



TC-1002862



TP 14577F

April 2007

Système de gestion des risques liés à la fatigue  
pour le milieu aéronautique canadien

# Introduction aux outils de vérification de la fatigue



Transports Canada    Transport Canada

Canada

edu.au

Consultants SGRF  
Adélaïde, Australie

## Équipe de recherche

### Edu.au

Kirsty McCulloch  
Angela Baker  
Sally Ferguson  
Adam Fletcher  
Drew Dawson

### Transports Canada

Isabelle Marcil, Centre de développement des transports (CDT)  
Jacqueline Booth-Bourdeau, Aviation civile  
Mark Laurence, Aviation civile  
CDT, Communications

## Avertissements

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministère des Transports, 2008.

Tous droits réservés. Ce document peut être reproduit en tout ou en partie, sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, pour usage interne ou public à des fins non commerciales uniquement. Toute autre utilisation ou modification de ce document est strictement interdite en vertu de la *Loi sur le droit d'auteur* sans une autorisation écrite au préalable de Transports Canada. Pour obtenir de l'aide, veuillez entrer en contact avec le Centre de communications de l'Aviation civile au 1-800-305-2059 (HNE). L'information contenue dans cette publication doit être considérée uniquement comme un guide et ne devrait pas être citée ou considérée comme une autorité légale. Les renseignements peuvent devenir désuets, en tout ou en partie à tout moment sans préavis.

Transports Canada n'a pas l'habitude de citer des noms de produits ou de fabricants. S'il le fait ici, c'est simplement pour la bonne compréhension du texte. Les fabricants peuvent, à leur discrétion, actualiser leurs spécifications ou cesser d'offrir leurs produits.

This report is also available in English: *Fatigue Risk Management System for the Canadian Aviation Industry: Introduction to Fatigue Audit Tools*, TP 14577E.

# Préface

Le présent guide fait partie de la boîte à outils du Système de gestion des risques liés à la fatigue (SGRF) pour le milieu aéronautique canadien élaborée par Transports Canada et les consultants de *edu.au* d'Adélaïde, en Australie.

La boîte à outils du SGRF comprend les éléments suivants :

1. *SGRF pour le milieu aéronautique canadien – Introduction à la gestion de la fatigue* (TP 14572F) : document d'introduction conçu pour sensibiliser le lecteur aux enjeux liés à la fatigue
2. *SGRF pour le milieu aéronautique canadien – Stratégies de gestion de la fatigue pour les employés* (TP 14573F) : expose les notions et les habiletés nécessaires pour appliquer des stratégies de gestion de la fatigue adéquates, à l'échelle individuelle
3. *SGRF pour le milieu aéronautique canadien – Cahier d'évaluation de l'employé* (TP 14574F) : module optionnel qui sert à évaluer les connaissances des employés sur les sujets abordés dans le guide de stratégies appliquées
4. *SGRF pour le milieu aéronautique canadien – Élaboration et mise en oeuvre d'un système de gestion des risques liés à la fatigue* (TP 14575F) : indique comment gérer les risques liés à la fatigue à l'échelle de l'organisation, à l'intérieur d'un cadre de système de gestion de la sécurité
5. *SGRF pour le milieu aéronautique canadien – Lignes directrices pour l'élaboration de politiques et de procédures* (TP 14576F) : propose un canevas de politique et donne des lignes directrices et des exemples pour aider les organisations à élaborer leurs propres politiques et procédures en matière de gestion des risques liés à la fatigue
6. *SGRF pour le milieu aéronautique canadien – Introduction aux outils de vérification de la fatigue* (TP 14577F) : propose deux types d'outils pour aider les employeurs à déterminer si les horaires de travail permettent aux employés de dormir suffisamment
7. *SGRF pour le milieu aéronautique canadien – Manuel du formateur* (TP 14578F) : contient une information complémentaire pour les responsables des ateliers de formation des employés, soit la description des techniques de formation, les objectifs d'apprentissage et les questions fréquemment posées par les participants

Ces documents sont disponibles sur le site web de Transports Canada à [www.tc.gc.ca](http://www.tc.gc.ca).

# Table des matières

<b>1. Introduction</b> .....	1
Concevoir un horaire de travail .....	2
Offrir une réelle possibilité de dormir .....	2
<b>2. Systèmes informatisés de vérification de la fatigue</b> .....	3
FAID : Application d'un modèle biomathématique .....	6
<b>3. Système manuel de vérification de la fatigue</b> .....	17
Aperçu .....	17
Exemples .....	19
Sommaire .....	20
<b>4. Conclusion</b> .....	21
Contrôles au-delà du niveau 1 .....	21
Responsabilité partagée de la gestion de la fatigue .....	21
<b>Références</b> .....	23

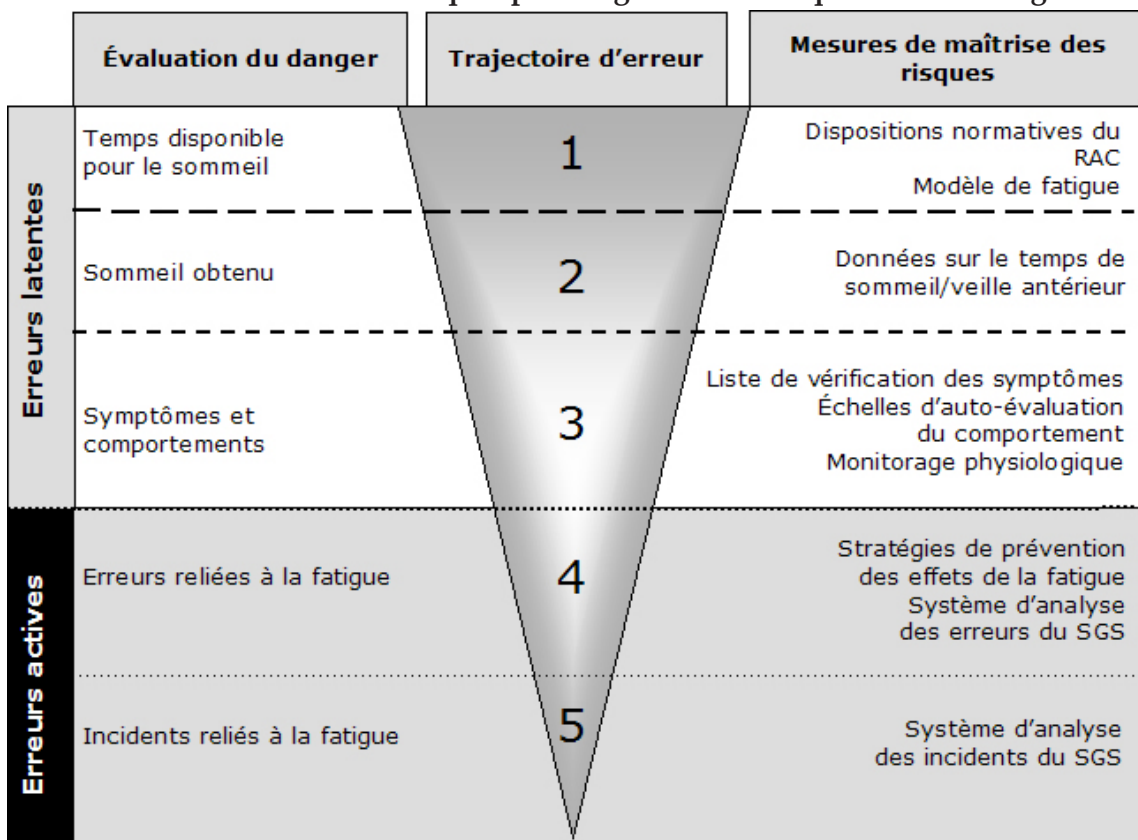
# Introduction

L'objectif du présent guide est de donner un aperçu des divers outils et techniques visant à assurer que les horaires de travail satisfont aux exigences d'un système de gestion des risques liés à la fatigue (SGRF).

Un SGRF efficace comprend plusieurs niveaux de contrôle des risques liés à la

fatigue (voir *Élaboration et mise en œuvre d'un système de gestion des risques liés à la fatigue* (TP 14575E) pour consulter une discussion détaillée). Un des premiers éléments que les entreprises doivent déterminer est si l'horaire donne aux employés une réelle possibilité d'accumuler suffisamment de sommeil pour être apte au travail (contrôle de niveau 1).

**Modèle de maîtrise des risques pour la gestion des risques liés à la fatigue**



## Concevoir un horaire de travail

Dans le passé, on appliquait des règles relatives aux heures de service pour veiller à ce qu'un horaire offre une réelle possibilité de dormir entre les quarts et ne cause pas une fatigue professionnelle importante. En principe, cela semble une stratégie raisonnable, mais les règles sur les heures de service conçues pour être appliquées de façon générale au sein d'une industrie complète peuvent s'avérer rigides et inefficaces pour une entreprise. Il est possible que ces règles ne garantissent pas suffisamment de sommeil.

En concevant un SGRF, il importe de comprendre qu'il n'existe aucun horaire parfait. Les horaires de travail doivent être structurés autour de besoins concurrents, tels que ceux liés à la sécurité opérationnelle et à la vie familiale et sociale de l'employé. Par exemple, la « convivialité familiale » d'un horaire de travail est susceptible d'être déterminée par la quantité de temps de repos que cet horaire offre pendant les temps à valeur sociale élevée (c.-à-d. après-midi, soirées et fins de semaine). La « convivialité pour le sommeil » d'un horaire de travail est fonction des pauses que l'horaire offre pendant les temps à valeur de sommeil élevée (c.-à-d. nuits entre 21 h et 9 h). Bien que le sommeil doive être la principale préoccupation, d'autres facteurs doivent être pris en compte, comme la vie familiale et sociale des employés, car ils peuvent avoir une incidence directe sur la capacité des employés d'utiliser le temps de repos pour dormir. La consultation des employés pendant les premières étapes de la mise en place d'un SGRF peut faciliter l'équilibre entre ces besoins concurrents.

## Offrir une réelle possibilité de dormir

Afin de déterminer si un horaire donné peut entraîner de la fatigue professionnelle, il faut calculer la possibilité de dormir qu'il offre. Il existe diverses façons d'effectuer ce calcul. Le présent document décrit deux méthodes de gestion de la possibilité de dormir. :

- *Systèmes informatisés de vérification de la fatigue.* Un logiciel de modélisation biomathématique a été conçu pour prévoir la quantité de sommeil dont un employé est susceptible de bénéficier dans un horaire donné. Le logiciel est en mesure de calculer le pointage de probabilité de fatigue de chaque employé, à un moment donné de l'horaire.
- *Systèmes manuels de vérification de la fatigue.* En ce qui concerne les entreprises dont les horaires sont relativement simples ou qui ne souhaitent pas investir dans un logiciel, il est également possible d'exécuter des calculs manuels pour établir les pointages qui indiquent la probabilité de fatigue.

# Systemes informatises de verification de la fatigue

Les modeles de fatigue biomathematiques utilisent des algorithmes tenant compte de l'effet du temps de la journee (rythmes circadiens ou rythmes naturels du corps) et de la duree du temps de sommeil et de veille a toutes les etapes du modele general des periodes de travail afin de prevoir le degre moyen de fatigue professionnelle pour un horaire donne. Il existe actuellement deux types de modele biomathematique.

Les modeles a etape unique tiennent compte du moment du sommeil, du temps de veille et des rythmes circadiens observes chez une personne particuliere (p. ex. au moyen de moniteurs d'activite, comme un actigraph) pour prevoir la fatigue professionnelle. Utilises de cette facon, les modeles a etape unique sont generalement consideres comme un controle de niveau 2 dans le modele de controle des risques lies a la fatigue (consultez la discussion detaillee dans le document intitule *Elaboration et mise en oeuvre d'un systeme de gestion des risques lies a la fatigue* (TP 14575E), car ils determinent le risque en fonction du comportement reel d'un employe particulier plutot qu'en fonction du comportement moyen inferre d'une personne non precisee dans l'horaire complet.

Les modeles a deux etapes tiennent compte du moment et de la duree des periodes de travail et de repos pour *estimer* le moment de sommeil le plus probable, lequel sert par la suite a prevoir la fatigue professionnelle. Les

modeles a deux etapes sont generalement consideres moins exacts pour une personne particuliere, car les previsions sont fondees sur des estimations du comportement moyen et ne tiennent generalement pas compte des differences personnelles.

Les progiciels donnent habituellement des representations graphiques de la fatigue professionnelle causee par un horaire donne. Certains presentent aussi des statistiques agrgees pour des groupes d'employes et produisent des rapports simples qui indiquent si l'horaire est conforme aux seuils etablis par l'entreprise ou l'organisme de reglementation en ce qui concerne la fatigue professionnelle.

Divers programmes sont offerts. Deux des modeles a deux etapes les plus utilises sont Fatigue Audit InterDyne (FAID), conu par le Centre for Sleep Research de la University of South Australia et InterDynamics, et Sleep, Activity, Fatigue and Task Effectiveness (SAFTE), conu par le Department of Defense des E.-U.

## *Fatigue Audit InterDyne (FAID)*

FAID prevoit la fatigue, l'envie de dormir et le rendement en fonction des heures de travail. L'hypothese sous-jacente a ce programme est que la fatigue decoule d'un desequilibre entre la fatigue professionnelle et la possibilite de dormir entre les quarts. L'algorithme tient compte de facteurs tels

que l'heure et la durée du quart, les horaires de travail antérieurs et les pauses afin de produire des pointages de probabilité de fatigue pour chaque quart. Le logiciel estime le risque lié à la fatigue des groupes de travailleurs selon un horaire particulier plutôt qu'en fonction de personnes précises.

En outre, le programme peut calculer les effets possibles des déplacements dans un maximum de trois fuseaux horaires. La caractéristique de fuseau horaire utilise un taux de rajustement circadien d'une heure par jour en moyenne – plus lent ou plus rapide, selon la direction du déplacement.

Les données utilisées dans la conception initiale du logiciel sont tirées des propres rapports sur la fatigue des travailleurs plutôt que des mesures objectives de la fatigue, comme le rendement. Toutefois, la version courante mise sur des données empiriques fiables recueillies auprès de travailleurs sur de longues périodes. Ce système logiciel sert actuellement à des fins d'établissement d'horaire à des transporteurs et à des organismes australiens tels que Qantas, la Civil Aviation Safety Authority et le Australian Transportation Safety Bureau. Il est commercialisé par InterDynamics ([www.interdynamics.com](http://www.interdynamics.com) et [www.faisafe.com](http://www.faisafe.com)).

L'interface est conviviale et les données de sortie sont faciles à comprendre, pourvu que l'utilisateur ait une certaine connaissance de la fatigue et de la gestion des risques liés à la fatigue. Cette section aborde plus en détail l'utilisation concrète de ce programme.

#### *Sleep, Activity, Fatigue and Task Effectiveness (SAFTE), FAST<sup>MC</sup> et xsRiskPro*

SAFTE prévoit l'efficacité du rendement, une mesure déterminée par la fatigue et divers facteurs liés au sommeil. Le logiciel applique l'idée de « réservoir de sommeil » comme moyen de modéliser le risque lié à la fatigue. Le réservoir est plein lorsqu'une personne est complètement reposée et que sa capacité

de rendement est au maximum. Au fur et à mesure que le temps de veille augmente, le réservoir se vide et ne peut être rempli que si la personne dort. La rapidité avec laquelle le réservoir se remplit est fonction de la quantité et de la qualité du sommeil. Le logiciel détermine le rendement général selon le temps du jour (rythmes circadiens) et le niveau du réservoir de sommeil.

Le modèle peut tenir compte des changements de fuseau horaire, des différences personnelles, comme une typologie matinale ou vespérale, et de la qualité du sommeil.

Initialement conçu par les forces armées et le Department of Defense des É.-U., SAFTE a également servi au Department of Transportation des É.-U. pour évaluer le risque d'accident associé aux horaires de travail.

Les mêmes développeurs ont par la suite créé Fatigue Avoidance Scheduling Tool (FAST) et xsRiskPro, qui sont offerts sur le marché ([www.archinoetics.com/FAST](http://www.archinoetics.com/FAST) et [www.fatiguerisk.com](http://www.fatiguerisk.com)). FAST vise à aider les gestionnaires et les personnes à concevoir des horaires de travail et de sommeil qui réduisent le risque de fatigue et d'erreurs commises en raison de la fatigue. xsRiskPro a été conçu pour analyser un grand nombre d'horaires de travail, afin d'évaluer leur incidence sur les niveaux de fatigue des employés dans l'exercice de leurs fonctions.

Initialement, SAFTE nécessitait la saisie de données réelles sur le sommeil (recueillies au moyen de technologies telles que l'acti-graphe), mais le logiciel comprend maintenant une fonction appelée AutoSleep, qui calcule le temps de sommeil probable que permettent les horaires de travail et les rythmes circadiens.

Au moyen des horaires de travail, FAST affiche une courbe du changement de l'efficacité du rendement pendant la journée, ainsi que des zones de rendement (en vert,



en jaune et en rouge). Les entreprises peuvent soit utiliser l'ensemble des seuils de rendement par défaut soit régler leurs propres seuils. Un seuil critique est établi à 77,5 % du rendement, lorsque la fatigue est considérée comme produisant un degré de « déficience » équivalant à un degré d'alcoolémie de 0,05. Les zones de rendement indiquent à l'utilisateur à quel moment de la journée son rendement tombe sous les seuils acceptables. À l'instar de FAID, l'interface de FAST est accessible et relativement facile à maîtriser, bien qu'il faille avoir une certaine connaissance du phénomène de la fatigue pour interpréter les résultats.

#### *System for Aircrew Fatigue Evaluation (SAFE)*

Conçu par QinetiQ pour les opérations de l'aviation, SAFE est utilisé par la Civil Aviation Authority (CAA) du Royaume-Uni pour évaluer les horaires de travail proposés par les compagnies aériennes. Le logiciel mise sur les données recueillies pendant les expériences en laboratoire et a été davantage validé et perfectionné grâce aux données opérationnelles recueillies pendant les vols à grande distance.

Selon les horaires de travail de l'équipage de conduite, le logiciel montre les variations des niveaux de vigilance dans chaque quart. Les niveaux de vigilance comportent un code de couleur de vert à rouge pour représenter l'effet de la fatigue sur le rendement. Le logiciel calcule les périodes de sommeil en fonction des périodes de repos et de service, mais accepte également les données réelles sur le sommeil. Il peut tenir compte des siestes et des changements de fuseau horaire, en distinguant les voyages effectués en direction Est des voyages effectués en direction Ouest.

Afin de calculer les niveaux de vigilance, le programme tient compte du temps du jour (pour établir les influences circadiennes), le

temps écoulé depuis la dernière période de sommeil et la propension au sommeil – tendance à s'endormir (cette tendance est à son maximum au creux circadien, vers 4 h).

Les données de sortie nécessitent une certaine connaissance. Il faut connaître les notions de sommeil et de fatigue pour tirer le maximum de cet outil.

QinetiQ a également élaboré un autre outil logiciel appelé Integrated Performance Modelling Environment (IPME), qui examine le temps consacré à une tâche – un facteur qui peut contribuer à la fatigue pendant le service. QinetiQ utilise actuellement SAFE pour donner des conseils spécialisés aux compagnies aériennes sur les horaires et la fatigue, mais le logiciel n'est pas offert sur le marché pour le moment. L'entreprise prévoit de lancer une version commerciale du logiciel à la fin de 2008.

#### *Circadian Alertness System (CAS<sup>MC</sup>)*

CAS est surtout utilisé dans les secteurs du transport routier et ferroviaire. Le logiciel extrapole les modèles de sommeil et de veille en fonction des horaires de travail et calcule les pointages de vigilance et de fatigue cumulative d'un employé ou d'un groupe d'employés affecté à un horaire particulier. CAS calcule la probabilité des accidents survenus au cours des opérations en pointage de risque de fatigue cumulative chez des groupes d'employés, sur un certain nombre de jours ou de semaines.

En prévoyant la vigilance, le système peut tenir compte de certaines différences personnelles, comme la tendance à la typologie matinale ou vespérale, les heures de lever habituelles, la durée du sommeil, la souplesse du sommeil et la capacité de faire des siestes. Le système ne tient pas compte des effets du décalage horaire, de l'exposition à la lumière ou de l'inertie du sommeil.

Le développeur du logiciel, Circadian Technologies ([www.circadian.com](http://www.circadian.com)), utilise le système pour ses services de consultation. Le programme n'est pas offert sur le marché.

### *Sleepwake Predictor*

Fondé sur un modèle à trois processus, le logiciel prévoit la vigilance en calculant le niveau de somnolence associé aux variations des rythmes circadiens et du temps de veille (ou de sommeil). Cela sert à évaluer la possibilité d'avoir un sommeil récupérateur et, pour un employé, de demeurer vigilant au cours d'une période donnée.

Le programme évalue les effets de la fatigue et du rendement des horaires de travail et le degré de risque rattaché à chacun des effets. Le programme a servi – surtout à des chercheurs – à évaluer les horaires dans les environnements de travail de la marine, de l'aviation, du transport ferroviaire et du camionnage, ainsi que des secteurs nucléaire et militaire. Le programme tient compte de la latence du sommeil (le temps qu'il reste à la personne avant de s'endormir), un facteur qui varie selon les rythmes circadiens et a tendance à réduire le sommeil pendant le jour. En outre, le programme peut tenir compte des changements de fuseau horaire, de la tendance d'un employé à la typologie matinale ou vespérale, de la durée de sommeil habituelle et des difficultés associées au sommeil.

Le logiciel utilise les horaires pour calculer les heures de coucher probables (début du sommeil) et les heures de lever (fin du sommeil), afin de produire une courbe de vigilance. Il indique le pourcentage de temps où les niveaux de somnolence sont supérieurs aux limites critiques, ce qui donne le degré de risque associé à un horaire précis.

### *Circadian, Neurobehavioral Performance and Subjective Alertness Model and Circadian Performance Simulation Software (CPSS 1.2)*

Ce logiciel a été élaboré pour prévoir l'effet des facteurs comme le travail de nuit et le sommeil pendant le jour sur les rythmes circadiens et le rendement et la vigilance. Des études successives ont permis de perfectionner ce programme et de renforcer sa capacité de prévoir le manque de sommeil, l'incidence du moment du jour et l'effet de la lumière et du déphasage (décalage horaire). Malgré la grande capacité du logiciel de prévoir la fatigue et le rendement, ses caractéristiques sont plus intéressantes pour les chercheurs que pour l'industrie. Le programme requiert les heures de début et de fin du sommeil, ainsi que les données sur l'amplitude lumineuse pendant une journée de 24 heures. L'effort requis pour recueillir ces renseignements rend le logiciel moins attrayant pour les entreprises.

Le logiciel n'est pas offert sur le marché, mais est disponible sur Internet dans un progiciel appelé Circadian Performance Simulation Software (1.2) (<http://dsm.bwh.harvard.edu/bmu/cpss>). Le logiciel exige une très grande connaissance de la recherche sur le sommeil et une expérience antérieure de la modélisation biomathématique. En outre, son interface limitée est destinée au milieu de la recherche.

### **FAID : Application d'un modèle biomathématique**

Cette section donne un exemple de la façon d'appliquer un des programmes décrits ci-dessus dans un SGRE. Une version d'essai de Fatigue Audit InterDyne (FAID) est accessible par le biais de Transports Canada ou directement auprès de InterDynamics ([www.faidsafe.com](http://www.faidsafe.com)). Le manuel de l'utilisateur compris dans le logiciel donne de plus amples directives sur la façon d'utiliser FAID.

### *Définition des pointages*

FAID attribue des valeurs de fatigue ou de récupération aux périodes de travail et de pause en fonction de quatre facteurs :

- La durée de chaque période de travail ou de pause;
- Le moment du jour où le travail ou la pause a eu lieu;
- L'historique de travail antérieur de l'employé (sept jours);
- Les restrictions biologiques imposées au sommeil et à la récupération.

En tenant compte de ces facteurs, le logiciel analyse les horaires de travail prévus ou réels afin d'établir un pointage qui reflète la probabilité de fatigue pour chaque quart. Ce pointage peut par la suite être comparé aux pointages des autres quarts ou horaires ou à une valeur de seuil établie par l'entreprise. Par exemple, une semaine de travail normale de 9 h à 17 h du lundi au vendredi donne un pointage d'environ 40. Une semaine normale de quarts de nuit de 23 h à 7 h produit un pointage de fatigue modéré d'environ 80.

Une récente étude laisse supposer que les pointages se situant entre 80 et 100 (probabilité de fatigue élevée) sont comparables au degré de « déficience » liée à la fatigue causée par une veille de 23 à 24 heures après une semaine de travail régulière. De nombreuses études ont démontré que la « déficience » de rendement à un tel degré de privation de sommeil est comparable à un taux d'alcoolémie de plus de 0,05 %.

### *Processus d'évaluation des risques*

Les entreprises doivent tenter de s'assurer que les horaires de travail ne produisent jamais plus qu'un degré modéré de fatigue opérationnelle. Cependant, une approche de gestion des risques peut offrir une souplesse additionnelle. Selon le risque inhérent à la tâche et les stratégies d'atténuation de la fatigue en place, une entreprise peut être disposée à accepter un seuil de probabilité

de fatigue plus élevé. À l'inverse, si certaines tâches comportent un risque particulièrement élevé, les entreprises peuvent être davantage disposées à fixer un seuil de probabilité de fatigue plus faible et plus conservateur. Voyez le document intitulé *Élaboration et mise en œuvre d'un système de gestion des risques liés à la fatigue* (TP 14575E) pour consulter une discussion plus détaillée.

### *Table de conformité de FAID*

À la lumière de l'information recueillie pendant l'évaluation des risques, FAID peut servir à examiner les horaires de travail pour offrir une possibilité de dormir suffisante. Il faut commencer en établissant les valeurs de seuil de FAID fondées sur les risques afin de définir les pointages de probabilité de fatigue « acceptable », « discutable » et « inacceptable ». Le seuil plus élevé (Y) est la limite au-delà de laquelle la possibilité de dormir est insuffisante et est susceptible de produire un risque lié à la fatigue inacceptable. Un seuil plus faible (X, généralement entre 10 et 20 points de moins que le seuil plus élevé) est donc établi. Les pointages de FAID se situant entre les seuils plus élevés et moins élevés se trouvent dans la zone « discutable » et les pointages inférieurs au seuil plus faible sont « acceptables ».

Les horaires doivent être évalués à l'avance et les heures de travail réelles, après. Au moins 97,5 % des heures prévues et 95 % des heures réelles doivent se situer dans la zone « acceptable » (sous X, le seuil plus faible). Un faible pourcentage de l'horaire peut se situer dans la zone « discutable » (entre X et Y), mais les entreprises ne doivent pas intentionnellement prévoir du travail obtenant des pointages se situant dans la zone « inacceptable » (en dessous de Y). Des circonstances imprévisibles peuvent parfois faire en sorte qu'une partie des heures réelles travaillées se situent dans la zone « inacceptable » (jusqu'à 1,25 % des heures totales travaillées), mais tout le travail situé dans

**Tableau de conformité de FAID**

	Valeurs de seuil de FAID	Heures de travail prévues	Heures de travail réelles	Mesure corrective
<b>Zone acceptable</b>	< X	Au moins 97,5 % des heures prévues sous le seuil plus faible	Au moins 95 % des heures travaillées sous le seuil plus faible	Aucune, à moins qu'un ou plusieurs contrôles indiquent que les niveaux sont inexacts
<b>Zone discutable</b>	[X-Y]	Pas plus de 2,5 % des heures prévues entre le seuil plus faible et le seuil plus élevé	Pas plus de 3,75 % des heures travaillées entre le seuil plus faible et le seuil plus élevé	Corriger s'il existe un risque modéré de récurrence
<b>Zone inacceptable</b>	> Y	0 % des heures prévues au-dessus du seuil plus élevé	Pas plus de 1,25 % des heures travaillées au-dessus du seuil plus élevé	Agir immédiatement, se reposer jusqu'à être apte au travail, signalement à l'organisme de réglementation

des zones autres que la zone « acceptable » doit être examiné et donner lieu à des mesures correctives, s'il y a lieu.

Le principe de ce tableau de conformité peut servir dans un autre logiciel d'établissement d'horaire qui calcule les pointages pouvant servir de seuils pour les risques liés à la fatigue.

**Utilisation de FAID**

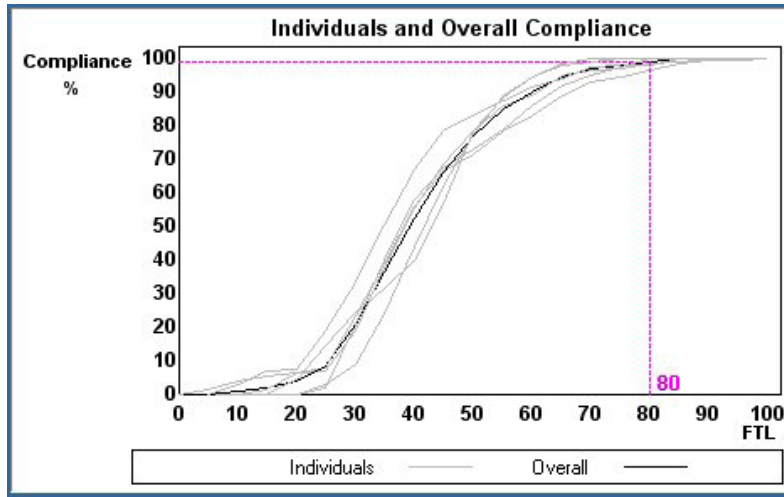
En ouvrant le programme, les utilisateurs qui utilisent le logiciel pour la première fois bénéficient d'une introduction au logiciel et à son utilisation. Les utilisateurs réguliers passent directement au menu des données d'entrée. Le menu situé dans le haut de l'écran (ci-dessous) indique la place des utilisateurs dans le processus d'analyse.



Les niveaux de tolérance à la fatigue (NTF) pour divers types de tâches sont établis par une évaluation des risques liés à la fatigue associée à une tâche. Les utilisateurs peuvent choisir l'option « No fatigue tolerance level » (aucun niveau de tolérance à la fatigue), l'option « One tolerance level » (un niveau de tolérance) ou l'option « multiple tolerance levels » (plusieurs niveaux de tolérance). Si la sélection est

« aucun niveau de tolérance à la fatigue », le logiciel produira seulement des pointages de fatigue dans l'affichage « Outputs » (Données de sortie) sans les comparer à un niveau de tolérance. Un graphique (voir la figure suivante) montre les changements de la conformité de chaque employé au fil du temps et l'horaire de travail général, dont les niveaux de tolérance à la fatigue varient entre 0 et 100.

Dans le cas d'un NTF fixé à 80, la conformité générale est d'environ 99 %.



Établissement du niveau de tolérance à la fatigue

The screenshot shows the software interface for setting the Fatigue Tolerance Level. The interface includes a 'TOLERANCE LEVEL' sidebar with 'Inputs' and 'Outputs' sections, a 'FATIGUE TOLERANCE LEVEL' section with a 'Tolerance Level' input field set to 80, and a 'SLEEP TOLERANCE LEVEL' section with a table of Time vs. Minimum Sleep (hrs). A status bar at the bottom shows 'FTL = 80'. Numbered callouts 1-4 point to specific UI elements.

Time	Minimum Sleep (hrs)
24 hours	5
48 hours	12
168 hours	50

Les utilisateurs sélectionnent le niveau de tolérance à la fatigue (1) et indiquent le niveau dans la cellule du tableau (2). On utilise le bouton « Enregistrer » (3) pour

conserver le NTF en prévision d'une utilisation ultérieure.

Le NTF choisi est affiché dans la fenêtre inférieure partout dans le programme (4).

Des études laissent supposer que les pointages de FAID inférieurs à 80 correspondent généralement à un système de travail sécuritaire et que les pointages supérieurs à 100 reflètent généralement un système de travail non sécuritaire. Ces pointages ont été examinés à fond indépendamment et acceptés comme preuve dans des enquêtes sur des accidents menées par des organismes, dont le the Australian Transportation

Safety Bureau et la Special Commission of Inquiry into the Waterfall Rail Accident, près de Sydney, en Australie.

On peut entrer les horaires de travail en choisissant (5) (pour le premier horaire de travail) et en ouvrant un fichier existant (6), en collant des horaires tirés d'un fichier Microsoft Excel (7) ou en tapant manuellement les horaires.

The screenshot shows the 'WORK SCHEDULE 1' software interface. At the top, there is a 'Strategic Context Map' with a flow: Work Schedule → Availability → Sleep Estimate → Indicative Fatigue → FETIGUE RISK PROFILE. Below this, there are buttons for 'Fatigue Hazard Analysis' and 'Tolerance Level'. The left sidebar has 'INPUTS' and 'OUTPUTS' sections. In the 'INPUTS' section, there are fields for 'Tolerance Level', 'Work Schedule' (with a dropdown showing '1'), and 'Admin'. In the 'OUTPUTS' section, there are 'XTRA' and 'Display' options. The 'Input Table Editing' section has a 'Single' tab selected, with fields for 'ID#', 'Start Time', 'End Time', and 'Task Risk'. There are 'ADD' and 'DEL' buttons, and an 'Add Single' button. Below this is an 'Analysis Run' section with 'History From', 'Start Date', and 'Period' fields, and an 'ANALYSE' button. The main table on the right has columns for 'ID #', 'Start', 'End', and 'Task Risk'. The table contains 33 rows of data, each representing a work period with start and end times and a 'Moderate' task risk. At the bottom of the interface, there is a status bar showing 'FTL = 80'.

The screenshot shows the FAID software interface. At the top, there is a 'Strategic Context Map' with a flow: Work Schedule → Availability → Sleep Estimate → Indicative Fatigue → FATICUE RISK PROFILE. Below this, there are buttons for 'Work Period', 'Work Schedule', and 'Group Work Schedule'. On the left, there is a control panel with 'INPUT' and 'OUTPUTS' sections. Callout 8 points to the 'INPUT' section. Below it, there are 'Tolerance Level' and 'Work Schedule' settings. Callout 9 points to the 'Task Risk' column in the table. Callout 10 points to the 'ANALYSE' button. Callout 11 points to the 'ANALYSE' button. The table shows 33 rows of data with columns for ID #, Start, End, and Task Risk. The 'Task Risk' column contains the word 'Moderate' for all entries. At the bottom, there is a status bar showing 'FTL = 80'.

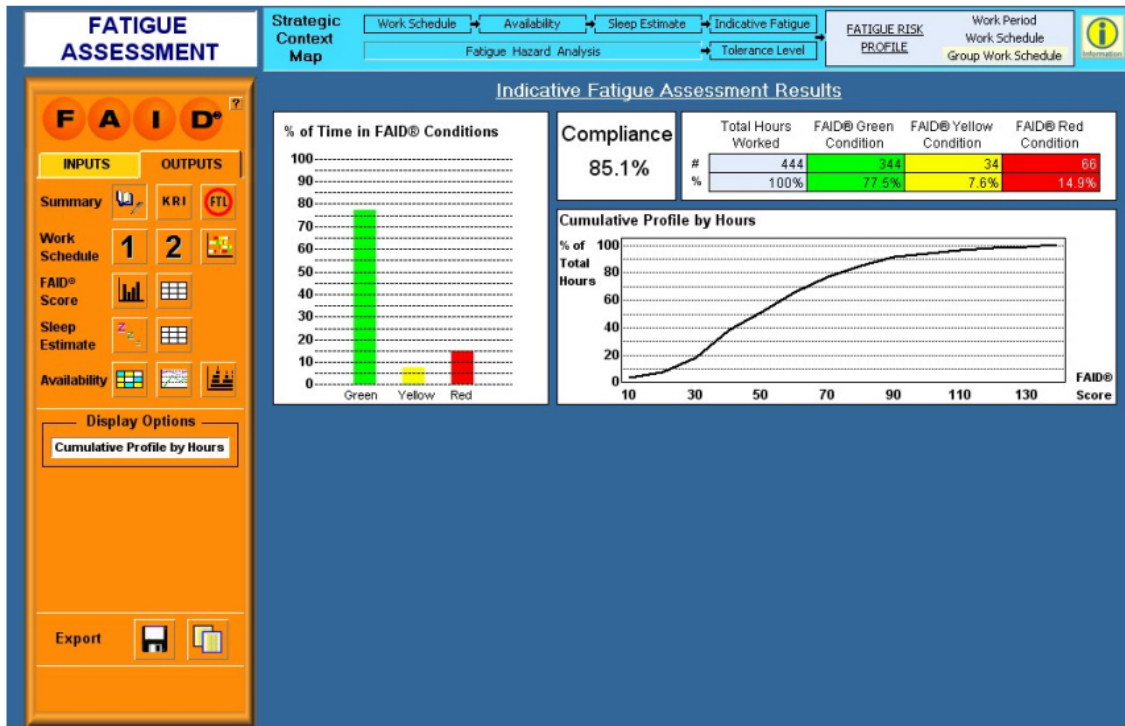
ID #	Start	End	Task Risk
1:	2 Aug 07 0700	2 Aug 07 1645	Moderate
2:	3 Aug 07 0700	3 Aug 07 1612	Moderate
3:	4 Aug 07 0700	4 Aug 07 1600	Moderate
4:	5 Aug 07 0700	5 Aug 07 1648	Moderate
5:	6 Aug 07 0630	6 Aug 07 1642	Moderate
6:	9 Aug 07 0630	9 Aug 07 1612	Moderate
7:	10 Aug 07 0630	10 Aug 07 1719	Moderate
8:	11 Aug 07 0630	11 Aug 07 1640	Moderate
9:	12 Aug 07 0630	12 Aug 07 1706	Moderate
10:	13 Aug 07 0700	13 Aug 07 1600	Moderate
11:	16 Aug 07 0630	16 Aug 07 1700	Moderate
12:	17 Aug 07 0630	17 Aug 07 1754	Moderate
13:	18 Aug 07 0630	18 Aug 07 1714	Moderate
14:	19 Aug 07 0630	19 Aug 07 1657	Moderate
15:	20 Aug 07 0630	20 Aug 07 1701	Moderate
16:	23 Aug 07 0635	23 Aug 07 1612	Moderate
17:	24 Aug 07 0700	24 Aug 07 1706	Moderate
18:	25 Aug 07 0700	25 Aug 07 1806	Moderate
19:	26 Aug 07 0700	26 Aug 07 1824	Moderate
20:	30 Aug 07 0700	30 Aug 07 1600	Moderate
21:	31 Aug 07 0700	31 Aug 07 1642	Moderate
22:	3 Aug 07 0700	3 Aug 07 1600	Moderate
23:	4 Aug 07 0700	4 Aug 07 1600	Moderate
24:	5 Aug 07 0700	5 Aug 07 1636	Moderate
25:	6 Aug 07 1730	7 Aug 07 0230	Moderate
26:	7 Aug 07 1730	8 Aug 07 0230	Moderate
27:	8 Aug 07 1730	9 Aug 07 0230	Moderate
28:	12 Aug 07 0700	12 Aug 07 1730	Moderate
29:	13 Aug 07 0700	13 Aug 07 1600	Moderate
30:	14 Aug 07 0700	14 Aug 07 1600	Moderate
31:	15 Aug 07 1730	16 Aug 07 0242	Moderate
32:	16 Aug 07 1730	17 Aug 07 0348	Moderate
33:	17 Aug 07 1730	18 Aug 07 0306	Moderate

On peut entrer les seuils de pointage de FAID maximaux dans la colonne complètement à droite de chaque quart (9).

Une fois les données entrées, il faut utiliser le bouton « Wizard » (10), vérifier si la

date et la durée de l'horaire de travail sont exactes et cliquer sur « Analyse » (11).

Une fois l'analyse terminée, un sommaire des résultats s'affiche.



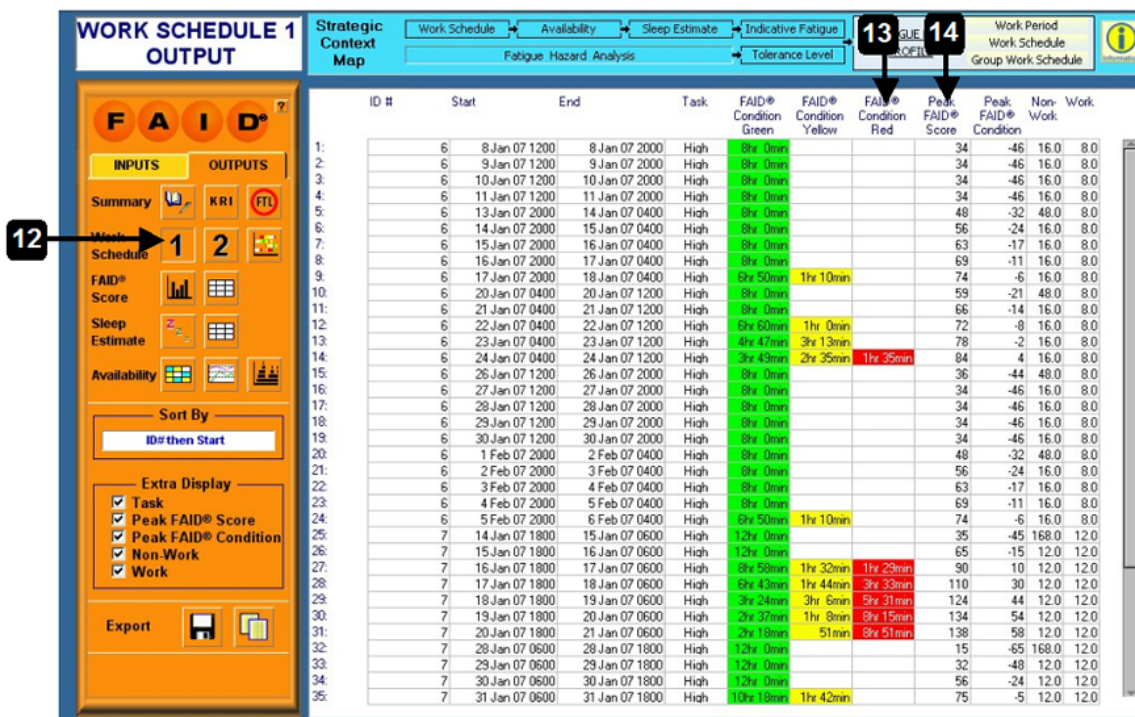
Lorsqu'un ou plusieurs niveaux de tolérance à la fatigue ont été établis, l'écran « Indicative Fatigue Assessment Results » (Résultats de l'évaluation de la fatigue indicative) affiche le niveau de conformité (le pourcentage du temps pendant lequel

les employés ont travaillé alors que leur fatigue était sous le NTF) de l'horaire. Le logiciel affiche également le nombre d'heures de travail et la quantité de temps passé dans les diverses zones de fatigue (conditions vertes, jaunes et rouges de FAID).



En outre, le logiciel peut afficher les résultats de chaque période de travail comprise dans l'horaire de travail. Il faut cliquer sur le bouton « Work schedule 1 » (Horaire de travail 1) (12) pour que le programme affiche l'horaire de travail et des renseignements additionnels sur le degré de probabilité de fatigue. La colonne « FAID

Condition Red » (Condition rouge de FAID) (13) montre le temps pendant lequel un employé a travaillé au-dessus du NTF. La colonne « Peak FAID Score » (Pointage maximal de FAID) (14) indique le pointage de probabilité de fatigue pour chaque période de travail.



Un clic sur le bouton « Key risk indicators » (Principaux indicateurs de risque (PIR)) (15) affiche les sommaires généraux et

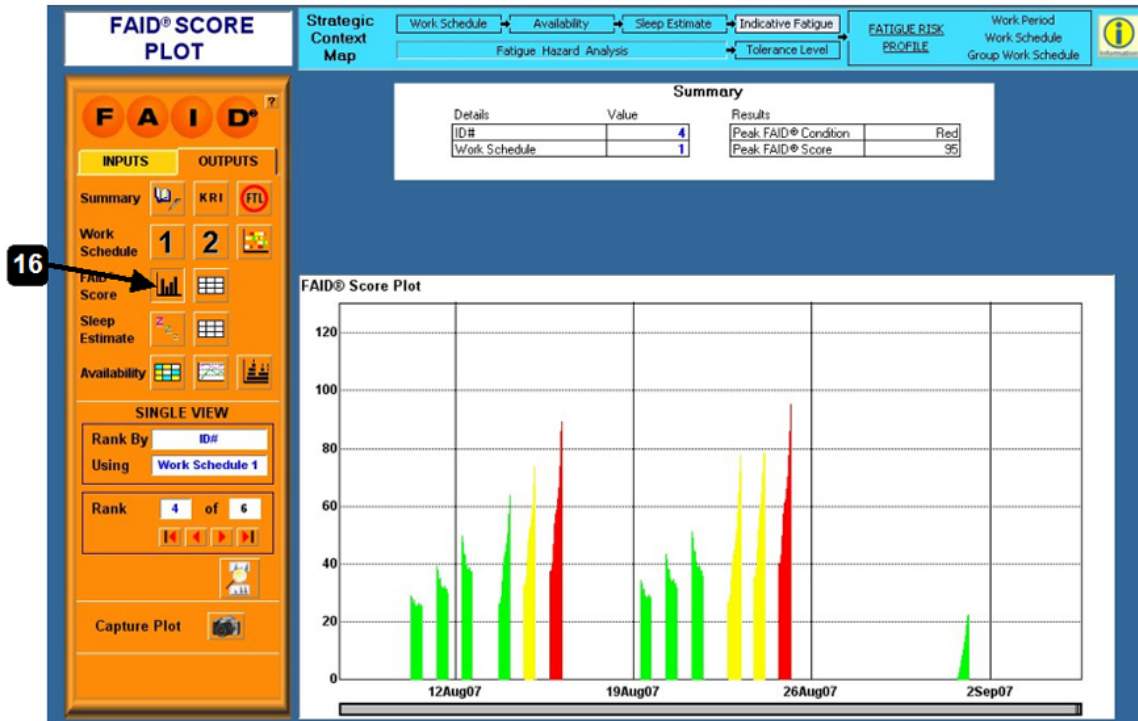
personnels, comme la conformité au NTF et la condition maximale de FAID, selon les seuils entrés dans l'écran de saisie.

14

Systeme de gestion des risques liés à la fatigue pour le milieu aéronautique canadien

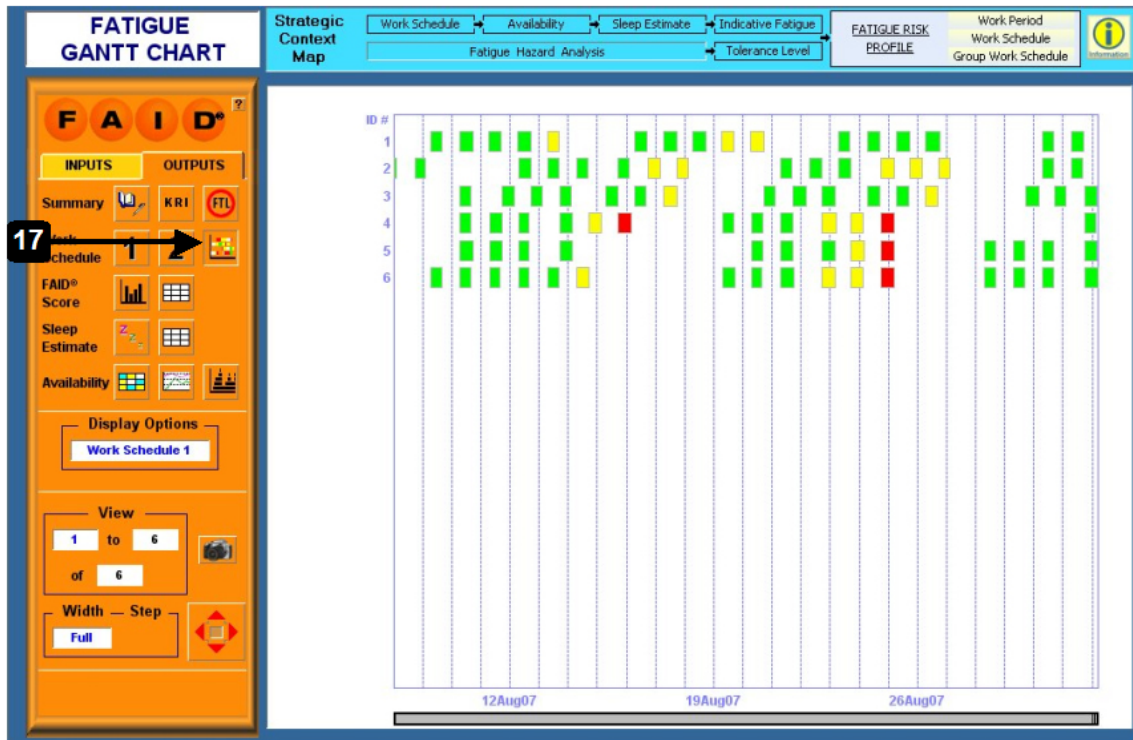
On peut examiner les périodes de travail personnelles en appuyant sur le bouton « FAID Score plot » (Schéma de pointage FAID) (16). Chaque ligne du graphique représente un employé, en couleur pour

indiquer la condition maximale de FAID. Chaque point sur le graphique représente une seule période de travail et le pointage de probabilité de fatigue correspondant.



Un graphique de Gantt (17) peut servir à examiner les tendances générales des données, telles que les variations saisonnières ou les employés qui montrent des pointages de probabilité de fatigue

exceptionnellement élevés. Chaque rangée du graphique de Gantt représente un employé et chaque carré représente un seul quart.



# Système manuel de vérification de la fatigue

## Aperçu

En ce qui concerne les entreprises dont les horaires sont relativement simples ou qui ne souhaitent pas investir dans un logiciel, il est également possible d'exécuter des calculs manuels pour établir les pointages qui indiquent la probabilité de fatigue. Une matrice de pointage de la probabilité de fatigue utilise cinq paramètres d'établissement d'horaire pour prévoir la possibilité de dormir pouvant servir à estimer le degré de fatigue professionnelle produit par un horaire donné.

1. *Nombre total d'heures travaillées dans une période de sept jours.* On ne s'étonnera pas du fait que plus le nombre total des heures travaillées augmente, plus la possibilité de dormir diminue.
2. *Durée maximale d'un quart.* Plus la durée d'un quart donné augmente, plus la possibilité de dormir subséquente diminue.
3. *Durée minimale d'une courte pause.* On définit une courte pause comme étant une possibilité unique de dormir entre les périodes de travail. Cette pause est normalement plus courte que 32 heures. On ne s'étonnera pas du fait que plus le nombre de pauses entre les quarts diminue, plus la possibilité de dormir diminue.
4. *Nombre total d'heures travaillées entre 21 h et 9 h dans une période de sept jours.* Ce paramètre tient compte des fins de travail tardives, des débuts de travail hâtifs et du travail de nuit. Tous ces éléments réduiront la possibilité de dormir la nuit et donneront lieu à une réduction considérable de la possibilité totale de dormir.
5. *Fréquence des longues pauses.* On définit une longue pause comme étant une période couvrant deux nuits de sommeil séparées par une journée sans travail. Généralement, les longues pauses offrent une grande possibilité de récupérer le sommeil perdu accumulé pendant une séquence de périodes de travail. On utilise le tableau suivant pour établir le pointage d'un horaire en fonction de chacun des cinq paramètres.

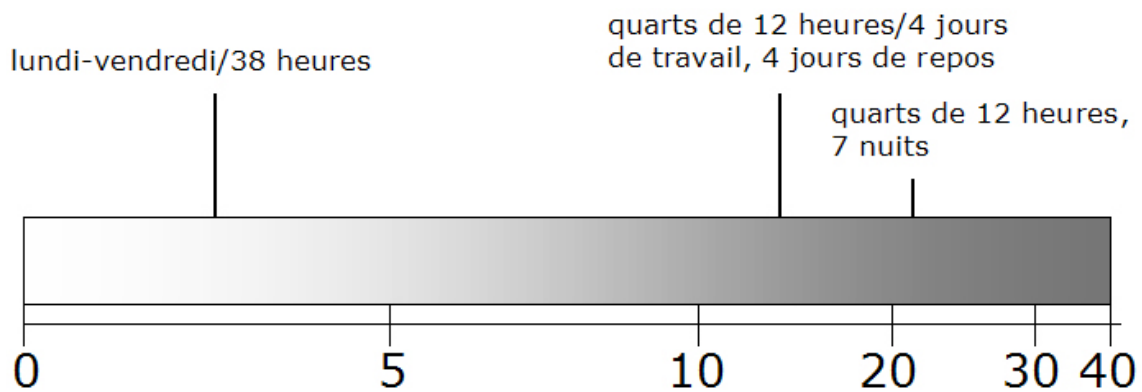
### Matrice de cotation de la probabilité de fatigue associée à des horaires de travail

Scores	0	1	2	4	8
a) Heures totales par 7 jours	≤ 36 heures	36,1 – 43,9	44 – 47,9	48 – 54,9	55+
b) Durée maximale du quart	≤ 8 heures	8,1 – 9,9	10 – 11,9	12 – 13,9	14+
c) Durée minimale de la courte période de repos	≥ 16 heures	15,9 – 13	12,9 – 10	9,9 – 8	≤ 8
d) Nombre maximal d'heures de travail de nuit par 7 jours	0 heures	0,1 – 8	8,1 – 16	16,1 – 24	24+
e) Fréquence des longues périodes de repos	≥ 1 en 7 jours	≤ 1 en 7 jours	≤ 1 en 14 jours	≤ 1 en 21 jours	≤ 1 en 28 jours

Les points assignés à chaque paramètre sont additionnés pour établir un pointage entre 0 et 40 qui indique le degré de possibilité de dormir qu'offre l'horaire. Les horaires présentant un faible pointage

offrent une plus grande possibilité de dormir. La figure ci-dessous montre plusieurs horaires dont on a établi le pointage au moyen de cette approche.

#### Score de probabilité de fatigue



## Exemples de différents horaires évalués selon la Matrice de cotation de la probabilité de fatigue

### Exemple 1

Jour	Description	Début	Fin
1	Matin	5 h	14 h
2	Matin	5 h	14 h
3	Après-midi	13 h 30	22 h 30
4	Après-midi	13 h 30	22 h 30
5	Congé	0 h	0 h
6	Nuit	22 h	6 h
7	Nuit	22 h	6 h

Cet horaire obtiendrait le pointage ci-dessous selon les cinq paramètres suivant :

Le nombre total des heures travaillées pendant la période de sept jours est 52 (4 points);

La durée maximale des quarts est de neuf heures (1 point);

Le temps minimal de congé entre les quarts (courte pause) est 15 heures (1 point);

Le nombre total des heures de travail de nuit prévu pendant la période de sept jours est 23. Cela comprend quatre heures pour chacun des quarts du matin, en raison des débuts de quart hâtifs, 1,5 heure pour chacun des quarts de l'après-midi, en raison de la fin de quart tardive, et huit heures pour chacun des quarts de nuit (4 points);

La fréquence des longues pauses est d'une journée sur les sept jours de l'horaire avant que la personne commence le quart de nuit le sixième jour (0 point);

Le pointage total de l'horaire ci-dessus est de **10 points**.

### Exemple 2

Jour	Description	Début	Fin
1	Jour	6 h	14 h
2	Jour	6 h	14 h
3	Congé	0 h	0 h
4	Après-midi	14 h	23 h
5	Après-midi	14 h	23 h
6	Après-midi	14 h	23 h
7	Nuit	23 h	6 h

Cet horaire obtiendrait le pointage suivant selon les cinq paramètres :

Le nombre total des heures travaillées pendant la période de sept jours est 50 (4 points);

La durée maximale des quarts est de neuf heures (1 point);

Le temps minimal de congé entre les quarts (courte pause) est 15 heures (1 point);

Le nombre total des heures de travail de nuit prévu pendant la période de sept jours est 19. L'employé travaille trois heures pendant chacun des quarts du matin, en raison du début hâtif, deux heures pendant chacun des quarts de l'après-midi, en raison de la fin tardive, et sept heures pendant le quart de nuit (4 points);

La fréquence des longues pauses est d'une journée avant que la personne commence le quart de l'après-midi le quatrième jour (0 point).

Le pointage total de l'horaire ci-dessus est de **10 points**.

## Sommaire

Tout horaire de travail peut être appliqué grâce à ce système de pointage. Par exemple :

Un horaire de 9 h à 17 h du lundi au vendredi (40 heures) reçoit un pointage de 1;

Un horaire de 15 h à 23 h du lundi au vendredi (40 heures) reçoit un pointage de 3;

Un horaire de quatre jours de travail – quatre jours de congé (deux jours de 6 h à 18 h, deux jours de 18 h à 6 h, pour un total de 48 heures) reçoit un pointage de 14;

Un horaire de 6 h à 18 h du lundi au vendredi (60 heures) reçoit un pointage de 16;

Un horaire de sept quarts de nuit de 12 heures, de 21 h à 9 h (84 heures), suivi par un congé de sept jours, reçoit un pointage de 22.

Selon les évaluations des risques d'une entreprise, les gestionnaires peuvent déterminer si les horaires de travail existants produisent des niveaux acceptables de risque lié à la fatigue.



# Conclusion

## **Au-delà des contrôles de niveau 1**

Le logiciel décrit dans le présent document vise à aider les gestionnaires à analyser les horaires de travail afin d'établir le risque lié à la fatigue possible. Toutefois, l'application de pratiques d'établissement d'horaires adéquates ne représente qu'un des éléments d'un système efficace de gestion des risques liés à la fatigue. Il y aura toujours des occasions où les employés, intentionnellement ou non, ne pourront pas dormir suffisamment. Même en dépit d'un sommeil suffisant, les symptômes associés à la fatigue peuvent tout de même survenir si les employés ont un sommeil de mauvaise qualité ou souffrent d'un trouble du sommeil non détecté.

Outre le modèle de gestion des risques liés à la fatigue à cinq niveaux qui est au cœur de cette boîte à outils, les entreprises ont besoin de contrôles pour déterminer si les employés dorment suffisamment (niveau 2) et pour détecter les symptômes associés à la fatigue au travail (niveau 3). Les entreprises doivent également compter sur un processus pour composer avec les erreurs ou les incidents causés par la fatigue (niveaux 4 et 5), afin de mettre en évidence les incidents potentiels, de tirer des leçons des erreurs commises et de vérifier l'efficacité des niveaux de contrôle antérieurs.

Un système avec peu ou pas d'outils d'établissement d'horaires par contrôle des risques au-delà du niveau 1 est vulnérable aux incidents causés par la fatigue.

## **Responsabilité partagée de la gestion de la fatigue**

La responsabilité de gérer le risque lié à la fatigue dans le cadre d'un SGRF est partagée entre les employeurs et les employés. Les contrôles de niveau 1 décrits dans le présent document tiennent compte de la responsabilité de l'employeur de gérer les causes de la fatigue attribuables aux horaires. Dans les niveaux 2 à 5, il incombe aux employés de gérer les causes de leur propre fatigue et de signaler les situations dans lesquelles ils observent un risque lié à la fatigue. L'employeur est responsable d'établir des procédures précises et équitables qui permettent aux deux groupes d'assumer leurs responsabilités. Le document intitulé *Lignes directrices pour l'élaboration de politiques et de procédures* (TP 14576F) donne des conseils additionnels ainsi que des exemples de politiques et de procédures liées à la gestion efficace des risques liés à la fatigue.



# Références

Åkerstedt, T., S. Folkard et C. Portin (2004). « Predictions from the three-process model of alertness ». *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 75 (3, Supplément), A75-A83.

Civil Aviation Authority Paper 2005/04: *Aircrew Fatigue: A Review of Research Undertaken on Behalf of the UK*. Civil Aviation Authority. (octobre 2005): 27-30.

Fatigue Risk. (2007). *FAST<sup>MD</sup>*. Extraction le 14 juin 2007 de [http://fatiguerisk.com/?page\\_id=5](http://fatiguerisk.com/?page_id=5)

Fatigue Risk. (2007). *xsRiskPro*. Extraction le 14 juin 2007 de [http://fatiguerisk.com/?page\\_id=6](http://fatiguerisk.com/?page_id=6)

Dawson, D. et A.Fletcher. (2001). « A quantitative model of work-related fatigue: Background and definition » Civil Aviation Authority Paper 2005/04. *Ergonomics*, 44 (2), 144-163.

Dawson, D., et K. Reid (1997). « Fatigue, alcohol and performance impairment ». *Nature*, 388 (6639), 235.

Fletcher, A., et D. Dawson (1997). « A predictive model of work-related fatigue based on hours of work ». *Journal of Occupational Health and Safety Australia and New Zealand*, 13 (5), 471-485.

Fletcher, A., et D. Dawson (2001). « A quantitative model of work-related fatigue: Empirical evaluations ». *Ergonomics*, 44 (5), 475-88.

Fletcher, A., D. Dawson (1998). « A work-related fatigue model based on hours-of-work ». dans L. Hartley (éditeurs) *Managing Fatigue in Transportation*, Oxford: Pergamon Press, pages 189-208.

Fletcher, A. et D. Dawson (2001). « Field-based validations of a work-related fatigue model based on hours of work ». *Transportation Research Part F*, 4 (1), 75-88.

Fletcher, A., G.D. Roach, N. Lamond et D. Dawson (2000). « Laboratory based validations of a work-related fatigue model based on hours of work ». dans: S. Hornberger, P. Knauth, G. Costa, S. Folkard (éditeurs) *Shiftwork in the 21st Century: Challenges for Research and Practice*. Peter Lang, Frankfurt am Main, Allemagne, pages 93-98.

Folkard, S. et T. Åkerstedt (1991). « A three process model of the regulation of alertness and sleepiness » dans R. Ogilvie, R. T. Wilkinson et R. J. Broughton (éditeurs) *Sleep, Arousal and Performance: Problems and Promises*. Boston: Birkhäuser, pages 11-26.

Jewett, M. E. (1997). *Models of circadian and homeostatic regulation of human performance and alertness*. Cambridge: Harvard University.

Jewett, M. E. et R.E. Kronauer. (1999). « Interactive mathematical models of subjective alertness and cognitive throughput in humans ». *Journal of Biological Rhythms*, 14, 588-597.

Hursh, S.R., D.P. Redmond, M. L. Johnson, D.R. Thorne, G. Belenky, T.J. Balkin, W.F. Storm, J.C. Miller et D.R. Eddy (2004). « Fatigue models for applied research in warfighting ». *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 75 (3, Supplément), A44-A53.

Kronauer, R.E. D. Forger et M.E. Jewett (1999). « Quantifying human circadian pacemaker response to brief, extended, and repeated light episodes over the photopic range ». *Journal of Biological Rhythms*, 14, 500-515.

Mallis, M.M., S. Mejdal, T.T. Nguyen et D.F. Dinges (2004). « Summary of the key features of seven biomathematical models of human fatigue and performance ». *Aviation, Space & Environmental Medicine*, 75 (3, Supplément), A4-A14.

Moore-Ede, M., A. Heitmann, R. Guttkuhn, U. Trutschel, A. Aguirre, D. Croke (2004). « Circadian alertness simulator for fatigue risk assessment in transportation: application to reduce frequency and severity of truck accidents ». *Aviation, Space & Environmental Medicine*, 75 (3, Supplément), A107-118.

Reeves, M. (2007). Software Review: SAFTE. *Ergonomics in Design*, 15 (2), 25-27.

Williamson, A. M., et A.M. Feyer (2000). « Moderate sleep deprivation produces impairments in cognitive and motor performance equivalent to legally prescribed levels of alcohol intoxication ». *Occupational and Environmental Medicine*, 57 (10), 649-655.