doctoral Researcher  
Tel.: (416) 635-2061  
Fax: (416) 635-2104  
E-mail: valerie.gil@dciem.dnd.ca

**Greg, Gordon**  
Air Canada Pilots Association  
Tel: (905) 678-9008  
E-mail: 75441.652@compuserve.com

**Grondin, Jovite**  
Rail Safety, Transport Canada  
Chief – Infrastructure  
Tel.: (613) 990-4571  
Fax: (613) 990-7767  
E-mail: grondij@tc.gc.ca

**Heath, Robin**  
Pacific Pilotage Authority Canada  
Director of Marine Operations  
E-mail: rheath@ppa.gc.ca

**Henderson, Steven**  
Transportation Development Centre,  
Transport Canada  
Consulting Ergonomist  
Tel.: (514) 283-0022  
Fax: (514) 283-7158  
E-mail: henders@tc.gc.ca

**Heslegrave, Ronald**  
University of Toronto  
Tel.: (416) 926-7758  
Fax: (416) 926-4999  
E-mail: rheslegr@twh.on.ca

**Hick, Cindy**  
The Railway Association of Canada  
Tel.: (514) 879-8557  
Fax: (514) 879-1522  
E-mail: cindyh@railcan.ca

**Hill, Maury**  
Transportation Safety Board  
Chief, Human Performance  
Tel.: (819) 953-6293  
E-mail: Maury.Hill@bst-tsb.x400.gc.ca

**Hucker, George**  
Brotherhood of Locomotive Engineers  
V-P & National Legislative Representative  
Tel.: (613) 235-1828  
Fax: (613) 235-1069  
E-mail: nlrble@istar.ca

**Jackson, Ron**

Safety and Security, Transport Canada  
Assistant Deputy Minister  
Tel.: (613) 990-3838  
Fax: (613) 990-2947  
E-mail: jacksr@tc.gc.ca

**Joly, Rémi**

NAV CANADA  
Manager, Risk Management Standards &  
Method  
Tel.: (613) 563-7213  
Fax: (613) 563-3436  
E-mail: jolyr@navcanada.ca

**Kaye, Scott**

FRA, Safety Assurance and Compliance  
Program  
Coordinator  
Tel.: (202) 493-6303  
Fax: (202) 493-6309

**Kraemer, Cheryl**

Air Canada Flight Attendant, CUPE, Local  
4005  
Flight Attendants Union Rep

**Kranenburg, Lane**

Alberta Trucking Industry Safety Association  
General Manager  
Tel.: (403) 243-4161  
Fax: (403) 243-4610  
E-mail: lanek@cadvision.com

**Lachance, Larry**

NAV CANADA  
Manager, Opérations IFR Centre de contrôle  
de Montréal  
Tel.: (514) 633-2871  
Fax: (514) 633-2887  
E-mail: lachanl@navcanada.ca

**Lehrer, Andy**

Circadian Technologies, Inc.  
VP Operations  
Tel.: (617) 492-5060 x608  
Fax: (617) 492-3787  
E-mail: shiftwork@aol.com

**Lemay, Paul**

Strategies and Issues, Transport Canada  
Project Manager  
Tel.: (613) 993-4578  
E-mail: lemays@tc.gc.ca

**Lemire, Robert**

Great Lakes Pilotage Authority  
Secretary/Treasurer  
Tel.: (613) 933-2991  
Fax: (613) 932-3793  
E-mail: glpa@cnwl.igs.ca

**Lipsitz, Jeffrey**

Sleep Disorders Centre of Metropolitan  
Toronto  
Tel.: (416) 785-1128 x301  
Fax: (416) 782-2740  
E-mail: 75567.3155@compuserve.com

**Marchand, Raynald**

Canada Safety Council  
Manager, Traffic Safety & Training  
Tel.: (613) 739-1535 x226  
Fax: (613) 739-1566  
E-mail: csc@safety-council.org

**Moller, Jeffrey**

Association of American Railroads  
Tel.: (202) 639-2375  
Fax: (202) 639-2930  
E-mail: jmoller@cms.aar.org

**Moore-Ede, Martin**

Circadian Technologies, Inc.  
CEO and President  
Tel.: (617) 492-5060  
Fax: (617) 492-3787  
E-mail: mme@circadian.com



**Murdock, Phil**  
Canadian Coast Guard  
Senior Crewing Officer  
Tel.: (613) 998-1630  
Fax: (613) 998-4700  
E-mail: murdocp@dfo-mpo.gc.ca

**Nakielny, John**  
Air Canada Pilots Association  
Tel.: (905) 678-9008

**O'Rourke, Brian**  
Canadian Pacific  
District Manager – Engineering, BC  
Tel.: (604) 944-5102  
Fax: (604) 944-5130

**Orrbine, Brian**  
Road Safety Programs, TC  
Senior Advisor  
Tel.: (613) 990-8855  
Fax: (613) 990-2912  
E-mail: orrbinb@tc.gc.ca

**Paul-Hus, Denis**  
Laurentian Pilotage Authority  
Tel.: (514) 283-6320 x215  
Fax: (514) 496-2409  
E-mail: apl@apl.gc.ca

**Posluns, Howard**  
Transportation Development Centre,  
Transport Canada  
Chief, Advanced Technology  
Tel.: (514) 283-0034  
Fax: (514) 283-7158  
E-mail: poslunh@tc.gc.ca

**Pulciani, Don**  
Operations & Emergency Preparedness,  
Transport Canada  
Director  
Tel.: (613) 990-8690  
Fax: (613) 957-6254  
E-mail: pulciad@tc.gc.ca

**Regimbal, Mike**  
VIA Rail  
Senior Advisor, Regulatory Affairs &  
Operational Safety  
Tel.: (514) 871-6010  
Fax: (514) 871-6134  
E-mail: Mike\_Regimbal@viarail.ca

**Reid, James**  
Transportation Development Centre,  
Transport Canada  
Chief, Systems Technology  
Tel.: (514) 283-0003  
Fax: (514) 283-7158  
E-mail: reidj@tc.gc.ca

**Rhodes, Wayne**  
Rhodes & Associates Inc.  
President  
Tel.: (416) 494-2816  
Fax: (416) 494-0303  
E-mail: wayne@ica.net

**Richards, Darrel**  
Canadians for Responsible and Safe  
Highways  
Tel.: (613) 565-2706  
Fax: (613) 567-6204  
E-mail: crash@web.net

**Sabatini, Sergio**  
CPR  
Field Safety, BC District  
Tel.: (604) 944-5515 cell # (604) 250-8940  
Fax: (604) 944-5130

**Sorah, Jay F.**  
Federal Railway Association  
Program Manager, Fatigue Countermeasures  
Team  
Tel.: (817) 568-8601

**Singer, Barry**

Canadian Pacific  
Manager, Track Programs & Equip., BC  
Tel.: (604) 944-5117  
Fax: (604) 944-5130  
E-mail: barry\_singer@cpr.ca

**St-Amand, Jean-Guy**

Hydro Québec  
Tel.: (450) 436-1227 x3351  
Fax: (450) 431-3113

**Suen, S. Ling**

ICSA Inc.  
Director, Transportation Planning  
Tel.: (450) 466-4305  
Fax: (450) 466-4305  
E-mail: suenlicsa@aol.com

**Tardif, Louis-Paul**

L.-P. Tardif & Associates  
President  
Tel.: (613) 225-8796  
Fax: (613) 225-7055  
E-mail: lptardif@cybernus.ca

**Turpin, Betty-Ann**

Turpin Consultants  
Tel.: (613) 241-9621  
Fax: (613) 241-9622  
E-mail: baturp@magi.com

**Vespa, Sesto**

Transportation Development Centre,  
Transport Canada  
Senior Development Officer  
Tel.: (514) 283-0059  
Fax: (514) 283-7158  
E-mail: vespas@tc.gc.ca

**Vincent, Alex**

Transportation Development Centre,  
Transport Canada  
Senior Ergonomist  
Tel.: (514) 283-0033  
Fax: (514) 283-7158  
E-mail: vincena@tc.gc.ca

**Weinberg, Hal**

Simon Fraser University, School of  
Kinesiology  
Brain Behaviour Laboratory  
Tel.: (604) 291-3355  
Fax: (604) 291-4987  
E-mail: hweinber@sfu.ca

**Winslow, D.G. (Jim)**

Operations & Emergency Preparedness,  
Transport Canada  
Senior Advisor Train Operations  
Tel.: (613) 990-7742  
Fax: (613) 957-6254  
E-mail: winsloj@tc.gc.ca

**Wiseman, John**

Air Canada Pilots Association  
Tel.: (905) 678-9008  
E-mail: JohnWiseman@compuserve.com

**Wolfe, Robert**

Marine Safety, PNR, Transport Canada  
R&D Officer  
Tel.: (613) 991-2479  
Fax: (613) 991-4818  
E-mail: wolfer@tc.gc.ca

**Wolfe, Walt**

Canada 3000 Airlines Limited  
Tel.: (416) 674-0257 x3244  
Fax: (416) 674-3176  
E-mail: wolfew@c3000.com

**Woods, Jack**

Air Canada Pilots Association

Captain

Tel.: (905) 678-9008

Fax: (905) 678-9016

E-mail: 75441.677@compuserve.com

**Zwaan, Jan**

Marine Safety & Environmental Programs,

Transport Canada

Manager, Compliance, Occupational Safety  
and Health

Tel.: (613) 991-3143

Fax: (613) 993-8196

E-mail: zwaanja@tc.gc.ca