



Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé

17-2 | 2015
Regards d'ergonomes sur le travail

Des approches prescriptives aux systèmes de gestion du risque fatigue

From regulation to fatigue risk management systems

De los enfoques prescriptivos a los sistemas de gestión del riesgo de fatiga

Philippe Cabon



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/pistes/4571>

DOI : 10.4000/pistes.4571

ISSN : 1481-9384

Éditeur

Les Amis de PISTES

Référence électronique

Philippe Cabon, « Des approches prescriptives aux systèmes de gestion du risque fatigue », *Perspectives interdisciplinaires sur le travail et la santé* [En ligne], 17-2 | 2015, mis en ligne le 06 décembre 2015, consulté le 01 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/pistes/4571> ; DOI : 10.4000/pistes.4571

Ce document a été généré automatiquement le 1 mai 2019.



Pistes est mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Des approches prescriptives aux systèmes de gestion du risque fatigue

From regulation to fatigue risk management systems

De los enfoques prescriptivos a los sistemas de gestión del riesgo de fatiga

Philippe Cabon

Introduction

- 1 L'impact des horaires de travail sur la santé et la sécurité des opérateurs constitue une question déjà ancienne en ergonomie, mais qui reste toujours d'actualité compte tenu des évolutions du monde du travail. Le recours aux horaires atypiques ne cesse de progresser face aux nécessités de productivité et pour accompagner le développement d'offres de services 24 h sur 24 h et 7 jours sur 7. Ces horaires atypiques peuvent concerner deux dimensions : les heures auxquelles le travail est réalisé (travail posté, travail de nuit...) et la durée du travail. On compte actuellement 15,2 % des salariés français travaillant régulièrement de nuit (DARES, 2011). Concernant la durée du travail, celle-ci peut excéder les huit heures d'amplitude traditionnelles (2 × 12 par exemple) ou se trouver fragmentée au cours de la journée. Ces services fractionnés se retrouvent notamment dans les transports pour faire face aux exigences liées aux variations horaires du trafic. Par exemple, certaines compagnies aériennes régionales ont recours à ces services fractionnés pour optimiser l'utilisation des équipages aux horaires de pointe (un service en début de matinée suivi d'une « pause » en milieu de journée, puis un deuxième service en fin d'après-midi) (Cabon et coll., 2012).
- 2 Parallèlement, on note une évolution de la nature et des contraintes imposées par le travail avec une réduction de la dimension physique des tâches au profit des dimensions cognitives. En particulier la forte automatisations des outils de travail a contribué à développer les activités de surveillance sollicitant de manière importante la vigilance des

opérateurs (Dawson et coll., 2004). Compte tenu de ces évolutions, les préoccupations actuelles se portent de plus en plus sur la vigilance et la somnolence des opérateurs dans des systèmes fortement automatisés.

- 3 Dans beaucoup de domaines industriels et des transports, on constate une prise de conscience des impacts potentiels de la fatigue sur la sécurité. L'aviation civile considère la fatigue comme l'un des principaux facteurs de risque pour la sécurité aérienne en raison des contraintes imposées aux personnels (décalage horaire, horaires de travail irréguliers, automatisation des cockpits...). Le Bureau de sécurité des transports aux États-Unis (NTSB) classe la fatigue comme l'un des six risques majeurs pour la sécurité aérienne (NTSB « most wanted list »). Cette industrie a contribué assez tôt à de nombreuses études scientifiques (Graeber et coll., 1986, 1988 ; Nicholson et coll., 1987 ; Avers et Johnson, 2011) et à la mise en œuvre de politiques de gestion du risque fatigue à tous les niveaux de l'organisation (par exemple l'introduction de la sieste dans le cockpit en cas de fatigue importante de l'un des pilotes).
- 4 Dans certains pays, ces politiques de prévention ont donné naissance à des approches innovantes qui viennent compléter, voire remplacer, les approches uniquement centrées sur les limitations du temps de travail. Ces approches sont désignées sous l'appellation « Systèmes de Gestion du Risque Fatigue » (SGS-RF) ou *Fatigue Risk Management System* (FRMS). Le postulat sur lequel repose ces systèmes est que le niveau de fatigue des opérateurs permet de prédire le niveau de sécurité. Cette idée est liée aux nombreux travaux menés en laboratoire qui indiquent un lien linéaire entre fatigue et performances cognitives (Dinges et coll., 1985, 1997 ; Belenky et coll., 2003). Or, en situations réelles, les tâches s'avèrent plus complexes que les situations de laboratoire et les opérateurs adaptent leurs modes opératoires pour gérer le risque. Après avoir passé en revue les aspects réglementaires associés aux horaires de travail puis les principales connaissances scientifiques sur la fatigue cet article présente quelques exemples de mise en œuvre de SGS-RF dans le domaine aéronautique. Il discute enfin de l'intérêt et des limites de ces approches dans une perspective de gestion de la sécurité.

1. Approches prescriptives de la fatigue

- 5 Traditionnellement, la prévention de la fatigue des salariés s'appuie sur des approches prescriptives encadrant des limitations des temps de service et de temps de repos minimum.
- 6 L'objectif de ces réglementations était initialement de protéger les enfants et les femmes, d'équilibrer au maximum les conditions de travail et la rémunération et de développer la qualité de vie des travailleurs. Ces réglementations s'appuyaient sur le principe d'une distribution équitable de différents temps de vie sur les 24 heures : 8 heures de travail, 8 heures de loisir, 8 heures de repos. En France, la première de ces réglementations date de 1851. Elle limitait exclusivement le temps de travail des enfants à 10 heures en dessous de 14 ans et à 12 heures entre 14 et 16 ans. Ces réglementations ont évolué progressivement en fonction du contexte socio-économique. En 1972, le rapport Robens en Grande-Bretagne (Robens, 1972) remet en cause le principe de ces réglementations, notamment en raison de leur trop forte focalisation sur les dimensions physiques du travail et leur faible prise en compte du fonctionnement de l'opérateur humain et des dimensions sécurité. Ce rapport encourage le développement de systèmes auto-régulés en matière de sécurité du travail. Ces systèmes doivent remplacer les approches

réglementaires qui s'avèrent souvent très lourdes, trop complexes à appliquer et parfois inefficaces en matière de prévention des risques. Les recommandations de ce rapport aboutissent deux ans plus tard au « Health and Safety at Work Act » (1974) qui pose pour la première fois les bases d'une réglementation orientée vers la santé et la sécurité. Elle ouvre la voie aux approches Santé Sécurité au Travail (SST) « basées sur la performance » qui fixent des objectifs en matière de sécurité sans prescrire les moyens pour les atteindre, considérant que les organisations sont les mieux à même de connaître et gérer leurs risques en fonction de leurs activités spécifiques. On constate donc un déplacement de la responsabilité des autorités en charge des réglementations vers les entreprises. Le principe général que pose cette approche SST est celui d'une responsabilité partagée entre l'employeur et l'employé : l'employeur doit veiller à la santé et à la sécurité par tous les moyens disponibles, l'employé doit se présenter à son travail dans un état de forme acceptable, présenter un comportement sûr et contribuer au système de gestion de la sécurité, notamment en rapportant à l'organisation tout événement susceptible de mettre en jeu la sécurité. À la suite de la Grande-Bretagne, d'autres pays ont adopté des législations SST similaires, en particulier le Canada, l'Australie et la Nouvelle-Zélande. L'Australie pousse ce processus assez loin en laissant les États développer leurs propres règles. En 2006, l'État de Western Australia développe son dispositif SST sur les horaires de travail afin d'encourager les entreprises à élaborer leurs propres règles visant à prévenir les effets négatifs des horaires de travail sur le sommeil et la fatigue (Hartley et coll., 2005).

- 7 À l'inverse, les États-Unis ou l'Europe conservent des règles centralisées et prescriptives. L'Union européenne a émis des directives sur le temps de travail (2003/88/EC) que les États membres doivent traduire dans leur législation nationale.
- 8 Le transport aérien dispose de sa propre réglementation européenne dont la dernière version a été récemment adoptée après plusieurs années de négociations entre les compagnies aériennes, les syndicats de personnels navigants et les autorités européennes de l'aviation civile.
- 9 Du point de vue de la fatigue, ces réglementations sont qualifiées d'« unidimensionnelles » dans la mesure où elles ne s'appuient que sur une dimension temporelle (Dawson et McCullough, 2004). Le modèle sous-jacent est linéaire : la fatigue tend à augmenter proportionnellement à la durée du travail et à diminuer proportionnellement avec la durée du repos. Cette approche, relativement adaptée au travail physique, échoue généralement à prendre en compte les facteurs générant de la fatigue dans des activités à fortes composantes cognitives. Son autre inconvénient majeur est une prise en compte assez limitée de l'impact des horaires postés. Ces horaires ont la particularité d'interférer avec les dimensions chronobiologiques du fonctionnement humain qui entraînent des variations importantes des fonctions cognitives et des capacités de récupération au cours du nyctémère.
- 10 Dans la pratique, très peu des réglementations s'appuient sur des critères « scientifiques » reflétant les propriétés fondamentales du rythme veille-sommeil malgré la quantité importante de travaux scientifiques publiés dans le domaine. Dans une étude comparative menée sur 26 réglementations nationales sur les temps de service des équipages dans l'aviation civile, nous avons montré (Cabon et coll., 2002) des différences très importantes sur la prise en compte de critères scientifiques dans ces réglementations. Par exemple, certaines réglementations (notamment la réglementation

britannique) prennent en compte les heures de prise de service ou le décalage horaire pour fixer les limites de temps de service.

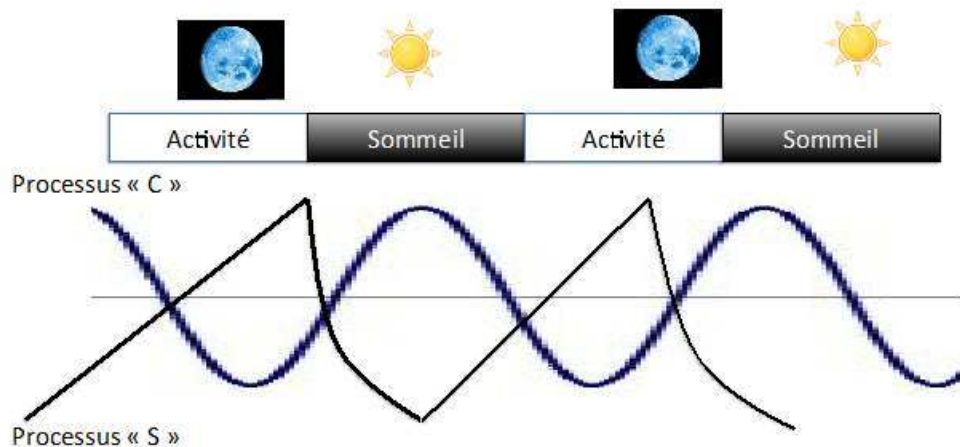
- 11 Lorsque ces réglementations ne prennent pas en compte des facteurs circadiens, leur conception peut d'ailleurs conduire à des situations paradoxales, susceptibles de générer une augmentation de la fatigue.
- 12 Le chapitre suivant résume les principaux acquis récents dans le domaine scientifique sur la régulation du rythme veille-sommeil et la fatigue et qui constituent une partie des bases scientifiques des SGS-RF.

2. Bases physiologiques de la fatigue

- 13 Malgré les nombreux travaux dans le domaine de la fatigue, il n'existe pas de consensus sur sa définition. Les définitions varient selon le domaine de recherche considéré (physiologie, psychologie) ou selon le contexte étudié (activité à dominante physique ou cognitive). Certaines définitions sont centrées sur les causes de la fatigue, d'autres décrivent davantage les conséquences sur l'activité ou les performances. Dans le contexte du monde professionnel, la fatigue a été définie comme « une incapacité à fonctionner à un niveau désiré en raison d'une récupération insuffisante d'un effort précédent ou de toute autre activité nécessitant une veille prolongée » (Gander et coll., 2011). On distingue une fatigue aiguë qui survient du fait d'un temps insuffisant de récupération à la suite d'une période d'activité et une fatigue chronique qui survient à la suite d'une accumulation au cours du temps.
- 14 Au regard des effets des horaires de travail qui seront abordés ici, la fatigue est essentiellement décrite par rapport aux perturbations que provoquent les horaires sur le rythme veille-sommeil, les fonctions physiologiques (par exemple sur les fonctions digestives) et sur les performances cognitives. Ces performances sont affectées par plusieurs facteurs (Gander et coll., 2011) :
 - elles varient au cours du cycle circadien (autour de 24 heures)
 - elles se dégradent d'une manière linéaire avec la privation de sommeil
 - elles se dégradent avec la durée de la veille
 - elles se dégradent avec la durée de la tâche.
- 15 Ces facteurs ont été mis en évidence par de nombreux travaux réalisés en laboratoire (Kronauer et coll., 1982) ou en conditions réelles (Belyanvin et Spencer, 2004). Les résultats de ces recherches ont permis d'aboutir à des modélisations du rythme veille-sommeil (Borbely, 1982) qui ont elles-mêmes servi de base à des modèles permettant de prédire le niveau de fatigue à partir des horaires de service et/ou des horaires et de la durée du sommeil.
- 16 Parmi les modèles développés, le modèle à trois processus (Akerstedt et coll., 2003) est probablement le plus cité dans la littérature. Il s'appuie sur l'interaction des trois processus suivants :
 - un processus de pression homéostatique du sommeil (S pour Sleep) : plus la durée de la veille est élevée, plus la pression du sommeil est forte ;
 - un processus chronobiologique (C pour Circadian) : nos capacités à rester éveillés varient en fonction de rythmes internes (24 h, 12 h) générant des périodes de faible vigilance (les « portes du sommeil » qui surviennent au cours de la période nocturne, aux environs de 2 h

- à 6 h du matin et du début d'après-midi, entre 13 h et 16 h) et des périodes favorables à l'éveil (la zone interdite du sommeil en fin d'après-midi) ;
- un processus d'inertie du sommeil (W pour Waking) : le niveau d'éveil tend à augmenter progressivement dans les minutes qui suivent le réveil. Cette inertie du sommeil provoque un état transitoire de vigilance dégradée qui survient immédiatement après le réveil et qui provoque une dégradation temporaire des performances (Tassi et Muzet, 2000). La dissipation de ce phénomène, qui ne prend que quelques dizaines de minutes en condition normale, peut s'étaler sur plusieurs heures dans certaines conditions (en particulier lorsque le réveil survient au cours du sommeil profond).
- 17 Ce modèle, qui s'appuie sur des données recueillies en laboratoire et en situation réelle constitue une base permettant notamment de mieux évaluer les risques liés au travail posté. Il explique notamment la faible vigilance au cours du travail de nuit et la faible récupération associée à un sommeil diurne qui suit cette période de travail nocturne (figure 1). Au cours du travail de nuit, la pression du sommeil (processus S) augmente progressivement du fait de la période de veille prolongée sans sommeil. Parallèlement, le processus Circadien (C) diminue, car il présente une forte résistance aux changements. L'état de ces deux processus induit une faible vigilance au cours des périodes de service nocturnes. Au cours de la journée, lorsque l'opérateur se repose on constate une faible durée et une qualité dégradée du sommeil. Ce phénomène s'explique par le fait que malgré le niveau élevé de la pression du sommeil liée à la période prolongée de veille, le sommeil se trouve sur la pente ascendante du processus C qui favorise une augmentation de la latence d'endormissement et une diminution de la durée de la période de sommeil. Le conflit entre ces deux processus induit donc une faible récupération.

FIGURE 1. ÉVOLUTION DES PROCESSUS S ET C AU COURS D'UN TRAVAIL DE NUIT ET D'UN SOMMEIL DIURNE.



- 18 D'un point de vue pratique, ces connaissances ont en partie influencé les réglementations sur les temps de service et de repos des équipages de l'aviation civile (Cabon et coll., 2002). Ces connaissances sont à la base du développement de modèles prédictifs intégrés à des logiciels (Dawson et coll., 2011, CASA et coll., 2014) de plus en plus utilisés par des compagnies aériennes pour évaluer ou concevoir les plannings des équipages. Ces modèles constituent un élément important des SGS-RF décrits dans le chapitre suivant.

3. Vers des approches centrées sur le risque fatigue

- 19 Compte tenu des limites inhérentes aux réglementations des temps de service dans la prévention de la fatigue, les SGS-RF se posent comme des alternatives. Ils ont connu un fort développement dans le domaine des transports aériens, notamment en Australie et en Nouvelle-Zélande (Gander et coll., 2011). Ces SGS-RF ont récemment fait l'objet d'une recommandation de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) qui les définit comme une
- « alternative scientifique aux limitations prescriptives des temps de vols et de service intégré au Système de Gestion de la Sécurité de la Compagnie. Ce système implique un processus continu de suivi et de gestion du risque fatigue » (OACI/IATA/IFALPA, 2010).
- 20 Dans la pratique, ces SGS-RF peuvent soit constituer un complément aux limitations réglementaires des temps de service pour encadrer des dérogations spécifiques, soit se substituer totalement à la réglementation. Dans le domaine de l'aviation civile, les compagnies aériennes françaises peuvent, par exemple, accorder des durées de repos inférieures aux limites réglementaires à condition de mettre en œuvre un SGS-RF (Cabon et coll., 2012). En d'autres termes, il est demandé à ces compagnies de prouver que ces temps de repos réduits permettent de conserver un niveau de sécurité équivalent à celui associé à des repos de durée standard. Pour atteindre cet objectif, les compagnies doivent encadrer ces rotations spécifiques de dispositions particulières (par exemple proximité de l'hôtel pour réduire les temps de trajet aéroport-hôtel) et démontrer qu'elles gèrent le risque fatigue à tous les niveaux de l'organisation.
- 21 Plusieurs compagnies aériennes ont déjà développé leur SGS-RF telles que Air New Zealand (Signal et coll., 2008), Singapore Airlines pour encadrer l'introduction des vols Ultra Long-Courriers qui dépassaient les limites réglementaires en vigueur (Spencer et Robertson, 2004). En Europe, easyJet a été la première compagnie à instaurer cette démarche pour obtenir des dérogations concernant la mise en place de nouvelles rotations court-courriers (Stewart, 2006).
- 22 Le concept de SGS-RF a été fortement encouragé par les autorités de l'aviation civile australienne (Dawson et McCulloch, 2004).
- 23 Lorsque ces SGS-RF sont mis en œuvre, les résultats obtenus montrent qu'ils permettent une réduction du niveau de fatigue des équipages et un meilleur niveau de sécurité (Stewart, 2006). Au travers d'enquêtes réalisées annuellement auprès des équipages, la compagnie Air New Zealand a par exemple montré que le pourcentage d'équipages rapportant un niveau de fatigue significatif au moins une fois par semaine a diminué de 70 à 40 % depuis la mise en œuvre du SGS-RF (Gander et coll., 2011).
- 24 Les SGS-RF utilisent différentes méthodes empruntées au domaine de la recherche sur le sommeil et la fatigue (actométrie du sommeil, agenda de sommeil, échelles subjectives,

tests de performance...). Ils représentent un exemple intéressant de transfert de connaissances scientifiques vers le monde industriel. Néanmoins, compte tenu des connaissances nécessaires à la mobilisation de ces méthodes, l'implémentation des SGS-RF requiert une expertise en interne.

- 25 Dans le cadre de la mise en œuvre de SGS-RF, l'industrie utilise de plus en plus des logiciels destinés à prédire le niveau de fatigue des opérateurs à partir de leurs horaires de travail. Comme mentionné plus haut, ces modèles prédictifs de la fatigue ou modèles biomathématiques constituent souvent l'un des outils principaux du SGS-RF. Au départ destinés essentiellement à la recherche, ces outils ont été enrichis progressivement par des données recueillies en laboratoire, puis en situations réelles. Concrètement, ces modèles permettent de concevoir des horaires de service qui minimisent le risque fatigue. Ils peuvent être utilisés soit en amont de la création d'horaires de service spécifiques, soit dans la gestion quotidienne des horaires de service. Ils sont destinés à être l'un des éléments de la prise de décision des personnes en charge de la gestion des horaires de service. L'un des premiers exemples marquants de l'utilisation de ces modèles concerne les vols ultra long-courriers exploités par Singapore Airlines (Singapour-Los Angeles et Singapour-New York, soit respectivement des temps de vol sans escale d'environ seize heures et vingt heures). En effet, les horaires commerciaux de ces vols ont été fixés à partir de simulations réalisées avec le modèle SAFE (Spencer et Robertson, 2007). Les résultats des évaluations en vol réel ont permis d'une part de démontrer la validité des prédictions du modèle et d'autre part de montrer que, paradoxalement, les niveaux de fatigue des équipages n'étaient pas supérieurs à des vols plus courts mais n'ayant pas bénéficié de l'utilisation de ces modèles. Bien entendu, il existe de nombreuses limites associées à ces modèles, en particulier le fait qu'ils n'intègrent pas la nature de l'activité réelle des opérateurs ni, pour la plupart, des différences individuelles (par exemple le besoin de sommeil, le chronotype ou trajet domicile-travail). Une autre limite, discutée plus bas, porte sur le fait qu'ils peuvent donner une fausse illusion de prédire un risque sur la sécurité alors qu'ils ne prédisent qu'une probabilité de fatigue élevée.
- 26 Le deuxième élément indispensable du SGS-RF est la mise en place d'un retour d'expérience centré sur la fatigue. Ce retour d'expérience est destiné à s'assurer que le niveau de fatigue des opérateurs reste à des niveaux acceptables et à identifier d'éventuels facteurs générant des niveaux élevés de manière à agir ultérieurement sur ces facteurs. Ces retours d'expérience peuvent prendre plusieurs formes. Ils peuvent être intégrés directement au retour d'expérience existant ou bien s'appuyer sur des outils spécifiques. La compagnie Air New Zealand a, par exemple, mis en œuvre depuis quelques années une évaluation de la fatigue systématique sur l'ensemble des vols de la compagnie (Powell et coll., 2011). Cette évaluation consiste à demander aux équipages, environ trente minutes avant le début de la descente, d'évaluer leur niveau de fatigue sur une échelle développée et utilisée largement dans les recherches menées en aéronautique (échelle de Samn Perelli, Samn et Perelli, 1982, ICAO, 2011), présentée directement sur l'une des interfaces électroniques du cockpit. Cette évaluation est bien entendu demandée sur la base du volontariat. L'information (qui reste anonyme) est ensuite envoyée au sol pour alimenter une base de données. Les niveaux moyens de fatigue sont ainsi évalués pour chaque vol de la compagnie. Lorsque des niveaux élevés sont détectés, des investigations plus poussées sont déclenchées (observations en vol, questionnaires auprès d'équipages). Sur la base des résultats, la compagnie prend des décisions visant à réduire la fatigue (par exemple changement d'horaires des vols, renfort équipages,

changements d'hôtels à l'escale...). Un autre effet positif de ce système est qu'il déclenche au sein des équipages une discussion sur leur niveau de fatigue respectif. Ceci peut les amener à une répartition des rôles qu'ils tendent à intégrer dans la préparation de l'approche finale qui constitue la phase la plus critique du vol en matière de sécurité.

- 27 Ces systèmes présentent donc un potentiel intéressant pour gérer le risque fatigue au plus près des opérations d'une organisation. On peut penser que leur extension à d'autres domaines des transports ou de l'industrie sera rapide dans les prochaines années. Il reste néanmoins certaines questions qui ont trait en particulier à l'impact de ces systèmes sur la sécurité. Cette question est discutée dans le chapitre suivant.

4. Gestion du risque ou gestion de la fatigue ?

- 28 Dans la mesure où les SGS-RF sont censés s'intégrer dans le système de gestion des risques de l'organisation, il est fondamental qu'ils puissent s'appuyer sur des indicateurs de sécurité. Or, malgré les nombreux travaux ayant démontré l'impact négatif de la fatigue sur les performances cognitives (Dinges et coll., 1997 ; Belenky et coll., 2003 ; Heuer et Klein, 2005 ; pour une revue voir : Alhola et Polo-Kantola, 2007), le lien entre la fatigue et la sécurité dans des activités réelles s'avère plus complexe qu'il n'y paraît. Ceci semble être d'autant plus vrai dans les systèmes sociotechniques complexes dans lesquels les opérateurs ont des possibilités de compenser la baisse de leurs ressources liées à la fatigue. Cette compensation passe notamment par une augmentation de l'utilisation des automatismes de l'avion (Stewart, 2006) ou par une réallocation des ressources cognitives (Foushee et coll., 1986). Ceci peut se traduire par un contrôle accru de ses propres actions (ou de celles de ses collègues) ou par une utilisation plus stricte des procédures ou des *check-lists*. Une étude menée en simulateur par Roach et coll. (2006) montre que si les équipages fatigués tendent à présenter une dégradation de certaines de leurs performances on constate paradoxalement qu'ils détectent davantage leurs erreurs que les équipages non fatigués. Ces stratégies de protection de la performance (Dawson et coll., 2012) permettent paradoxalement d'améliorer certains indicateurs de sécurité. Dawson et coll. (2012) les ont désignées par le terme de « *fatigue proofing strategies* ». Nous avons récemment montré, dans une recherche menée avec une compagnie aérienne régionale (Cabon et coll., 2012), que les services très matinaux associés à un risque de fatigue élevé réduisaient significativement le nombre d'événements de sécurité non critiques (par exemple des faibles dépassements de vitesse), mais augmentaient le nombre d'événements de criticité élevée. Ce résultat en apparence contradictoire peut s'expliquer par le recours à des stratégies consistant par exemple à utiliser davantage les systèmes automatiques de l'avion (par exemple en déconnectant plus tardivement le pilote automatique lors de la descente). Ceci contribue à réduire la fréquence des événements de faible criticité, ce qui ne constitue pas pour autant une indication sur le niveau de sécurité.
- 29 Parmi les facteurs influençant directement le lien entre fatigue et sécurité, la conscience que l'opérateur a de son niveau de fatigue joue manifestement un rôle essentiel. Dans une étude réalisée sur des conducteurs automobile sur autoroute (Cabon et coll., 1996, 2001) nous avons montré que les conducteurs tendaient à estimer de manière correcte leur niveau de somnolence (mesurée par des données physiologiques et subjectives) sur une bonne partie du trajet, sauf à la fin du trajet où ils avaient tendance à surestimer assez fortement leur niveau d'éveil. Du point de vue du risque, cela signifie que la fin du trajet

constitue une période critique, car en surestimant leur niveau d'éveil les conducteurs sont moins susceptibles de développer des comportements d'adaptation (pause, diminution de la vitesse, contrôle accru...). Cet exemple montre que la relation entre la fatigue et la sécurité n'est pas linéaire : des niveaux de fatigue relativement faibles sont susceptibles d'augmenter le risque du fait qu'ils sont plus difficilement détectables par l'opérateur et qu'ils n'induisent pas d'adaptation de leur comportement (Akerstedt et Folkard, 2004). À des niveaux de fatigue très élevés (endormissement), on peut néanmoins penser que la sécurité est directement impactée du fait de la dégradation massive des ressources physiologiques et cognitives qui ne permet plus le développement de stratégies d'adaptation.

- 30 Une meilleure connaissance des liens fatigue-sécurité nous semble donc être une condition indispensable à la validité et l'efficacité des SGS-RF. En effet, les systèmes actuels reposent sur une vision relativement linéaire donnant l'illusion qu'évaluer un niveau de fatigue permet de prédire directement le risque sur le plan de la sécurité. L'inconvénient de cette approche est de négliger certaines situations et de finalement reproduire en partie les limites indiquées dans les réglementations sur les temps de service. Le développement d'un modèle fatigue-risque passe par l'analyse de données de sécurité et leur mise en relation avec les horaires de service et/ou les niveaux de fatigue des opérateurs. Cette modélisation n'est pas généralisable à toutes les activités, car la nature du lien fatigue-risque dépend étroitement des propriétés du système sociotechnique (travail collectif, procédures, niveau d'automatisation, culture sécurité de l'entreprise...).

Conclusion

- 31 La prévention de la fatigue des opérateurs associée aux horaires de travail est le plus souvent soutenue par des limitations de temps de service et par des temps de repos minimum fixés par des réglementations. Ces réglementations s'appliquent souvent sans véritable prise en compte de la complexité des mécanismes associés à la fatigue. Depuis quelques années, des approches alternatives ont été développées. Elles consistent à limiter le temps de service sur la base d'un système de gestion du risque fatigue plutôt que sur la base d'une réglementation. L'objectif est de prévenir la fatigue au plus près de l'activité des opérateurs et des contraintes auxquelles ils sont exposés (horaires des services, possibilités de faire des pauses, nature de l'activité...). En d'autres termes, les critères limitant les temps de service s'appuient davantage sur la fatigue « réelle » que sur des valeurs universelles censées couvrir toutes les situations. Ces systèmes ont pour l'instant essentiellement été développés dans le domaine aéronautique (ICAO, 201), mais ils sont étendus progressivement à d'autres secteurs industriels ou des services. Ils reposent en particulier sur un engagement clair de la direction, sur une formation de l'ensemble des acteurs en charge de leur mise en œuvre, sur l'utilisation d'indicateurs validés, sur des mécanismes de contrôle internes et externes à l'organisation et sur une définition précise des responsabilités partagées entre la direction et les salariés. Ce dernier point est essentiel, car l'une des difficultés principales associées à la mise en œuvre de ces SGS-RF est que la fatigue résulte également des facteurs extérieurs au travail.
- 32 L'existence de ces SGS-RF est récente et l'on ne dispose que depuis peu de retours sur leur efficacité. Même si ces premiers retours sont prometteurs à la fois en matière de sécurité

et de performance globale du système de nombreuses questions restent ouvertes. Plus spécialement, le lien entre fatigue et sécurité, les moyens de contrôler et d'évaluer ces systèmes en particulier par des autorités de régulations extérieures constituent des perspectives de travail indispensables au développement de ces systèmes.

BIBLIOGRAPHIE

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

Alhola, P., Polo-Kantola, P. (2007). Sleep deprivation : Impact on cognitive performance. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 3, 5, 553-567.

Avers, K., Johnson, W.A. (2011). Review of Federal Aviation Administration Fatigue Research Transitioning Scientific Results to the Aviation Industry. *Aviation Psychology and Applied Human Factors*, 1, 2, 87-98.

Belyavin, A.J., Spencer, M.B. (2004). Modeling performance and alertness : the QinetiQ approach. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 75, A93-A103.

Belenky G., Wesensten NJ, Thorne DR, et coll. (2003). Patterns of performance degradation and restoration during sleep restriction and subsequent recovery : A sleep dose-response study. *Journal of Sleep Research*, 12, 1-12.

Borbély, A.A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology*, 1, 195-204.

Cabon, P., Berard, R., Fer, B., Coblenz, A. (1996). Vigilance et conduite. *Urgence pratique*, 19, 55-60.

Cabon, P., Cointot, B., Coblenz, A. (2001). Baisse de vigilance et accidents sur autoroutes. *Urgence pratique*, 47, 75-78.

Cabon, P., Bourgeois-Bougrine, S., Mollard, R., Coblenz, A., Speyer, J.J. (2002). Flight and Duty Time Limitations in Civil Aviation and Their Impact on Crew Fatigue : A comparative Analysis of 26 National Regulations. *Human Factors and Aerospace Safety : An International Journal*, 2, 4, 379-393.

Cabon, P., Deharvengt, S., Grau, J.Y., Maille, N., Berechet, I., Mollard, R., (2012) Research and guidelines for implementing Fatigue Risk Management Systems for the French regional Airlines. *Accident Analysis and Prevention*, 45S, 41- 44.

Civil Aviation Safety Authority. (2014). *Biomathematical fatigue modeling in civil aviation fatigue risk management : Application guidance*. March 2014. Canberra : Author.

Dawson, D., McCulloch, K. (2004) Managing Fatigue as an Integral part of a Fatigue Risk Management System. *International Society of Air Safety Investigator*, 8, 127.

Dawson, D., Chapman, J., Thomas, M. J. W. (2012). Fatigue-proofing : a new approach to reducing fatigue-related risk using the principles of error management. *Sleep Medicine Reviews*, 16, 2, 167-175.

Dawson, D., Noy, Y.I., Härmä, M., Åkerstedt, T., Belenky, G. Modelling fatigue and the use of fatigue models in work settings, 2011. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 2, 549-564.

- Dinges, D.F., Powell, J.W. (1985). Microcomputer analysis of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*, 17, 652.
- Dinges DF, Pack F., Williams K., Gillen, K.A., Powell, J.W., Ott, G.E., Aptowicz, C., Pack A.I. (1997). Cumulative sleepiness, mood disturbance, and psychomotor vigilance performance decrements during a week of sleep restricted to 4–5 hours per night. *Sleep*, 20, 267–77.
- Direction de l'animation de la recherche, des études et des statistiques (DARES) (2011). *Le travail de nuit des salariés en 2009*. Février, 9, 9p.
- Foushee, H.C., Lauber, J.K., Baetge, M.M., Acomb, D.B. (1986). *Crew factors in flight operations. III, The operational significance of exposure to short-haul air transport operations. Moffett Field*. National Aeronautics and Space Administration, Ames Research Center, California.
- Gander, P., Hartley, L., Powell, D., Cabon, P., Hitchcock, E., Mills, A., Popkin, S. (2011). Fatigue Risk Management : organizational factors at the regulatory and industry/company level. *Accident Analysis and Prevention*, 43, 573-590.
- Graeber, R.C., Lauber, J.K., Connell, L.J., Gander, P.H. (1986). International aircrew sleep and wakefulness after multiple time zone flights : A cooperative study. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 57, B3-B9.
- Graeber, R.C. (1988). Air crew fatigue and circadian rhythmicity. In *Human Factors in Aviation*, p. 305-344. Academic Press.
- Hartley, L., Sully, M., Gilroy, P. (2005). Development of a proposed code of practice governing working hours in WA. *The Journal of Occupational Health and Safety Australia and New Zealand*, 21, 4, 351–368.
- Health and Safety at work Act (1974). www.legislation.gov.uk/ukpga/1974/37/contents
- Heuer, H., Klein, W. (2003). One night of total sleep deprivation impairs implicit learning in the serial reaction task, but not the behavioral expression of knowledge. *Neuropsychology*, 17, 507–16.
- International Civil Aviation Organisation (ICAO) (2011). *Fatigue Risk Management Systems Manual for Regulators*. ICAO Doc 9966, Montreal.
- Kronauer, R.E., Czeisler, C.A., Pilato, M.C., Moore-Ede, M.C., Weitzman, E.D. (1982). Mathematical model of the human circadian system with two interacting oscillators. *American Journal of Physiology*, 242, 3-17.
- National Transport Safety Board. « Most Wanted List ». www.nts.gov
- Neri, D.F., Nunneley, S.A., (2004). Proceedings of the Fatigue and Performance Modeling Workshop. June 13-14 2002, Seattle, WA. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 75, 2, section II.
- Nicholson, A.N. (1987). Sleep and wakefulness of the airline pilot. *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 58, 395-401.
- Powell, D.M.C., Spencer, M.B, Petrie, K.J. (2011). Automated collection of fatigue ratings at the top of descent : a practical commercial airline tool. *Aviation Space Environmental Medicine*, 82, 1037-1041.
- Roach, G.D., Petrilli, R.M., Dawson, D., Thomas, M.J.W. (2006). *The effects of fatigue on the operational performance of flight crew in a B747-400 simulator*. In *Evolving System Safety*. In : Proceedings of the 7th International Symposium of the Aviation Psychology Association (AAvPA), Sydney, Australia : Australian Aviation Psychology Association editors.

- Robens, Lord, A. (1972). *Safety and Health at Work*, vol. 1. Report of the Committee 1970–1972. HMSO, London.
- Samn, S.W., Perelli, L.P. (1982). *Estimating aircrew fatigue : A technique with implications to airlift operations*. Technical Report No. SAM-TR-82-21. USAF School of Aerospace Medicine, Brooks AFB, Tx.
- Signal, T.L., Ratieta, D., Gander, P.H. (2008). Flight crew fatigue management in a more flexible regulatory environment : an overview of the New Zealand aviation industry. *Chronobiology International*, 25, 2/3, 373-388.
- Spencer, M., Robertson, K. (2007). The application of an alertness model to ultra-long-range civil air operations. *Somnologie*, 1, 59-166.
- Stewart, S. (2006). *An Integrated System for Managing Fatigue Risk Within a Low Cost Carrier*. In : proceedings of the International Aviation Safety Seminar, Flight Safety Foundation, October 23-26, Paris, France.
- Tassi, P., Muzet, A. (2000). Sleep inertia. *Sleep Medicine Reviews*, 4, 4, 341-353

RÉSUMÉS

L'impact des horaires de travail sur la santé et la sécurité constitue un enjeu essentiel compte tenu du recours de plus en plus important à des horaires atypiques dans beaucoup de secteurs industriels, des services ou des transports. La prévention de la fatigue associée à ces horaires passe le plus souvent par des limitations réglementaires des temps de service et de calcul de temps de repos minimum. Ces approches prescriptives présentent plusieurs inconvénients, y compris pour la fatigue des salariés. Cet article présente une alternative aux réglementations des temps de service permettant de gérer le risque fatigue au plus près des contraintes spécifiques du travail. Les grands principes de ces systèmes de gestion du risque fatigue sont illustrés par quelques exemples. Leurs principales limitations sont également discutées.

The impact of hours of work on employees' health and safety is a critical issue given the increasing use of abnormal hours of work in a number of industries, services or transports. The prevention of fatigue associated with these hours of work is most often based on regulatory approaches that rule the duty time limitations and minimum rest time. These prescriptive approaches have several caveats, including for employees' fatigue. This article presents an alternative for managing the risk of fatigue as close as possible to specific work constraints. The general principle of these fatigue risk management systems is presented and illustrated by a few examples. Their main limitations are also discussed.

El impacto de los horarios de trabajo sobre la salud y la seguridad es un tema clave teniendo en cuenta el uso de cada vez más importante de horarios atípicos en muchos sectores industriales, de servicios o de transporte. La prevención de la fatiga asociada a estos horarios pasa a menudo por limitaciones reglamentarias del tiempo de trabajo y de cálculo de los períodos mínimos de descanso. Estos enfoques prescriptivos tienen varias desventajas incluyendo la fatiga del trabajador. En este artículo se presenta una alternativa a la reglamentación de tiempos de trabajo que permite administrar el riesgo de fatiga tomando en cuenta lo más estrechamente posible, las limitaciones específicas del trabajo. Los principios fundamentales de estos sistemas de gestión de riesgos de fatiga se ilustran con algunos ejemplos. También se discuten sus principales limitaciones.

INDEX

Keywords : fatigue, safety, aeronautics, working hours

Mots-clés : fatigue, sécurité, aéronautique, horaires de travail

Palabras claves : fatiga, seguridad, industria aeroespacial, horarios de trabajo

AUTEUR

PHILIPPE CABON

Université Paris Descartes - Laboratoire Adaptations Travail Individu Institut de Psychologie. 71,
avenue Édouard Vaillant, 92774 Boulogne-Billancourt Cedex. philippe.cabon@parisdescartes.fr