Défense nationale | National Defence

Propos de vol

NUMÉRO 2, 2013

FATIGUE

Canada

Vues sur la sécurité des vols

par le Lieutenant-général J.Y. Blondin, chef de la Force aérienne

L'ARC vient de connaître une période prolongée de cadence opérationnelle élevée dans le cadre de divers déploiements autour du monde, et je suis particulièrement fier de la qualité du travail accompli par les hommes et les femmes qui ont redoublé d'efforts pour bien servir leur pays dans des conditions très exigeantes. Le roulement élevé du personnel a imposé des exigences supplémentaires à nos opérations, mais nous avons néanmoins connu beaucoup de succès au cours de cette période très active.

> « Il est impératif que tous comprennent que la sécurité des vols ne peut être séparée des opérations ou de la chaîne de commandement, elle doit continuer de faire partie intégrante de tout déploiement à venir. »

L'ARC doit faire face à un contexte des plus exigeant. Même si nous connaissons actuellement un certain ralentissement dans le rythme des opérations, la sécurité dans le monde est loin de s'améliorer, et il y aura presque inévitablement de futurs déploiements. Cette période d'accalmie entre des opérations de déploiement de grande envergure constitue un moment idéal pour réfléchir aux leçons apprises, afin de les intégrer et de les consolider de manière à améliorer nos prochaines opérations. Le rôle de la sécurité des vols et la façon dont cet outil fondamental doit s'intégrer aux opérations de déploiement doivent nécessairement faire partie de la discussion.

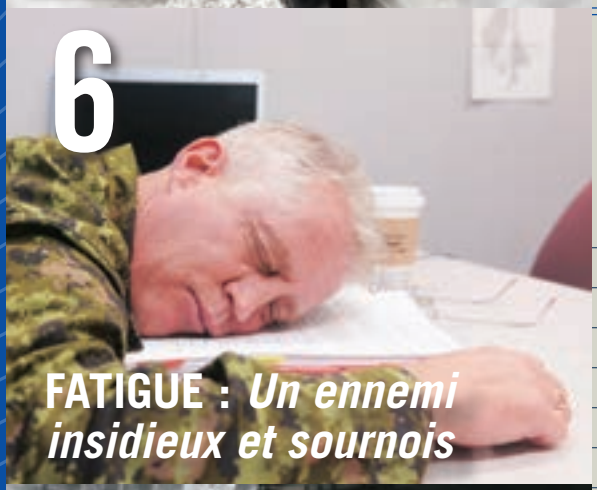
Le programme de sécurité des vols de l'ARC est reconnu comme étant l'un des meilleurs au monde, et sa culture de sécurité, qui s'est perfectionnée au fil de nombreuses années, est maintenant profondément enracinée. Personne ne remet en question la pertinence du programme dans le cadre des opérations nationales en temps de paix, mais est-ce également le cas lors des déploiements dans des environnements plus dangereux? La même culture propice à l'établissement de rapports s'applique-t-elle toujours? La sécurité des vols représente t elle une aide ou une entrave dans l'exécution de missions de déploiement qui se déroulent dans des conditions difficiles et exigeantes? Il est évident que, dans certains cas, nous aurions pu faire mieux à cet égard.

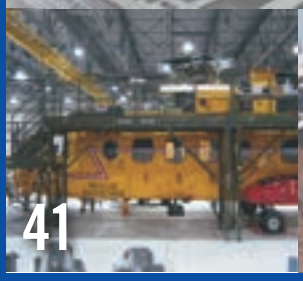
Il est impératif que tous comprennent que la sécurité des vols ne peut être séparée des opérations ou de la chaîne de commandement, elle doit continuer de faire partie intégrante de tout déploiement à venir. La sécurité des vols n'a pas pour but de limiter les opérations, mais elle vise au contraire à les favoriser à l'aide d'une communication et d'une coordination efficaces. Ce n'est que dans ce cadre que l'on peut élaborer et mettre en œuvre un processus d'évaluation des risques efficace qui contribuera à toutes les facettes de la planification et de l'exécution des missions. Pour y parvenir, nous devons nous assurer que des représentants de la sécurité des vols participent dès le départ à la planification des déploiements. La sécurité des vols ne doit pas être perçue comme un élément auquel on pensera plus tard ou qu'il est préférable de laisser derrière.

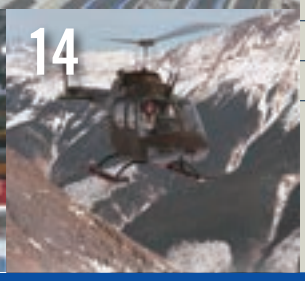
Les opérations récentes ont été une grande réussite, mais de nombreux défis nous attendent au cours des prochaines années. Les niveaux d'expérience généralement moins élevés de notre personnel occupant des postes de travail et de supervision, de concert avec un nombre plus réduit d'heures de vol et de formation prévues, contribueront à créer une situation où le risque pourrait être plus élevé. Face à des situations internationales de plus en plus menaçantes, il est fort probable que le gouvernement du Canada fasse encore appel à l'ARC. Un programme de sécurité des vols efficace et pleinement intégré sera essentiel en tant que multiplicateur de force visant à contribuer à la réussite des missions tout en maintenant un niveau de risque acceptable. ◆

La page couverture simule un membre de la Force aérienne en état de somnolence, au préalable ou au retour d'un déploiement ou exercice majeur, possiblement causé par une surcharge de travail, du stress excessif ou d'autres facteurs humains connexes.

Photo : Cpl Vincent Carbonneau







Propos de vol

TABLE DES MATIÈRES

Numéro 2, 2013

Rubriques régulières

Vues sur la sécurité des vols	2
Good Show	4
Le coin du rédacteur en chef	5
Un message de votre Médecin de l'air	6
Mise au point sur la maintenance	8
L'enquêteur vous informe	41
Épilogue	43
Un dernier mot – 2013 mars l'Atelier sur la sécurité des vols	46

Dossiers

Fatigue, Vol et QI Fluide	21
Fatigue 101	25
Sensibilisation à la fatigue	27
Aperçu des problèmes de fatigue dans l'Aviation royale canadienne et des mesures de prévention choisies	30
Garder le CAP	39

Leçons apprises

Quelle est la probabilité?	12
Fatigue et conditions météorologiques de vol aux instruments imprévues	14
À la croisée de deux mondes	17
Messages textes mortels	19

DIRECTION – SÉCURITÉ DES VOLS

Directeur – Sécurité des vols
Colonel Yvan Choinière

Rédacteur en chef
Mr Jacques Michaud

Conception graphique et mise en page
d2k Marketing Communications

Technicien en imagerie
Caporal Vincent Carbonneau

REVUE DE SÉCURITÉ DES VOLS DES FORCES CANADIENNES

La revue *Propos de vol* est publiée quatre fois par an par la Direction – Sécurité des vols. Les articles publiés ne reflètent pas nécessairement la politique officielle et, sauf indication contraire, ne constituent pas des règlements, des ordonnances ni des directives. Votre appui, vos commentaires et vos critiques sont les bienvenus. Les textes soumis deviennent la propriété de *Propos de vol* et peuvent être modifiés quant à leur longueur ou à leur format.

Envoyer vos articles à :

Rédacteur en chef,
Propos de vol
Direction – Sécurité des vols
QGDN/Chef d'état-major de la Force aérienne
Édifice Mgen George R. Pearkes
101 promenade Colonel By
Ottawa (Ontario) Canada
K1A 0K2

Téléphone : 613-992-0198
Télécopieur : 613-992-5187
Courriel : dfs.dsv@forces.gc.ca

La reproduction du contenu de cette revue n'est permise qu'avec l'approbation du rédacteur en chef.

Pour informer le personnel de la DSV d'un événement **URGENT** relié à la sécurité des vols, contacter un enquêteur qui est disponible 24 heures par jour au numéro 1-888-927-6337 (WARN-DFS).

La page Internet de la DSV à l'adresse www.airforce.forces.gc.ca/dfs offre une liste plus détaillée de personnes pouvant être jointes à la DSV ou écrivez à dfs.dsv@forces.gc.ca.

ISSN 0015-3702
A-JS-000-006/JP-000

Good Show

Pour l'excellence en sécurité des vols

Madame Nicola Nelson, instructeur civil

Madame Nicola Nelson faisait partie du groupe de quatre adultes et de quatre cadets-cadres donnant un cours de familiarisation de vol à voile des cadets à Netook (Alberta) au cours de l'été 2012. Occupant le poste de pilote des vols de familiarisation, Mme Nelson assumait également le rôle d'officier de la sécurité des vols de l'unité, même si elle n'avait pas encore eu l'occasion de suivre le cours sur la sécurité des vols.

Le 14 août 2012, Mme Nelson et tout le personnel de l'unité de Netook s'apprêtaient à effectuer les derniers vols de la journée, lorsque le câble du treuil s'est rompu. Les planeurs étaient stationnés pendant que l'on procédait à la réparation du câble. Pendant ce temps, une forte tempête de vent imprévue s'avançait vers la région de Netook. À ce moment-là, le personnel s'est rendu compte qu'il n'aurait pas le temps de déplacer les planeurs pour les mettre à l'abri dans le hangar. Il a donc décidé d'amarrer les aéronefs à l'extrémité de la piste. Tandis qu'il procédait à leur amarrage, la tempête a pris de l'ampleur et la vitesse du vent a atteint plus de 128 kilomètres à l'heure. Les amarres ont cédé brusquement sous la force du vent. Soulevés à au moins cinq mètres du sol, les deux planeurs se sont retournés sur le dos avant d'être projetés dans un champ à environ 25 mètres de là. Les deux planeurs ont subi de lourds dommages.

Dans l'accident, deux des instructeurs civils adultes de l'unité et un cadet-cadre ont été grièvement blessés. L'instructeur civil Nelson a eu à assumer inopinément la responsabilité d'un très grave accident au sol avec l'aide de l'autre instructeur civil et des trois autres jeunes cadets cadres. Elle n'avait jamais été confrontée à une telle situation, et elle disposait de peu de formation pour intervenir dans le cadre d'un tel événement. Elle s'est immédiatement rendu compte qu'elle devait s'occuper des trois personnes blessées en plus de donner des directives aux quatre autres personnes qui se tenaient toujours près d'elle.

L'instructeur civil Nelson a surmonté les émotions intenses qu'un tel accident peut faire naître et a appelé les services médicaux d'urgence de la région pour demander un service complet d'intervention d'urgence. En même temps, elle demandait à ses collègues d'établir un périmètre de sécurité et de s'occuper des blessés du mieux qu'ils le pouvaient. Elle a également communiqué avec l'officier de la sécurité des vols des cadets de la région afin de signaler l'accident et demander de l'aide. Pendant ce temps, la tempête s'intensifiait toujours. Craignant la formation d'une tornade, l'instructeur civil Nelson a établi un plan en vue d'évacuer le lieu de l'accident, dirigeant toutes les personnes présentes vers le hangar à l'abri des intempéries. Une fois à l'intérieur, elle a continué de donner des conseils, de porter secours aux blessés et d'offrir des mots d'encouragement aux cadets-cadres. Les services médicaux d'urgence sont arrivés rapidement, et une ambulance a transporté les trois personnes blessées à l'hôpital où elles ont reçu les soins qui s'imposaient.

L'instructeur civil Nelson a pris la situation en main ainsi que des décisions rapides et judicieuses pour porter secours et assurer le bien-être de toute l'équipe, contribuant ainsi à éviter d'autres blessures, et ce, à la suite d'un accident au sol extrêmement prenant. Sa conduite a impressionné ses pairs comme ses superviseurs.

L'instructeur civil Nicola Nelson mérite sans contredit la Distinction « Good Show » qui lui est décernée pour les gestes exceptionnels qu'elle a posés en vue de protéger la vie des membres de son équipe et de leur prodiguer des soins pendant une situation critique. ◆

L'instructeur civil Nicola Nelson est actuellement membre du Centre de vol à voile de Gimli, à Gimli (Manitoba).

Le coin du rédacteur en chef

Le Capitaine John Dixon, notre rédacteur en chef précédent, vient tout juste de passer au 437e Escadron de transport à Trenton où il aura l'occasion de piloter le CC150 *Airbus*. John a accompli un travail formidable à titre de rédacteur en chef de la revue *Propos de vol* au cours des 30 derniers mois. À titre de réenrôlé qui possédait une vaste expérience acquise au sein de l'ancien Groupe de transport aérien et de diverses compagnies aériennes commerciales, il avait été quelque peu surpris d'avoir été affecté à une tâche d'état-major à Ottawa, sans grande perspective de piloter de nouveau. Cette situation n'a pourtant nullement compromis son professionnalisme ni son dévouement au travail. Il a apporté plusieurs changements au format et au contenu du magazine et a notamment introduit les numéros portant sur un sujet particulier d'intérêt au moment avec l'abandon de la publication du magazine *Droit au but*. Chapeau bas John! Encore une fois merci pour l'excellent travail accompli et nous te souhaitons la meilleure des chances dans tes projets futurs.

Par défaut, du mois provisoirement, j'ai hérité de la responsabilité du magazine *Propos de vol* – au moins jusqu'à ce qu'un rédacteur dûment qualifié soit affecté à ce poste. John a préparé la plus grande partie du présent numéro dont le thème central est la *Fatigue*. Aussi, si le contenu ne vous plaît pas, c'est à lui que vous devrez adresser vos doléances. Au cours des dernières années, il a consacré beaucoup d'énergie à solliciter les officiers de la sécurité des vols et les commandants à divers échelons de la hiérarchie pour les inciter à rédiger des articles. Je m'engage à suivre la même voie. En effet, il serait très difficile de continuer à publier un magazine de qualité si la DSV devait s'appuyer trop lourdement sur des sources en provenance de l'extérieur des FC et si, dans le pire des cas, nous ne parvenions pas à dénicher un rédacteur en chef permanent.

On vous l'a répété souvent : « la sécurité des vols est l'affaire de tous ». De même, *Propos de vol* est votre magazine et chacun a la responsabilité d'en enrichir le contenu afin qu'il demeure pertinent et qu'il traite essentiellement de vos préoccupations et de celles du Programme de la sécurité des vols. Certaines initiatives toutes simples peuvent avoir un écho considérable. Citons l'exemple du Cplc Camil Olsen du 12e EMAS Shearwater qui a récemment pris sur lui de porter à la connaissance de l'officier divisionnaire de formation, le Capt Sue Witchel, un article qu'il avait lu à propos d'un accident survenu aux États-Unis. Le pilote, qui exploitait un hélicoptère d'évacuation sanitaire, aurait été distrait par l'envoi de nombreux messages textes alors qu'il préparait son appareil pour un vol, et également pendant le vol. L'hélicoptère s'est écrasé et il semblerait que l'envoi des messages en question soit l'un des facteurs clés ayant causé la distraction du pilote pendant le contrôle pré-vol, au cours duquel il n'a pas ravitaillé son appareil correctement. Vous pourrez prendre connaissance des détails de cet accident dans l'article du présent numéro titré « Texter à mort ».

Quoi qu'il en soit, le Cplc Olsen a senti que l'article pointait du doigt un danger majeur pour les FC : l'utilisation de téléphones intelligents dans les aéronefs et aux alentours. Le Cap Sue Witchel m'a contacté et il a été décidé de diffuser l'article par courriel à tous les membres de l'équipe chargée de la SV. En une demi journée, l'information mise de l'avant par le Cplc Olsen a fait le tour de toutes les unités de vol des FC. L'initiative du Cplc Olsen est venue appuyer à point nommé le message véhiculé par l'affiche centrale du numéro 1 de *Propos de vol* où l'on peut voir un bras ensanglanté qui tient un téléphone cellulaire. Quelques minutes après la diffusion générale du courriel au sein des FC, le Capt Ron Busch, du G3 Aviation du quartier général du 2e Groupe-brigade mécanisé du Canada, a soumis un exemple très probant des dangers que représente l'envoi de messages textes alors qu'on est à son poste de travail.

Je le répète, vous êtes tous invités à contribuer à *Propos de vol*. Le prochain numéro portera sur les facteurs humains et mettra tout spécialement l'accent sur la nouvelle version du système de classification et d'analyse des facteurs humains des FC (HFACS des FC version 3.0). J'attends avec impatience vos suggestions d'articles et vos idées que vous pouvez me faire parvenir par l'intermédiaire de l'adresse de courriel commune de la DSV dfs.dsv@forces.gc.ca ou directement à mon bureau à l'adresse jacques.michaud@forces.gc.ca. ◆

BABILLARD

Nous avons un grand besoin de bons articles de SV de type Dossiers. Si vous croyez que vous possédez du matériel intéressant qui pourrait être publié dans *Propos de vol*, veuillez l'envoyer à **dfs.dsv@forces.gc.ca**.

Un message de votre

Médecin de l'air

Fatigue :

Un ennemi insidieux et sournois

par le Major Stephen Cooper, conseiller médical pour la Direction de la sécurité des vols, Ottawa

Ce qui rend la fatigue terriblement meurtrière, c'est que ses effets sont insidieux. La fatigue se comporte comme nos pires ennemis, elle agit sournoisement afin de maximiser les pertes qu'elle provoque.

C'est pendant ma formation aéromédicale, il y a de nombreuses années, que j'ai entendu pour la première fois un instructeur utiliser le mot « insidieux » pour décrire un autre phénomène; il appliquait ce qualificatif aux effets potentiellement mortels de l'hypoxie (manque d'oxygène). Nous avons étudié pendant des jours les dangers de l'hypoxie et, afin de mieux nous sensibiliser aux symptômes qui lui sont associés, nous avons même fait un court séjour dans une chambre hyperbare où nous avons été exposés au mal de décompression (maladie des caissons). Le milieu de l'aéronautique a conçu des systèmes complexes et coûteux visant à fournir de l'oxygène aux membres d'équipage et aux passagers, à détecter les teneurs en oxygène trop faibles et à les signaler aux occupants, et enfin à fournir de l'oxygène supplémentaire en cas d'urgence. Des efforts équivalents n'ont toutefois pas été consentis pour lutter contre le phénomène de la fatigue.

Les conséquences de la fatigue peuvent être tout aussi mortelles que celles de l'hypoxie et c'est un phénomène beaucoup plus répandu dans notre société. La fatigue touche aussi bien les membres d'équipage que les contrôleurs, les spécialistes de la maintenance et les superviseurs. Elle peut nuire aux communications interpersonnelles, détériorer l'état physique ou mental d'une personne et engendrer des conflits relationnels.

Photo : Cpl Alex Paquin

La fatigue est souvent citée comme facteur de causalité dans des accidents de transport ayant fait des morts et des blessés. Dans le cas du naufrage de l'Exxon Valdez, la fatigue de l'officier qui manœuvrait le navire s'est avérée être un facteur de causalité plus important que les effets de l'alcool sur le capitaine, qui se trouvait alors dans sa cabine. La fatigue et l'inertie du sommeil du commandant de bord du vol 447 d'Air France ont joué un rôle dans le décrochage et l'écrasement de l'avion dans l'océan Atlantique. Rappelons que cet accident a entraîné la mort des 228 personnes à bord. Les accidents de la circulation, qui sont une cause fréquente de décès et de blessures, augmentent de 7 % à chaque printemps au moment du passage à l'heure avancée, et ce, en raison de la perte d'une seule heure de sommeil.

L'affaiblissement des facultés causé par la fatigue est beaucoup plus complexe à analyser que celui causé par l'hypoxie, l'alcool, la « gueule de bois », ou autres facteurs. L'approche systémique est la meilleure façon de résoudre un problème complexe comme celui-ci, et de réduire ainsi le nombre d'accidents et de décès.

Vos choix personnels jouent un rôle essentiel pour vous prémunir contre les blessures ou un décès prématuré. À titre de conseiller médical, voici les conseils que je vous donne pour lutter contre la fatigue :

1. **Formation :** Pour en apprendre davantage sur la fatigue et les moyens de la gérer, vous devez suivre le cours sur la performance humaine dans l'aviation militaire (PHAM).

Photo : Shutterstock.com

2. **Établissement de calendriers comportant des mesures d'atténuation de la fatigue :** Assurerez-vous que votre organisation prévoie des périodes de repos suffisantes entre les quarts de travail et qu'elle comprend que des facteurs comme le travail par quarts, le décalage horaire et le surtemps augmentent le niveau de fatigue.

3. **Signalement :** Vous devez signaler tous les événements liés à la sécurité (accidents, incidents, événements évités de justesse) causés par des facteurs liés à la fatigue. Envoyez un rapport par l'intermédiaire de la chaîne de commandement, ou directement à l'organisation de la sécurité générale et/ou de la sécurité des vols, lorsque la sécurité des vols a été compromise.

4. **Temps de sommeil :** Lorsqu'on vous accorde un congé, vous avez le devoir de dormir suffisamment et de prendre des mesures pour obtenir un sommeil de bonne qualité. Le fait de vous coucher tard pour jouer à des jeux vidéos, participer à des médias sociaux ou vous livrer à d'autres activités sociales, plutôt que de dormir, accroît vos risques de causer un accident et de vous blesser ou de blesser d'autres personnes.

5. **Hygiène du sommeil :** Vous avez la responsabilité d'établir dans votre demeure un endroit propice au sommeil. Idéalement, la pièce destinée au repos doit être sombre et paisible, la température doit y être confortable et il ne doit y avoir ni téléviseur, ni animal domestique. En outre, il faut savoir que la consommation de boissons alcoolisées ou caféinées pendant la soirée ou juste avant le coucher nuit à la qualité du sommeil.

6. **Reconnaître les signes et les symptômes de la fatigue :** Un sentiment de fatigue pendant la journée, des problèmes de concentration, de l'irritabilité et une perte de précision du geste sont tous des indices que vous devriez accroître la durée et la qualité de votre sommeil.

7. **Famille et amis :** Les membres de votre famille et vos amis doivent respecter votre besoin de repos, et ils doivent redoubler d'efforts si vous avez de jeunes enfants ou si vous travaillez par quarts. Ces personnes sont également les mieux placées pour déceler précocement tous changements de votre personnalité attribuables à la fatigue ou à un problème médical. Une remarque délicate de la part d'un proche devrait constituer un signal d'alarme rouge clignotant que vous subissez les assauts de votre insidieux ennemi, la fatigue.

8. **Causes médicales :** Si les symptômes susmentionnés ne se résorbent pas après avoir pris du repos, vous devriez consulter un professionnel de la santé. Avec votre collaboration, ce dernier cherchera à diagnostiquer tout problème de santé sous-jacent et à établir un traitement.

9. **Mesures à prendre en cas de fatigue :** En dépit de tous vos efforts, vous pourriez vous retrouver dans un état de grande fatigue à la maison ou au travail. Dans un tel cas, vous devez :
   - en informer immédiatement votre superviseur et vos collègues de travail;
   - cesser d'exécuter toutes tâches délicates sur le plan de la sécurité;
   - **si possible**, demander qu'on vous relève de vos fonctions et qu'on vous accorde une période complète (environ 8 heures) de sommeil de qualité;
   - demander qu'on vous permette de faire une « sieste tactique » (20 minutes) ou un sommeil de courte durée (4 heures);
   - envisager de prendre une dose de caféine qui vous fournira la stimulation à court terme nécessaire pour terminer une tâche cruciale;
   - consulter votre fournisseur de soins de santé, si les symptômes persistent.

Conclusion

La fatigue constitue un danger aussi grand pour votre vie que la conduite en état d'ébriété ou l'attaque d'une force ennemie. Le seul remède à la fatigue est un sommeil de bonne qualité d'une durée suffisante. Si les symptômes de la fatigue persistent malgré tout, vous devez prendre rendez-vous avec un professionnel de la santé afin qu'il détermine tout problème de santé sous-jacent et qu'il suggère un traitement.

Le sommeil et la fatigue sont des questions complexes qui touchent le comportement individuel, la dynamique familiale, le calendrier de travail, l'état de santé et les exigences opérationnelles. Vous devez participer activement à la lutte contre cet ennemi insidieux. ◆

Présence de glace?

Notions de base sur les additifs antigivre de circuit carburant

par le Capt Karl Manuel, officier des fluides aérospatiaux (QGDN OSFA), Centre d'essais techniques de la qualité

Photo : Adj Serge Peters

À mesure qu'un aéronef prend de l'altitude, la température de l'air environnant diminue à un taux de 2 à 3 degrés Celsius pour chaque 1000 pi d'altitude. Même par une chaude journée d'été, la température de l'air à quelques milliers de pieds d'altitude peut descendre bien en deçà du point de congélation et le carburant contenu dans les réservoirs de l'aéronef peut chuter en dessous de 0 degré C. Selon les spécifications, le carburant aviation peut contenir une petite quantité d'eau libre, soit un maximum de 30 parties par million. Lorsque le carburant refroidit, environ une partie par million d'eau dissoute redevient de l'eau libre pour chaque degré C de baisse de température. Pour certains aéronefs non munis de réchauffeurs de circuit carburant en ligne, il est nécessaire de mélanger au carburant un additif antigivre de circuit carburant (AACC) afin d'éviter que l'eau libre forme des cristaux de glace, ce qui pourrait obstruer les filtres à carburant et les petites conduites à l'intérieur du régulateur de carburant, et possiblement entraîner une perte de puissance ou un arrêt moteur.

L'ingrédient principal d'un AACC est une substance chimique appelée éther monométhylique du diéthylèneglycol. Lorsque cette substance est répartie uniformément dans le carburant, elle migre à l'intérieur de l'eau libre qui s'est séparée

de la solution et elle en abaisse le point de congélation jusqu'à environ -43 degrés C. Il a également été démontré que l'AACC pouvait agir à titre d'agent biostatique et retarder la croissance des bactéries qui sont présentes dans l'eau et qui se nourrissent des hydrocarbures. Une prolifération microbienne survient chaque fois qu'il y a présence d'eau libre dans un circuit carburant et, dans des cas extrêmes, ce phénomène peut également provoquer une obstruction du circuit carburant.

Dans de nombreux aéronefs de conception civile, on utilise le carburant pour refroidir l'huile du moteur, et ce, à l'aide d'un dispositif appelé échangeur de chaleur carburant-huile, et c'est là l'une des raisons pour lesquelles il n'est généralement pas nécessaire d'utiliser un AACC pour l'aviation civile. Toutefois, l'échangeur de chaleur doit être en mesure de composer avec le givrage du carburant. L'un des exemples les plus connus d'un blocage de circuit carburant provoqué par une contamination par le givre est l'accident du vol 38 de British Airways survenu le 17 janvier 2008. Un Boeing 777-200ER s'est écrasé juste avant la piste à l'aéroport de Londres (Heathrow) à cause d'une obstruction par de la glace au niveau de l'entrée de l'échangeur de chaleur carburant-huile. L'accident s'est produit lorsque l'échangeur n'a pas été en mesure de composer avec une brusque libération de la glace qui s'était accumulée à l'intérieur des conduites de carburant pendant le vol de longue durée.

Ce qu'il faut surveiller

La manière la plus pratique de réduire au minimum la prolifération microbienne et la contamination par l'eau est de purger régulièrement l'eau présente dans le carburant et de faire un bon entretien des réservoirs carburant. En outre, les carburants militaires comme le F-44 (JP-5) et le F-34 (JP-8) contiennent un AACC comme moyen de lutte contre la formation de cristaux de glace et la prolifération microbienne. Lorsqu'on l'utilise en petites quantités (0,10 à 0,15 % par volume), l'AACC accomplit très efficacement son travail. Toutefois (il semble toujours y avoir au moins un « toutefois » dans un article de la sécurité des vols), malgré ses qualités, il en va d'un AACC comme pour d'autres choses, trop c'est comme pas assez.

Photo : Sgt Errol Morel

Photo : CplcShilo Adamson

En concentrations trop élevées, l'AACC, une fois mélangé à l'eau, ne fait pas qu'abaisser le point de congélation, il peut également former un puissant solvant qui peut extraire d'autres composants du carburéacteur et du circuit carburant lui-même[1]. Le CETQ a analysé des échantillons de carburant en provenance d'un avion en cause dans un incident lié à la sécurité des vols où il avait dû effectuer un atterrissage d'urgence à cause d'une contamination du carburant. On a découvert que l'AACC avait réagi avec les chicanes en polyuréthane situées à l'intérieur des réservoirs de carburant, ce qui avait produit une sorte de résine qui avait obstrué les filtres à carburant et réduit le débit carburant vers les moteurs. L'enquête a révélé que le carburant contenait jusqu'à 3 % d'AACC par volume, soit une concentration plus de 20 fois supérieure à la limite permise. Cette surconcentration avait été causée par l'absence de contrôle de l'injection de l'AACC par le fournisseur de carburant.

De même, une couche d'eau non drainée au fond d'un réservoir de carburant attire l'AACC, et ce dernier peut réagir avec le produit d'étanchéité à base de polysulfure. À la suite d'un autre incident, l'enquête a révélé que la présence d'AACC en quantité excessive au fond d'un réservoir de stockage de carburant avait provoqué l'extraction de la teinture rouge contenue dans le produit d'étanchéité, ce qui avait compromis l'étanchéité du réservoir et y avait entraîné une accumulation de débris. (Figure 1). Cela met en évidence l'importance de purger régulièrement toute eau libre présente dans les réservoirs de carburant.

L'un des sous-produits les plus complexes que l'AACC peut former dans le carburant est une substance connue sous le nom de « gelée de pomme » (Figure 2). On sait que l'AACC peut parfois réagir avec l'eau et un matériau polymérique contenu dans un système de filtration au sol (EI 1583) et

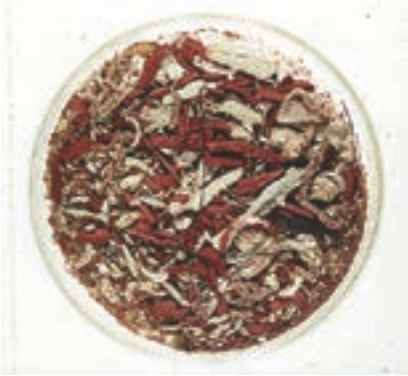


Figure 1. Produit d'étanchéité découvert au fond du réservoir

Figure 2. « Gelée de pomme » trouvée dans un corps de filtre horizontal

Figure 3. Méthode incorrecte d'ajout d'AACC au carburant

former ainsi un mélange complexe de matières de couleur rougeâtre/brunâtre ayant l'aspect et la consistance de la gelée de pomme. Si vous découvrez cette « gelée de pomme » dans un circuit carburant (par exemple au niveau des filtres), vous devrez sans doute le rincer, sinon le remplacer, au complet.

Conclusion

Comme vous avez pu le constater, même si l'AACC est très efficace pour lutter contre les problèmes liés à l'eau libre, au givrage et à la prolifération microbienne dans les circuits carburant, il peut également les endommager gravement s'il est ajouté de façon inadéquate au carburant. Une formation appropriée et des documents comme le C-82-010-007/TP-000 peuvent vous aider à mieux comprendre le rôle des AACC et à connaître les pratiques sûres pour la manutention des carburants, de manière à assurer la sécurité des opérations aériennes de l'ARC.

Si vous devez effectuer un avitaillement en carburant à partir d'une source extérieure au MDN, vous devez vérifier si le carburant contient ou non un AACC. Dans la négative, vous pouvez soit ajouter vous-même un AACC à l'aide d'une méthode approuvée, soit effectuer le vol sans AACC (les risques associés à une telle pratique ont été officiellement établis pour certaines flottes d'appareils). Lorsqu'un vol doit être effectué sans AACC, il faut veiller à bien purger tout excès d'eau du circuit carburant.

Rappelez-vous qu'un bon entretien est la clé du succès. La purge des puisards, l'utilisation de filtres appropriés et la vérification des pourcentages d'AACC à la fréquence recommandée contribueront à assurer la sécurité de nos missions aériennes. ◆

Référence :

1. Article du numéro du printemps 2003 de *Technology Today* du Southwest Research Institute : A Potentially Deadly Spread.

Foire aux questions :

1. **Est-ce qu'un AACC abaisse le point de congélation du carburant?** *Non, l'AACC étant une substance à base de glycol, il a plus d'affinité pour l'eau que pour le carburant. Par conséquent, il réagira avec l'eau libre présente dans les réservoirs de carburant de l'aéronef et abaissera le point de congélation de cette eau afin de l'empêcher de former des cristaux de glace.*

2. **Quelles sont les concentrations d'AACC recommandées pour les carburéacteurs d'aviation comme les F-34/F-37 et F-44?** *Conformément à la norme CGSB-3.24, il faut ajouter au carburant une concentration d'AACC comprise entre 0,10 et 0,15 % par volume. Le document C-82-005-001/AM-001 stipule que pour les opérations de l'ARC, les taux d'AACC acceptables se situent entre 0,07 et 0,20 % par volume.*

3. **Peut-on utiliser de l'AACC contenu dans des canettes d'aérosol?** *Le CETQ approuve l'utilisation de l'AACC en canettes d'aérosol sous réserve que la totalité du contenu de chaque canette soit utilisée pour traiter une quantité correspondante de carburant, selon les instructions du fabricant. En effet, le débit des canettes d'aérosol n'est généralement pas constant pendant l'expulsion du produit et on risque d'ajouter trop d'AACC au carburant si l'on ne traite pas une quantité connue de carburant avec tout le contenu d'une ou de plusieurs canettes.*

4. **Est-ce que le carburant traité à l'AACC est compatible avec tous les systèmes de filtration de carburant d'aviation?** *Le carburant prémélangé est filtré au moins deux fois avant d'avitailler un aéronef. Le filtre séparateur respectant la norme EI 1581 est un système de filtration spécialement conçu pour le carburant prémélangé avec de l'AACC.*

   L'indicateur de filtre respectant la norme EI 1583 (qui contient un matériau polymérique) absorbe l'eau libre contenue dans le carburant destiné aux avions à réaction commerciaux et il est incompatible avec les carburants d'utilisation militaire qui contiennent de l'AACC.

   Le carburant contenant de l'AACC est compatible avec tous les filtres à carburant d'aviation sans aucune restriction opérationnelle.

Bien connaître les carburants :

Jet A	point de congélation -40 degrés C
Jet A-1	point de congélation -47 degrés C et point d'éclair minimal de 38 degrés C
F-34	Jet A-1 avec antioxydant, AACC et inhibiteur de corrosion
JP-8	Désignation américaine du F-34
F-37	F-34 avec additif +100 (= JP-8 +100)
F-44	Jet A-1 avec antioxydant, AACC et inhibiteur de corrosion, point d'éclair minimal de 60 degrés C
JP-5	Désignation américaine du F-44

YOUR ATTITUDE > FLIGHT SAFETY > YOUR LIFE

Photo : Cpl Igor Loutsiouk

Quelle est la probabilité?

par le Capitaine Gillian Parker, 424e Escadron de transport et de sauvetage, 8e Escadre Trenton, Ontario

Les Ordonnances de la 1re Division aérienne du Canada comprennent des règles très exhaustives sur le repos et les journées de service des équipages navigants, et ce, non seulement pour les équipages navigants de recherche et de sauvetage (SAR), mais bien pour tous les équipages navigants. Ces règles existent pour une bonne raison. Le pilotage d'un aéronef laisse peu de place à l'erreur ou à la fatigue. Tout pilote ayant poussé les limites de sa journée de service connaît la sensation accablante qui l'envahit lorsqu'il doit prendre une décision ou réagir physiquement, alors que ses réflexes sont engourdis par la fatigue.

Dans la collectivité SAR, les équipages navigants mis en attente doivent s'assurer qu'ils sont bien reposés avant et durant leur période de service, de manière à être prêts à travailler tout au long de cette période, quelle que soit l'heure à laquelle ils sont appelés à le faire. De prime abord, la tâche ne semble pas très exigeante, plus particulièrement pour les équipages qui sont mis en attente de nuit, de 16 h à 8 h le lendemain matin. Il leur faut tout simplement faire un somme au beau milieu de la journée ou se ménager une très bonne nuit de sommeil la veille. Ce qui pose problème, c'est qu'il n'est pas toujours facile de se reposer durant le jour, surtout lorsque nombre d'autres tâches doivent être accomplies de jour.

Après une nuit qui avait plutôt laissé à désirer, je m'étais présentée au bureau de l'escadron ce matin-là pour régler quelques tâches administratives. (Les Ordonnances de l'escadron permettent aux membres d'un équipage navigant mis en attente de nuit de se présenter au travail entre 8 h et 12 h le matin suivant. Le membre en question doit ensuite quitter le travail afin de garantir une période de repos de quatre heures avant de commencer une nouvelle période de mise en attente à 16 h.) J'ai bien réussi à quitter le bureau à midi, mais je devais faire un arrêt avant de retourner à la maison; il fallait

« Après plusieurs nuits consécutives sans se faire attribuer une mission, les équipages navigants peuvent céder au laisser-aller et commencer à se demander quelle sera la probabilité qu'on commande leurs services. J'en suis malencontreusement venu à une mauvaise conclusion, un soir, alors que mes services avaient été mis en attente en tant que copilote d'un CC130 du 424e Escadron. »

ensuite promener le chien et payer des factures. Bref, l'après-midi a filé alors que j'accomplissais un tas de petites choses à la maison avant de préparer le repas du soir. Après le souper, je savais que je devais au moins poser la tête sur l'oreiller pour faire un somme puisque mes paupières tombaient, mais je devais d'abord terminer une dernière petite tâche. En un rien de temps, il fut 21 h, et je commençais vraiment à sentir les effets d'une longue journée de travail. Je finissais à peine de souhaiter que personne ne commande les services de l'équipage ce soir-là, lorsque le téléphone sonna. Un équipage SAR devait intervenir pour retrouver un navire perdu dans la région de la baie James. Je n'arrivais pas à y croire. Il fallait au moins deux heures pour arriver à destination et ensuite procéder à des recherches à basse altitude de nuit. En route vers la base, j'ai réfléchi à mon état physique. Je savais que l'adrénaline me garderait éveillée pendant la première partie de la mission, mais j'aurais à faire preuve d'une vigilance extrême après quelques heures, car je sais à quel point la fatigue peut nous gagner très rapidement. J'ai analysé mes options. À ce point-ci, je ne pouvais plus refuser la mission, mais je savais que j'étais loin d'être au meilleur de ma forme. Je ne peux pas dire qu'il s'agissait d'un moment de gloire sur le plan professionnel.

À mon arrivée au centre des opérations, le commandant de bord mettait fin à un appel du centre de coordination des opérations de sauvetage. Il m'a alors avisé que la mission avait été annulée. La plupart du temps, les équipages SAR sont heureux d'être appelés à la tâche, de piloter et de mener à bien une mission SAR. Cependant, cette fois-là, j'étais reconnaissante d'entendre que la mission était annulée. Je suis immédiatement retournée à la maison pour me reposer en prévision d'un autre appel possible ce soir-là. Heureusement, il ne s'est rien produit.

La leçon apprise la veille concernant un mauvais état de préparation a été validée la nuit suivante. L'équipage SAR mis en attente ce soir-là a dû effectuer une mission de recherche de deux heures consistant à survoler la baie Georgienne pour repérer une radiobalise de détresse (ELT). À son retour à Trenton, les conditions météorologiques tout comme la visibilité étaient mauvaises. Après trois approches (et approches interrompues) dans des conditions minimales, il a dû se dérouter à destination de l'aéroport de dégagement, puis attendre pendant cinq heures que les conditions météorologiques de Trenton s'améliorent suffisamment pour pouvoir revenir au bercail.

Je me demande à quel point j'aurais su conserver ma vivacité d'esprit, si j'avais pris part à cette mission. Aurais-je mis tout l'équipage en danger? La situation était si facile à éviter et, pourtant, j'avais pris un risque croyant qu'on ne m'appellerait probablement pas. Après ce rappel heureusement sans conséquence, je fais preuve de beaucoup plus de diligence afin de m'assurer que je serai bien reposée pour toute mise en attente SAR. ◆

Photo : Cplc Colin Aitken

Photo : MDN

Fatigue et conditions météorologiques de vol aux instruments imprévues

par M. Jacques Michaud, Direction de la sécurité des vols, Ottawa

À titre d'ancien pilote de la collectivité des hélicoptères tactiques de l'Aviation royale canadienne (ARC), M. Michaud totalise près de 6 000 heures de vol à bord des hélicoptères *Kiowa* et *Griffon*. Il a pris part à trois affectations au sein du 430e Escadron tactique d'hélicoptères. Au cours de sa dernière période d'affectation, de 1993 à 1996, il occupait le poste de commandant. En outre, il a effectué une période de service à titre d'instructeur au sein du 403e Escadron d'entraînement opérationnel d'hélicoptères. M. Michaud a pris sa retraite des Forces canadiennes en 2002, avant d'accepter le poste de chef, Promotion et information, qu'il occupe actuellement au sein de la Direction de la sécurité des vols.

Au cours d'une carrière, certains accidents retiennent vraiment votre attention, car vous avez peut-être survécu à un événement très semblable grâce à rien d'autre qu'un pur coup de chance. Dans mon cas, c'est la perte de l'hélicoptère CH136265 au printemps de 1977 qui m'a marqué. À cette époque, je tentais tant bien que mal de réussir la formation de l'unité d'instruction opérationnelle du *Kiowa* à Gagetown. Je n'avais pas eu l'occasion de piloter très souvent dans les derniers temps, en raison de mauvaises conditions météorologiques dans la région et des exigences de l'instruction au sol.

Le 18 février 1977, nous étions entassés dans la salle surchauffée et mal aménagée qui servait à donner des exposés au personnel du 403e Escadron tactique d'hélicoptères. Le commandement de l'escadron est entré dans la salle, tristement. Un *Kiowa* du 422e Escadron (CH136265), une petite unité qui partageait les installations de Gagetown avec le 403e Escadron, s'était écrasé sur un lac gelé la veille, alors qu'il était effectuait un vol VFR de Botwood à Corner Brook (Terre Neuve). Le pilote, le Capitaine Levesque, et le passager, le Major St-Germain, avaient été tués sur le coup, tandis que l'observateur, le Sergent Smith, était décédé alors qu'il était transporté à l'hôpital. Un lourd silence régnait dans la salle. Même si l'enquête venait d'être amorcée, tout semblait indiquer que le pilote inexpérimenté avait décidé de survoler un lac couvert de neige dans des conditions qui laissaient fortement présager une possibilité de voile blanc. Ce genre d'événement porte le nom de conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC) imprévues. Un vol à proximité du sol et à basse vitesse peut provoquer une telle transition vers de soudaines conditions dangereuses. De nombreux pilotes ont appris cette leçon à leurs dépens. Dans ce cas-ci, le pilote a perdu toutes ses références visuelles au sol et

éprouvé une désorientation spatiale. Il a tenté d'effectuer un virage en se fiant à ses instruments, mais, ce faisant, l'hélicoptère a heurté le sol. L'enquête a établi que l'accident était attribuable au mauvais jugement du pilote et à sa technique de pilotage. À ce moment-là, la Direction de la sécurité des vols avait recours à une taxinomie simplifiée pour classer les erreurs humaines. L'officier des normes a présenté un exposé aux pilotes de l'escadron afin de les informer qu'en présence d'IMC imprévues, ceux-ci devaient immédiatement passer au vol aux instruments ET S'EN TENIR AU VOL AUX INSTRUMENTS. Il s'agit d'une procédure efficace pour un pilote expérimenté dont les compétences de vol aux instruments et de vol de nuit sont à jour, mais elle n'est pas aussi efficace pour un pilote sans expérience ou dont les compétences sont loin d'être à jour. D'autres facteurs avaient-ils contribué à l'accident? Il était difficile d'évaluer la question, puisqu'il n'y avait ni enregistreur de la parole dans le poste de pilotage (CVR), ni enregistreur de donnée de bord (FDR), ni survivants, de même que très peu de renseignements sur les journées de service de l'équipage dans les jours qui avaient précédé l'accident.

Faisons un petit saut dans le temps, jusqu'au 21 avril 1977, à peine deux mois après l'accident en question. J'avais alors réussi de justesse l'examen de l'unité d'instruction opérationnelle (je crois que mes talents à titre de joueur de hockey de l'unité ont eu une incidence sur ma note de passage) ainsi que le vol de vérification à l'unité du 430e Escadron au début du mois d'avril. Le vol de vérification ne comprenait pas le contrôle des compétences de vol aux instruments et de vol de nuit. À cette époque, le vol de vérification permettant d'obtenir une qualification de vol aux instruments se faisait à la 3e École de pilotage des Forces canadiennes de Portage La Prairie. J'avais obtenu ma qualification de vol aux instruments le 13 octobre 1976, à la suite d'une vérification en vol « rigoureuse et approfondie » de 1,3 heure, dont 1,1 heure avait été consacrée au vol aux instruments. Sur le plan pratique, cela signifiait que je n'avais pas piloté aux instruments depuis six mois. Vous verrez un peu plus loin pourquoi ce fait a joué un rôle dans un événement très grave.

En ce beau jeudi ensoleillé, ma journée de service a débuté lorsque je me suis présenté au gymnase de la base où mon escadron effectuait un test de conditionnement physique qui consistait à courir sur une distance de 1,5 mile. Après avoir réussi le test en question, je me suis changé pour assister à l'exposé du matin. L'officier chargé des opérations nous a avisés que certains de nos membres effectuaient un vol d'Alert à Trenton à bord d'un avion CC130 *Hercules*. Une formation de trois hélicoptères *Kiowa* devait se rendre à Trenton pour attendre son arrivée, puis ramener les membres en question à Valcartier. On m'a alors choisi pour piloter le troisième appareil de la formation.

L'ensemble de la mission devait se dérouler selon les règles VFR, et nous devions revenir avant l'aube. Chacun des appareils est parti à intervalle de 5 à 10 minutes avec un seul pilote à son bord. Même si le chef de la formation était le commandant de notre escadrille, il possédait peu d'expérience de pilotage d'hélicoptères. Nous sommes tout de même arrivés à Trenton avant le souper, après 3,8 heures de vol réparties sur deux parcours faciles : de Valcartier à St-Hubert, puis de St-Hubert à Trenton. À ce point, tout se déroulait comme prévu. Malheureusement, l'avion *Hercules* tardait à arriver, et il a atterri vers 20 h. Après ce qui a semblé être une éternité, nos passagers ont finalement récupéré leurs bagages. Je connaissais le mécanicien de bord que je devais ramener; les questions de masse et de centrage ne seraient sûrement pas une préoccupation.

« J'ai donc dirigé l'appareil vers ce que je croyais être la bonne vallée, et je suis entré peu après dans des nuages. »

Par contre, les conditions météorologiques commençaient alors à poser problème, et un retour direct à destination de Valcartier en survolant les Laurentides ou même Montréal était hors de question. À ce moment-là, la fatigue commençait aussi à se faire sentir. Ma journée de service avait débuté à 7 h, et le décollage de Trenton de chacun des appareils de la formation à destination de l'aéroport d'Ottawa a commencé à 21 h. Le vol a seulement duré une heure, mais il s'est déroulé dans une nuit d'encre. Les deux premiers hélicoptères ont fait un appel pour annoncer leur entrée dans la zone de contrôle, à un peu plus de 5 nm d'Ottawa. L'ATC a donc communiqué avec moi pour me signaler ma position exacte, alors que je me trouvais à environ 15 nm d'Ottawa. À Ottawa, on m'a guidé vers une zone d'atterrissage à proximité d'une installation assurant des services d'entretien courant aux aéronefs en transit. L'atterrissage vent arrière avait été pour le moins intéressant, car le vent avait pris de l'ampleur, ce qui avait donné lieu à de légères oscillations de lacet à l'atterrissage. Les pilotes des deux premiers hélicoptères avaient eu le temps de vérifier les conditions météorologiques et de conclure qu'il était dangereux de tenter tout retour à Valcartier ce soir-là. De toute façon, la journée de service des équipages totalisait maintenant 18 heures, et il n'aurait pas été judicieux de tenter un vol de nuit dans de telles circonstances. Les autres équipages ont demandé une chambre sur la base, mais j'ai décidé d'appeler ma sœur, alors dentiste militaire et vivant à Vanier, à l'Est d'Ottawa. Après une courte visite, je me suis enfin couché au petit matin et je m'endormis rapidement.

Le lendemain matin, j'ai reçu un appel vers 10 h pour m'aviser que les conditions météorologiques s'étaient suffisamment améliorées pour poursuivre notre mission à destination de Valcartier. Le plan était donc de se rencontrer vers midi à la 3e Unité des mouvements aériens (Uplands). À mon arrivée au bureau de la planification, les autres équipages en sortaient, et ils m'ont donné un bref compte rendu des conditions météorologiques et des NOTAM, en plus de m'aviser que l'on communiquerait en vol sur la fréquence régulière de l'escadron.

Je me suis empressé de présenter mon plan de vol, afin de décoller le plus rapidement possible. Mon mécanicien de bord, en qui j'avais une grande confiance, tenait la carte et semblait pouvoir la lire beaucoup mieux que moi. Comme nous sortions de la zone de contrôle en direction des collines au nord de la rivière Gatineau, des nuages à basse altitude continuaient manifestement à se déplacer rapidement dans la région. J'ai communiqué avec les deux autres hélicoptères, et les autres pilotes m'ont confirmé que les conditions météorologiques ne posaient aucun problème. Ils étaient descendus dans une vallée particulière, et ils me suggéraient de suivre leur exemple pour éviter tout problème. J'ai donc dirigé l'appareil vers ce que je croyais être la bonne vallée, et je suis entré peu après dans des nuages. « Rien de plus simple, Jacques, PILOTE À L'AIDE DE TES INSTRUMENTS ». Quelque chose clochait puisque l'indicateur de cap ne cessait de tourner lentement, puis de plus en plus vite. Mes contre vérifications

étaient d'une lenteur désespérante, même pour un pilote d'hélicoptère. Je n'avais aucune idée de l'altitude de vol sécuritaire, du niveau de congélation ni des conditions de précipitations verglaçantes dans cette région. Qui plus est, pour ajouter à mon malheur, mes publications IFR se trouvaient bien rangées dans le siège arrière. Le mécanicien de bord a ouvert grand les yeux en criant : PILOTE AUX INSTRUMENTS! Mes yeux étaient probablement aussi grands que les siens lorsque j'ai répondu : BON SANG, MAIS C'EST CE QUE J'ESSAIE DE FAIRE! Alors que l'hélicoptère était incliné d'environ 70 degrés, sinon plus, je sortais des nuages en descente rapide, droit vers le sol. Par chance, nous survolions une vallée. J'ai remis l'hélicoptère à l'horizontale, choisi une zone d'atterrissage, posé l'appareil et coupé le moteur. J'étais certain d'avoir dépassé les limites de couple sur le mât, de température moteur et qui sait de quels autres paramètres. J'ai communiqué avec l'escadron. L'officier de maintenance m'a posé certaines questions, puis il a comparé mes réponses à celles du mécanicien de bord. Il m'a finalement demandé d'effectuer une rigoureuse inspection avant vol et déclaré que, si je ne trouvais rien d'inhabituel, je pouvais revenir à la base de Valcartier. C'est ce que nous avons fait, et nous sommes arrivés à l'héliport à la tombée du jour.

Le matin suivant, on m'a demandé de faire un bref compte rendu de l'événement à l'escadron, et de déterminer les erreurs que j'avais commises. Le commandement a décidé de ne pas présenter un rapport de sécurité des vols. Il croyait qu'il s'agissait des mêmes facteurs contributifs à l'accident précédent, celui de CH136265, et qu'un autre rapport sur la même question était redondant. Ayant maintenant davantage d'expérience et de recul, je peux à présent affirmer le contraire. Il y avait évidemment une multitude de leçons à tirer de l'événement, et elles auraient pu être communiquées, si l'on avait présenté un rapport après une enquête approfondie.

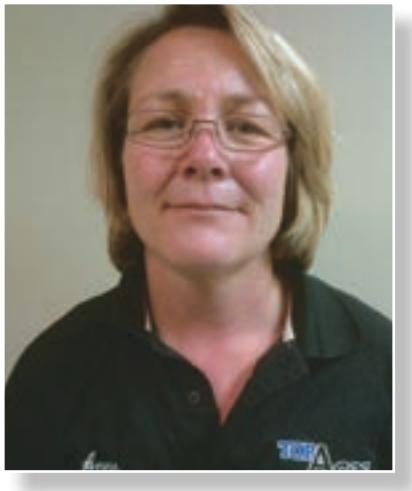
À quel point la fatigue et la pression des pairs ont-elles contribué à ce très grave événement? Même si j'avais pu avancer nombre de facteurs pour expliquer les irrégularités de mon rendement au cours des deux jours qu'a duré la mission, je crois que je dois assumer la plus grande partie du blâme; la fatigue a aussi probablement pesé lourd dans la balance. Nous avions dépassé les limites de notre journée de service dès le premier jour de la mission. Il n'était probablement pas raisonnable de gaspiller mon précieux temps de repos en rendant visite à ma sœur qui se trouvait à presque une heure de route de l'aéroport. Il n'était pas non plus optimal de reprendre mon service après à peine six heures de sommeil. Peut-être que, si j'avais eu un peu plus d'expérience, j'aurais avisé les autres équipages de décoller sans moi, car je n'étais vraiment pas prêt à exécuter la mission, compte tenu de mes compétences et de ma confiance en mes aptitudes à ce moment-là. J'ai pourtant été plus chanceux que le Capitaine Levesque. Fait à souligner : à ce jour, le mécanicien de bord qui m'accompagnait me parle encore de cet événement, même si certains détails ont changé au fil des ans! ◆

Photo : MDN

Photo : Cplc Jean-François Lauzé

À la croisée de DEUX MONDES

par Anne Lawrence, technicienne de maintenance d'aéronefs, spécialiste du soutien en équipement de survie des aéronefs et représentante de la sécurité des vols chez Top Aces



Anne Lawrence a pris sa retraite de l'Aviation royale canadienne après 28 années de service. Elle a assumé diverses fonctions au sein de l'organisation, d'abord comme technicienne des systèmes de sécurité puis en tant que technicienne de cellules d'aéronef. En 1995, au moment de la fusion des groupes professionnels, elle est devenue technicienne en aéronautique, et elle s'est spécialisée en équipement de survie d'aéronef (ALSE). Depuis mars 2012, elle fait partie de l'équipe de Top Aces à Ottawa à titre de spécialiste du soutien ALSE. L'entreprise Top Aces offre des services d'entraînement aéroportés impartis (SEAI) au Ministère de la Défense nationale depuis 2005.

Après avoir cumulé 28 années d'expérience au sein de l'aviation militaire, je ne savais pas ce que l'entreprise Top Aces pouvait bien me réserver. Toute ma carrière aéronautique avait été axée sur la sécurité des vols, et j'avais entendu dire que le monde des « civils » était on ne peut plus différent; mes attentes étaient donc bien mesurées. Je ne savais pas trop à quoi m'attendre puisque c'était la première fois que je travaillais avec des techniciens d'entretien d'aéronef (TEA) et que je voyais du personnel civil, n'ayant aucune expérience des chasseurs, responsable de toutes les autorisations de maintenance dans un tel milieu.

« Je me questionnais surtout sur la façon dont l'union de deux mondes, si semblables, mais si différents, pouvait bien se faire. J'étais habituée à travailler dans un environnement militaire qui favorisait avant tout la sécurité des vols et qui était régi par une chaîne de commandement ayant toujours insisté sur la sécurité. »

Pourtant, l'entreprise civile en question a eu la sagesse d'allier le meilleur des deux mondes en mettant sur pied une équipe de personnes engagées accomplissant un travail unique, comme nulle autre entreprise civile. L'équipe comprend des pilotes retraités de l'ARC, des spécialistes de la maintenance et des employés civils qualifiés qui mettent leur savoir en commun pour fournir des ressources aériennes aux fins d'entraînement à des organisations militaires partout dans le monde, avec toute l'authenticité que seules de réelles ressources aériennes peuvent offrir.

L'entreprise Top Aces est tenu de respecter le programme de la sécurité des vols de l'ARC et le système de la gestion de la qualité de Transports Canada que prescrit la norme ISO 9001, et elle les a adoptés de façon proactive.

Les deux programmes sont respectés en parallèle à l'échelle de l'entreprise afin de garantir une conformité, une formation et une sensibilisation sans équivoque relativement à la sécurité. Un officier et des représentants (pilotes, ingénieurs et techniciens) de la sécurité des vols se trouvent à chacune de nos installations. L'excellente interaction qui existe entre notre système de sécurité des vols, l'officier de la sécurité des vols du BGP et la Direction de la sécurité des vols a joué un rôle crucial pour assurer le signalement rapide d'événements ainsi que l'élaboration de mesures de suivi présentées dans les rapports supplémentaires appropriés.

Par exemple, notre programme de contrôle de l'outillage est fondé sur le programme de contrôle de l'outillage déjà mis en place par l'ARC, et il a été lancé pour donner suite à une mesure de prévention recommandée; nous avons ainsi presque complètement éliminé les événements liés au contrôle de l'outillage.

Nos lignes directrices concernant les heures de service et de repos des équipes au sol et des équipages navigants ont également été élaborées à la suite de mesures de prévention ainsi recommandées, et elles sont suivies à la lettre pour offrir une protection supplémentaire contre la fatigue du personnel. Ces règles s'inspirent également de renseignements relatifs à la fatigue des équipages qui ont été communiqués par des militaires de la Direction de la sécurité des vols lors de son assemblée annuelle tenue à Ottawa en 2009.

Nous suivons donc un modèle établi et éprouvé par l'ARC, mettant à profit la philosophie et les réussites d'un tel système, ce qui nous permet d'aller au-delà des exigences de la réglementation civile que nous sommes également tenus de respecter.

Les retraités de l'ARC connaissent depuis longtemps le caractère non punitif des enquêtes sur la sécurité des vols, mais il en va tout autrement pour certains employés qui ne possèdent aucune expérience militaire. Toutefois, ces derniers semblent s'adapter rapidement à la culture de la sécurité des vols. Grâce à notre excellent système de signalement proactif, que nous prenons d'ailleurs tous à cœur, nous visons à tirer des leçons de nos erreurs et à améliorer continuellement les opérations.

La haute direction reconnaît l'importance de notre rigoureux programme de la sécurité des vols et l'appuie entièrement. J'ai ainsi eu une grande révélation en constatant que l'union de deux mondes peut parfois en produire un nouveau encore meilleur. ◆

Photo : Sgt Norm McLean

Photo : NTSB

Messages textes MORTELS

par Jacques Michaud, Promotion et information, DSV 3, Ottawa (Ontario)

Au cours des dix dernières années, nous avons été témoins d'une révolution dans la façon dont les gens communiquent entre eux. À peine inventés, les médias sociaux et le réseautage social électronique ont connu une croissance exponentielle qui s'est encore accélérée avec l'arrivée des téléphones intelligents. L'habitude de communiquer par messages textes a atteint un niveau épidémique. Des athlètes clavardent avec leurs partisans pendant le déroulement de la compétition sportive. Des enfants envoient des textos au cours du repas familial. Lors de fêtes, on peut même voir des gens se faire parvenir des messages textes alors qu'ils se trouvent aux deux extrémités d'une même pièce. Dans une foule en mouvement, il n'est pas rare de voir des jeunes ou moins jeunes marcher sans regarder devant eux, les yeux rivés sur un petit écran qui leur transmet un message texte d'une importance capitale envoyé par Dieu sait qui. Faisant fi de la réglementation locale en matière de circulation routière et au risque de se voir imposer de lourdes amendes, de trop nombreux conducteurs utilisent leur téléphone cellulaire au volant ou, pire encore, envoient des textos tout en conduisant leur véhicule.

Les appareils électroniques portatifs (AEP) font dorénavant partie de notre vie quotidienne et ils ne sont pas près de disparaître. Le document B-GA-104- 001/AA-001 *Manuel de navigabilité opérationnelle* (MNO) offre la définition suivante d'un AEP : « appareil électronique qui n'est pas répertorié dans l'inventaire de l'aéronef et qui est transporté à bord par un passager ou un membre d'équipage pour une utilisation à des fins personnelles ». Les AEP envahiront-ils nos postes de pilotage comme ils ont envahi nos vies?

Le résumé du rapport sur un accident d'aéronef civil qui suit illustre bien les dangers insidieux liés à une utilisation abusive des AEP dans un aéronef et aux alentours. Ce qui est intéressant au sujet de cet accident est qu'il s'agit sans doute du premier accident mortel touchant un aéronef commercial dont l'un des facteurs contributifs est l'envoi de messages textes[1].

L'accident a été l'objet d'une enquête par le National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis. Des membres du NTSB se sont réunis le 13 avril afin de formuler les constatations et recommandations finales relativement à cet accident mettant en cause un hélicoptère d'évacuation sanitaire. Dans l'ensemble, la mission était relativement simple et ne présentait aucune difficulté particulière au niveau de la navigation et du relief; la mission demandait que l'hélicoptère parte de sa base d'exploitation pour se rendre à un hôpital situé à 85 km vers le nord-est où il devait faire monter un patient pour le transporter jusqu'à un autre hôpital situé à 100 km plus au sud. Le pilote a toutefois dérouté le vol vers un aéroport situé à proximité de la destination finale, car il n'était pas certain de disposer de suffisamment de carburant. L'hélicoptère s'est écrasé dans un champ agricole à seulement un mille marin de sa destination tuant le pilote, l'infirmière de bord, l'ambulancier paramédical de bord et le patient[2].

L'hélicoptère était selon les enquêteurs du NTSB en parfait état de marche. La cause directe de l'accident mentionnée par le NTSB était la panne sèche. Mais comment un hélicoptère ayant une autonomie nominale de 4 heures peut-il épuiser sa réserve de carburant au cours d'un vol d'une durée inférieure à 90 minutes?

La fatigue a été considérée comme étant un facteur contributif, car le pilote n'avait dormi que cinq heures avant de prendre son service et l'accident est survenu à la fin de sa période de service de 12 heures. Toutefois, on considère que la fatigue n'était sans doute pas un facteur contributif majeur de l'accident[3]. **Ce qui a surtout retenu l'attention des enquêteurs dans la chaîne des événements, c'est le rôle clé joué par l'envoi de messages textes**.

Au moment de décoller de sa base d'attache, le pilote a signalé au centre des opérations qu'il disposait de 2 heures d'autonomie. À

l'arrivée au premier hôpital, il a déclaré au centre des opérations qu'il lui restait assez de carburant pour 45 minutes de vol, y compris une réserve de 20 min de vol (l'enquête a révélé qu'il disposait en fait d'une réserve de carburant de 33 min)[4]. Étant donné que le pilote était préoccupé par la quantité de carburant dont il disposait pour accomplir la mission, il a discuté avec le centre des opérations des diverses solutions offertes. Ils ont finalement décidé de dérouter le vol vers un aéroport situé tout près de l'hôpital de destination afin de ravitailler l'appareil en carburant avant de terminer la mission d'évacuation sanitaire. On a calculé que la nouvelle destination se trouvait à 30 min de vol de la position actuelle du pilote et, par conséquent, le problème de la quantité de carburant disponible n'était pas du tout résolu.

Pendant les heures qui ont précédé sa mission, et durant la dernière partie du vol avant l'écrasement, le pilote a été distrait par une série de messages textes qu'il a échangés avec sa petite amie. **Au cours de son quart de travail de 12 heures, il a envoyé 25 messages textes et il en a reçus 60. Durant les 100 minutes qui ont précédé l'accident, ils ont échangé quelque 20 messages**[5]. Aucun message texte n'a été envoyé au cours des 11 dernières minutes avant l'accident mortel, mais le pilote a envoyé au moins trois messages et il en a reçus cinq pendant que l'hélicoptère était en vol (ce qui représente un intervalle moyen de quelque 19 minutes entre les messages). En fait, le pilote envoyait des messages textes en même temps qu'il discutait avec le centre des opérations pour évaluer les plans d'action possibles[6]. Le NTSB a conclu que ce cas souligne le fait que l'utilisation des AEP est de plus en plus préoccupante comme facteur contributif aux accidents et incidents, et ce, pour tous les modes de transport[7].

De tels comportements dangereux risquent-ils de faire leur apparition sur notre ligne de vol et dans nos postes de pilotage? La base de données de notre Système de gestion des événements liés à la sécurité des vols ne contient présentement que quelques événements liés aux AEP, mais cela ne signifie pas que nous sommes immunisés contre ce phénomène. Lorsque le Cpl Olsen nous a signalé cet accident (voir *Le coin du rédacteur en chef*), on a fait parvenir un courriel à tous les membres de l'équipe chargée de la SV. Peu de temps après cet envoi, le Capt Busch a fait parvenir à la DSV un intéressant courriel qui est venu renforcer nos préoccupations (voir le texte de l'encadré).

La réglementation du transport aérien qui impose des restrictions à l'utilisation des AEP avait d'abord pour but de prévenir les interférences entre ces dispositifs et les systèmes de communication des aéronefs. Cette situation pourrait changer à la suite de l'accident susmentionné. Qu'en est-il dans les FC? C'est le *Manuel de navigabilité opérationnelle* qui précise les règles d'utilisation des AEP[8]. Le manuel stipule notamment que l'utilisation des AEP doit fait l'objet d'une autorisation préalable du commandant de bord, et que de tels dispositifs ne doivent en aucun cas être utilisés :

- pour transmettre;
- pendant une phase critique du vol (p. ex. décollage, montée, approche, atterrissage);
- pendant une phase tactique du vol;
- à l'intérieur du poste de pilotage;
- à des fins de navigation.

Le manuel stipule en outre qu'en plus de respecter les restrictions susmentionnées, l'utilisation d'un AEP doit avoir été autorisée conformément au processus d'autorisation de navigabilité, au même titre que tout autre produit aéronautique.

De plus, en décembre 2011, le cmdt 1 DAC a fait parvenir un message[9] qui faisait état de sa préoccupation à l'égard de l'utilisation des AEP dans les aéronefs des FC en infraction aux consignes de vol du MDN[10]. À cette époque, le cmdt voulait contrer la dégradation possible du niveau de sécurité des produits aéronautiques militaires. Il est à espérer que la situation dénoncée a été corrigée depuis, non seulement à bord des aéronefs, mais également dans les hangars de maintenance et sur la ligne de vol. ***Y a-t-il des messages textes suffisamment importants et urgents pour mettre des vies en péril?*** ◆

Courriel reçu par la DSV 3, le mardi 9 avril 2013 à 13 h 25

« Jacques, j'ai été témoin d'un événement qui, même s'il n'a causé aucun accident ni incident, présente quand même de troublantes similitudes avec l'accident dont il est fait mention dans ton courriel. Je pense que les personnes qui apportent leur téléphone cellulaire avec elles sur la ligne de vol et dans les aéronefs y amènent également leur vie personnelle.

Pendant que j'étais à Fort Rucker pour un entraînement sur le *Chinook*, j'ai constaté le danger que l'utilisation des téléphones cellulaires à proximité des aéronefs pouvait faire courir aux opérations aériennes.

J'effectuais une partie de la vérification pré-vol d'un aéronef lorsque j'ai entendu mon chef d'équipe tenir une vive discussion avec quelqu'un. J'étais quelque peu déstabilisé par la nature de la discussion qui, de toute évidence, ne pouvait s'adresser à aucun des autres membres de l'équipe qui s'occupait de l'aéronef. Avec qui pouvait-il bien tenir cette conversation? En regardant sous l'appareil, j'ai vu qu'il parlait au téléphone cellulaire tout en vérifiant les crochets de charge. Il va sans dire que la nature de l'appel en provenance de son ex-épouse ne pouvait que le distraire de sa tâche principale. Une fois l'appel terminé, nous lui avons laissé le temps de reprendre ses sens, puis nous lui avons demandé de recommencer cette partie de la vérification pré-vol.

Les dangers liés à l'utilisation des appareils électroniques portatifs sur la ligne de vol ou dans les aéronefs ne concernent pas seulement les équipages de conduite. En fait, ce jour-là sur l'aire de trafic, j'étais plus préoccupé par le risque d'accident dû à un conducteur de véhicule MSEA qui aurait utilisé un téléphone cellulaire en roulant que par les pilotes qui circulaient au sol.

Par le passé, on se préoccupait surtout des interférences que l'utilisation des dispositifs électroniques personnels dans les aéronefs pouvait causer aux systèmes électroniques de bord. Il faudrait sans doute maintenant se préoccuper davantage des risques de distraction du personnel associés à ces dispositifs. »

Capt Ron Busch
G3 Aviation
QG 2 GBMC
Dét QG 1ere

Références :

1. Woodrow Bellamy III, NTSB, Distracted Multitasking Factors in 2011 EMS Helicopter Crash, http://www.aviationtoday.com/regions/usa/NTSB-Texting-Distracted-Multitasking-Factors-in-2011-EMS-Helicopter-Crash_78962.html
2. NTSB/AAR-13/02 Eurocopter AS 350 B2, N352LN, crashed near Midwest National Air Center (GPH), Mosby, Missouri, 26 août 2011, 1841L
3. ABC News, NTSB: Pilot Texting Contributed to Copter Crash, http://abcnews.go.com/Politics/wireStory/ntsb-probes-case-texting-helicopter-pilot-18911539
4. Associated Press, Apr 9, 2013 7:05AM ET, U.S. helicopter texted 20 times before deadly crash, http://www.cbc.ca/news/technology/story/2013/04/09/texting- helicopter -crash-probe-distraction-ntsb.html
5. ibid
6. http://www.ntsb.gov/news/events/2013/mosby_mo/Abstract_Mosby_MO.pdf
7. http://www.cbc.ca/news/technology/story/2013/04/09/texting- helicopter-crash-probe-distraction-ntsb.html
8. B-GA-104-001/AA-001 *Manuel de navigabilité opérationnelle*, chap. 3, art. 315
9. COMD 120 151607ZDEC11, Op Directive 2011/001 – PED Usage on CF Aircraft
10. B-GA-100-001/AA-001 *Consignes de vol de la Défense Nationale*, Livre 1, Règles de vol, chapitre 9, sections 35 à 41

Photo : Cpl Isabel Lavallée-Raby

Fatigue, Vol et QI Fluide

Évaluation de la fatigue lors des opérations aériennes prolongées

par le Dr Oshin Vartanian et le Dr Bob Cheung de RDDC Toronto, Canada et le Colonel d'aviation Donald Ross de la Royal Air Force du Royaume-Uni.

Les auteurs tiennent à souligner l'importante contribution des personnes suivantes à la collecte et à l'analyse des données : Dr Fethi Bouak, Adj Barry MacMillan, Sgt Lissa Taylor, Sgt Rick Auger, Ltv David Brookes, M. Kevin Hofer et Mme Ingrid Smith.

Le Dr Oshin Vartanian est un scientifique de la défense qui travaille à la Section du comportement et du rendement individuels à RDDC Toronto. Ses recherches portent notamment sur l'étude des conséquences de la fatigue, de la charge de travail et des émotions sur les fonctions psychologiques et neuronales.

Le Colonel d'aviation Donald Ross est un médecin de l'air de la Royal Air Force qui, à titre de chef interopérabilité médicine aérospatiale, participait à un programme d'échange au bureau du secrétaire général de l'USAF. Il est l'un des auteurs des lignes directrices relatives à la gestion de la fatigue de l'ASIC et l'un des concepteurs des tests sur la fatigue. Il est maintenant de retour au Royaume-Uni, où il occupe le poste de sous-chef d'état-major adjoint à la Santé pour la RAF.

Le Dr Bob Cheung travaille actuellement comme scientifique principal de la défense au Centre interarmées des sciences humaines opérationnelles de RDDC Toronto. Il est reconnu à titre d'expert dans le domaine des études sur l'orientation spatiale et le système vestibulaire. Il contribue également à une vaste gamme de recherches opérationnelles militaires qui portent notamment sur les mesures de lutte contre la fatigue, les traumatismes cérébraux causés par les explosions et la pharmacocinétique opérationnelle.

La gestion de la fatigue est une nécessité lors des opérations aériennes prolongées. Afin d'établir de nouvelles lignes directrices relatives à la gestion de la fatigue et d'harmoniser celles qui existent déjà, l'organisation militaire Air & Space Interoperability Council (ASIC) a récemment diffusé une publication consultative faisant suite à sa réunion annuelle de novembre 2009. Cette publication présente diverses interventions comportementales non pharmacologiques visant à atténuer les effets de la fatigue sur les équipages d'aéronefs au cours des opérations prolongées et soutenues[1]. Parmi les principales recommandations, on mentionnait notamment une bonne hygiène du sommeil et des pratiques optimales d'établissement des horaires de travail et de repos. Bien que les recommandations mises

de l'avant dans cette publication et dans d'autres documents de l'ASIC soient fondées sur des connaissances opérationnelles et des recherches universitaires récentes, une évaluation empirique rigoureuse menée sur le terrain faciliterait leur adoption dans les doctrines de la Force aérienne. Comme première étape du processus de validation des recommandations de l'ASIC, nous avons entrepris d'évaluer l'incidence que les opérations prolongées peuvent avoir sur le rendement cognitif des équipages d'aéronefs et sur leur auto-évaluation du niveau de fatigue sur le terrain. Pour ce faire, nous avons choisi le contexte de l'exercice Red Flag, qui est un important exercice de formation pour les forces aériennes de plusieurs pays.

L'exercice Red Flag est un exercice de combat aérien international qui se tient annuellement à la base aérienne de Nellis, au Nevada. L'exercice Red Flag de l'an dernier, d'une durée de deux semaines consécutives, a eu lieu en janvier et février 2012. Cet exercice assure une formation importante pour les pilotes de chasse des États-Unis et des pays alliés et offre également un précieux entraînement aux groupes chargés du transport, de la guerre électronique, du ravitaillement en vol, de la défense antiaérienne et des systèmes aéroportés de détection lointaine et de contrôle. Profitant d'un vaste polygone dont l'espace aérien est non réglementé, les participants américains et internationaux peuvent engager des objectifs multiples dans le cadre d'une campagne simulée comprenant des missions quotidiennes au cours desquelles ils doivent composer avec des menaces aériennes et terrestres.

Dans le contexte de cet exercice de combat aérien à grand déploiement, nous avons choisi de concentrer nos efforts sur le groupe de chasse, et nous sommes parvenus à susciter l'intérêt de médecins de l'air et de pilotes appartenant à deux escadrons différents qui ont accepté de participer à notre étude. Les participants, tous des pilotes de F-15 ou F-16, ont consenti à subir quotidiennement une batterie de tests cognitifs et à faire des auto-évaluations visant à mesurer leur niveau de fatigue, et ce, pendant six jours consécutifs. Les tests cognitifs comprenaient des mesures déjà validées de l'attention, de la mémoire visuelle à court terme et du raisonnement grammatical. Toutefois, notre étude portera essentiellement sur un test relatif à la mémoire de travail, que l'on définit comme étant la capacité mentale de tenir à jour et de manipuler des renseignements en concentrant son attention. Nous avons inclus ces mesures parce qu'elles portent sur des capacités susceptibles de contribuer au rendement optimal du groupe de chasse, et également parce qu'il a été démontré que le rendement par rapport à ces mesures avait tendance à diminuer dans des conditions de privation de sommeil[2]. Pour l'auto-évaluation du niveau de fatigue, nous avons utilisé le Multidimensional Fatigue Inventory (MFI) [inventaire multidimensionnel de la fatigue][3]. Cet outil en 20 points produit des cotes de classement sur les cinq dimensions de la fatigue : mentale, physique, activité, motivation et fatigue généralisée. Dans les analyses qui suivent, nous nous concentrerons sur la fatigue mentale, car c'est le type de fatigue le plus étroitement relié au rendement cognitif.

Il est important de souligner qu'au début de l'étude, c'est-à-dire le matin qui a précédé le début de l'exercice de combat, nous avons évalué tous les participants au moyen de l'échelle du Shipley Institute of Living (Shipley-2)[4]. Le Shipley-2 produit deux cotes distinctes, une pour le quotient d'intelligence (QI) cristallisée et l'autre pour le QI fluide. Succinctement, alors que le QI cristallisée est le répertoire des connaissances d'une personne, lequel a tendance à augmenter pendant toute la vie de la personne, le QI fluide est une mesure de la capacité d'une personne de résoudre de façon adaptée de nouveaux problèmes et de dégager des tendances. Ce dernier type d'intelligence atteint généralement son plus fort développement au début de l'âge adulte. Nous étions intéressés par la relation entre la fatigue, le QI fluide et la capacité de mémoire de travail, pour les motifs exposés ci-après. Premièrement, des études antérieures ont démontré qu'il y a une corrélation entre le QI fluide et la capacité de mémoire de travail[5,6].

En réunissant ces deux lignes de raisonnement, on peut conclure que les personnes ayant un QI fluide élevé pourraient mieux résister aux effets de la fatigue sur la mémoire de travail. Si tel est bien le cas, notre test du QI fluide pourrait éventuellement fournir un moyen efficace pour explorer la vulnérabilité à la fatigue mentale lors d'opérations prolongées – soit dans le cas présent l'exercice Red Flag.

Les pilotes de F-15 et F-16 de notre échantillon (N = 18) étaient tous de sexe masculin. Ils avaient les grades suivants : premier lieutenant (N = 1), capitaine (N = 14), major (N = 1) et lieutenant-colonel (N = 2). La moyenne de leur nombre d'années de service était de 9,03 (SD = 4,04). Les niveaux de scolarité des pilotes s'échelonnaient du diplôme d'études collégiales (N = 2), au diplôme d'études universitaires de premier cycle (N = 8) jusqu'au diplôme d'études universitaires de deuxième cycle (N = 10). Le QI cristallisée moyen était de 112,56 (SD = 6,58) et le QI fluide moyen était de 112,22 (SD = 8,61), ce qui dans les deux cas plaçait les pilotes de l'échantillon dans la catégorie « au-dessus de la moyenne » en fonction des normes fondées sur la population adulte dans son ensemble[4]. Ces résultats supérieurs à la moyenne tant pour le QI cristallisée que le QI fluide s'expliquent sans doute par le processus de sélection rigoureux des pilotes de chasse, puisque ce processus met l'emphase à la fois sur la possession d'une importante base de connaissances et sur la capacité de résoudre de façon adaptée de nouveaux problèmes et de dégager des tendances. Il est important de noter que la corrélation entre le QI cristallisée et le QI fluide n'était pas significative ($r^{16} = 0{,}04$, $p = 0{,}87$), ce qui démontre qu'il s'agit de capacités dissociables.

Toutefois, un élément crucial pour la réalisation de notre étude était l'examen des profils de rendement et des auto-évaluations du niveau de fatigue au fil des 6 jours de participation à l'exercice de combat aérien, ventilés selon les scores de QI fluide. Aux fins de l'examen, nous avons divisé notre échantillon en deux catégories, les pilotes ayant obtenu des scores sous la moyenne de 114 (N = 7) et ceux ayant obtenu des scores égaux ou supérieurs à la moyenne

« Plus spécifiquement, les personnes ayant un QI fluide élevé ont une capacité supérieure de tenir à jour et de manipuler des renseignements en concentrant leur attention par rapport aux personnes ayant un QI fluide moindre. Deuxièmement, il a été établi que la privation de sommeil peut dégrader la mémoire de travail[7]. Autrement dit, l'un des symptômes du manque de sommeil est une réduction de la capacité de tenir à jour et de manipuler des renseignements en se concentrant. »

(N = 11). En fait, la différence en ce qui a trait au QI fluide entre le groupe sous la moyenne (M = 103,71, SD = 6,92) par rapport au groupe égal ou supérieur à la moyenne (M = 117,64, SD = 3,78) était significative, t(16) = 5,56, p < 0,0001. En fonction de normes fondées sur la population adulte dans son ensemble, les deux groupes pourraient être catégorisés comme ayant un QI fluide « égal à la moyenne » et « au-dessus de la moyenne »[4].

Pour mesurer le rendement à l'égard de la mémoire de travail, nous avons utilisé le test de la tâche d'appariement décalé (n-rangs en arrière). En résumé, le test consiste à présenter au sujet une séquence de lettres dont chacune apparaît à l'écran pendant environ 1 seconde. Dans la version la plus facile, connue sous le nom de « 1 rang en arrière », on demande au sujet d'appuyer sur la barre d'espacement de l'ordinateur lorsque la lettre affichée à l'écran correspond à la lettre qui a été affichée immédiatement avant. Habituellement, le sujet obtient ses meilleurs résultats à la tâche « 1 rang en arrière » car, pour répondre avec exactitude, il n'a qu'à concentrer son attention sur la lettre qui est affichée à l'écran et sur celle qui la précède immédiatement. Étant donné que la tâche « 1 rang en arrière » n'impose qu'une faible charge mentale sur la capacité de mémoire de travail, nous nous attendions à n'observer qu'une baisse minimale du rendement au cours de la semaine, et ce, malgré l'accumulation de la fatigue. Il en va autrement avec la tâche connue sous le nom de « 2 rangs en arrière », laquelle est une version du test plus difficile du point de vue cognitif. Pour cette dernière tâche, on demande au sujet d'appuyer sur la barre d'espacement lorsque la lettre affichée à l'écran correspond à la lettre qui a été affichée deux rangs plus tôt dans la séquence. Cette version est plus difficile que la précédente car, pour obtenir la bonne réponse, le sujet doit concentrer son attention sur la lettre qui est affichée à l'écran et il doit aussi se souvenir de la lettre affichée deux rangs auparavant. Puisque la tâche « 2 rangs en arrière » impose une plus grande charge mentale sur la capacité de mémoire de travail, nous nous attendions à observer une baisse du rendement au cours de la semaine, et surtout nous prévoyions que cette baisse serait plus prononcée dans le groupe ayant un score de QI fluide égal à la moyenne.

Comme on peut le voir à la figure 1, tel que prévu, dans la version plus facile « 1 rang en arrière » de la tâche « n-rangs en arrière », les deux groupes (QI fluide égal à la moyenne et au dessus de la moyenne) présentaient une tendance de rendement constante au cours des 6 jours. Par contre, les deux groupes ont semblé présenter des tendances de rendement différentes au cours des 6 jours dans la version plus difficile « 2 rangs en arrière ». En particulier, alors que le rendement du groupe ayant un QI fluide au dessus de la moyenne est demeuré relativement stable pendant les 6 jours, le rendement du groupe ayant un QI fluide égal à la moyenne a commencé à diminuer lentement à partir du troisième jour. Il est important de noter que, en raison de la petite taille de notre échantillon et de l'écart restreint entre les scores de QI, les statistiques présentées sont seulement descriptives et qu'il est impossible de tirer une conclusion définitive à partir de ces données. Il sera nécessaire de reproduire ces résultats en se fondant sur un plus grand échantillon avant de pouvoir obtenir des statistiques déductives à partir desquelles on pourra tirer des conclusions généralisables à l'ensemble des pilotes de chasse. Néanmoins, la tendance observée donne à penser qu'il y a lieu de procéder à un examen empirique plus approfondi.

Photo : Cpl Isabel Lavallée-Raby

Nous avons ensuite examiné la relation entre les scores de QI fluide et les auto-évaluations du niveau de fatigue mentale, qui est le type de fatigue qui présente le plus d'intérêt pour le MFI. Comme le montre la figure 2, la tendance des auto-évaluations du niveau de fatigue au cours des 6 jours ne semble pas varier en fonction du QI fluide. En fait, comme dans le cas de la fatigue mentale, la tendance des auto-évaluations des niveaux de fatigue physique, d'activité, de motivation et de fatigue généralisée n'a pas semblé varier au cours des 6 jours en fonction du QI fluide.

Conclusions et orientations futures

Les données préliminaires qui sont présentées dans cette étude laissent croire que le score de QI fluide d'un pilote pourrait être un outil utile pour prévoir la vulnérabilité à une baisse du rendement cognitif au cours d'un exercice prolongé, sur la base d'un test de la mémoire de travail. Étant donné que nos résultats sont fondés sur un petit échantillon, il faudra les reproduire à l'aide d'un plus grand échantillon et d'une plus grande variété de tâches de mémoire de travail. De plus, puisque nous avons documenté les tendances de rendement et les auto-évaluations des niveaux de fatigue sans mettre en œuvre aucune contre-mesure, les recommandations de l'ASIC susmentionnées doivent faire l'objet d'une évaluation plus approfondie sur le terrain. Idéalement, les prochaines étapes devraient comprendre la collecte de données dans le contexte canadien d'un exercice de combat aérien international, comme l'exercice Maple Flag.

Par ailleurs, il est également important de noter que l'on peut accroître le QI fluide à l'aide d'un entraînement cognitif. Plus spécifiquement, il a été démontré qu'un entraînement répété

à l'aide d'une version difficile de la tâche « n-rangs en arrière » pouvait augmenter non seulement la capacité de mémoire de travail, mais également le QI fluide[8]. Quand à savoir si l'augmentation de la capacité de mémoire de travail et du QI fluide obtenue grâce à l'entraînement est temporaire ou permanente, cela demeure une question empirique en suspend. De plus, notre laboratoire a récemment démontré qu'un programme intensif d'entraînement de la mémoire de travail peut accroître l'efficacité neuronale lors d'un travail de résolution de problème, ce qui laisse croire que le cerveau possède une certaine neuroplasticité fonctionnelle que l'on peut mettre à profit au moyen de l'entraînement[9]. Ainsi, si l'on parvient à prouver que le QI fluide constitue un outil valide et fiable permettant de prévoir la vulnérabilité à la fatigue cognitive, telle que mesurée à l'aide de tests sur la mémoire de travail, il serait alors également possible de mettre au point des programmes d'entraînement personnalisés visant à préparer les pilotes en prévision d'opérations prolongées. Toutefois, puisque le niveau de rendement cognitif lors d'opérations aériennes prolongées est influencé par divers types de facteurs, une telle démarche devrait avoir lieu dans le contexte d'un cadre intégré d'entraînement et d'évaluation. ◆

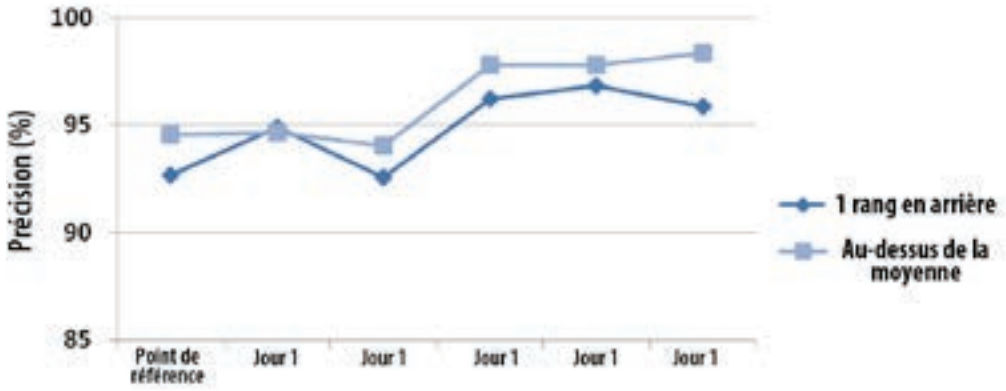


Figure 1. Rendement dans les versions facile (1 rang en arrière) et difficile (2 rangs en arrière) de la tâche n-rangs en arrière ventilé selon les scores de QI fluide

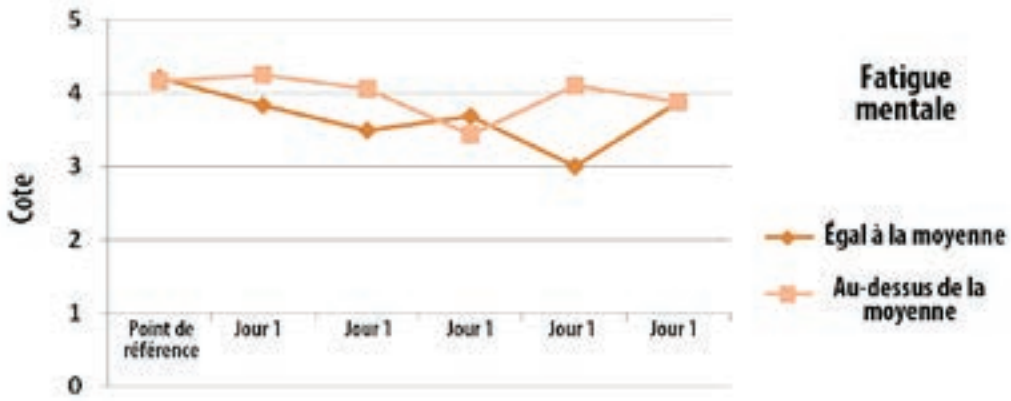


Figure 2. Auto-évaluations du niveau de fatigue mentale ventilées selon les scores de QI fluide

Références:

1. CHEUNG, B., O. VARTANIAN, K. HOFER, et F. BOUAK, (2010). *Recommandations générales sur la gestion des risques liés la fatigue pour les Forces canadiennes*. RDDC Toronto TR 2010-056.
2. LIM J., et D. F. DINGES, (2010). A meta-analysis of the impact of short-term sleep deprivation on cognitive variables. *Psychological Bulletin, 136*, 375-389.
3. SMETS, E. M. A., B. GARSSEN, B. BONKE, et J. C. J. M. DE HAES, (1995). The Multidimensional Fatigue Inventory (MFI): psychometric qualities of an instrument to assess fatigue. *Journal of Psychosomatic Research, 39*, 315-325.
4. SHIPLEY, W. C., C. P. GRUBER, T. A. MARTIN, et A. M KLEIN, (2009). *Shipley-2*. Los Angeles, CA: Western Psychological Services.
5. MARTINEZ K., et R. COLOM, (2009). Working memory capacity and processing efficiency predict fluid but not crystallized and spatial intelligence: Evidence supporting the neural noise hypothesis. *Personality and Individual Differences, 46*, 281-286.
6. KANE, M. J., D. Z. HAMBRICK, et A. R. A. CONWAY, (2005). Working memory capacity and fluid intelligence are strongly related constructs: Comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005). Psychological Bulletin, 131, 66-71.
7. CHEE, M. W. L., et W. C. CHOO, (2004). Functional imaging of working memory after 24 hr of total sleep deprivation. *The Journal of Neuroscience, 24*, 4560-4567.
8. JAEGGI, S. M., M. BUSCHKUEHL, J. JONIDES, et W. J. PERRIG, (2008). Improving fluid intelligence with training on working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences: USA, 105*, 6829-6833.
9. VARTANIAN, O., M-E. JOBIDON, F. BOUAK, A. NAKASHIMA, I. SMITH, Q. LAM, et B. CHEUNG, (sous presse). Working memory training is associated with lower prefrontal cortex activation in a divergent thinking task. *Neuroscience*.

Fatigue 101

« Il est largement reconnu que la fatigue est un risque important pour la sécurité. Que vous soyez un membre d'équipage navigant, un spécialiste de la maintenance ou un membre offrant du soutien aux opérations aériennes, soyez conscient que la sécurité des personnes et l'efficacité des opérations sont en jeu. »

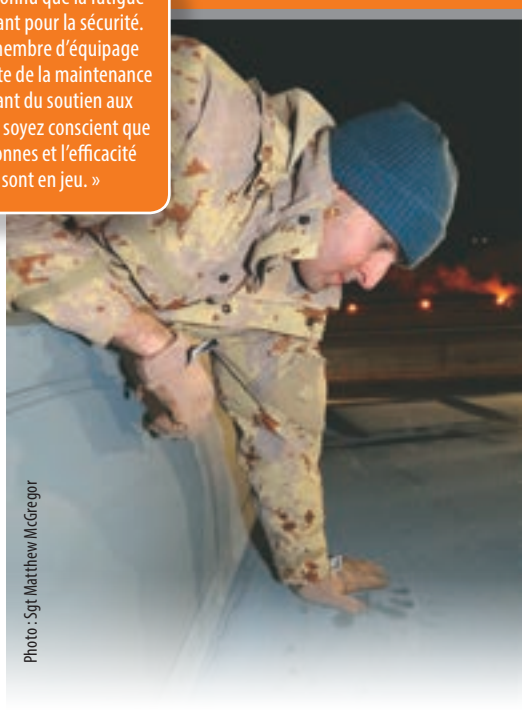


Photo : Sgt Matthew McGregor

par le Major Helen Wright

Le Major Wright est médecin de l'air. Elle s'intéresse tout particulièrement aux facteurs humains et à la sécurité des vols. Elle occupe actuellement le poste de médecin-chef de la base d'Halifax.

La fatigue peut avoir une incidence sur le temps de réaction, la vitesse, la concentration et le rendement général d'un joueur de hockey pendant une partie. Le calendrier des déplacements des Canucks de Vancouver est l'un des plus exténuants de la Ligue nationale de hockey, en raison non seulement du nombre total d'heures que l'équipe consacre aux déplacements, mais aussi des fuseaux horaires qu'elle doit franchir. Afin de mieux faire face au problème, l'équipe a retenu les services de spécialistes de la fatigue ayant pour mandat d'optimiser son rendement pendant les parties. Pour ce faire, on a notamment demandé aux joueurs de porter des bracelets servant à assurer un suivi de la qualité, de la quantité et des périodes de sommeil. Ces renseignements ont ensuite servi à planifier soigneusement les calendriers des séances d'entraînement et des déplacements (en tenant compte des contraintes qu'imposait le calendrier des parties). Les Canucks et d'autres équipes sportives ont également eu recours à des techniques de gestion du sommeil, comme l'utilisation d'une lumière artificielle pour régler le rythme circadien des joueurs. De nombreuses études sur divers sports de compétition laissent entendre qu'un athlète peut seulement obtenir son rendement maximal lorsque son sommeil en général et ses habitudes de sommeil sont optimaux.

D'ailleurs, il en va de même pour la plupart d'entre nous au travail. Nous nous heurtons également à des contraintes comme des voyages, le franchissement de fuseaux horaires et des quarts de travail; notre propre rendement maximal dépend aussi de l'optimisation de nos calendriers et périodes de sommeil. Le Center for Disease Control and Prevention (CDC) des États-Unis estime que 30 p. cent des civils ne dorment pas suffisamment. Ce pourcentage est beaucoup plus élevé dans le cas des personnes qui travaillent par quarts. Des recherches indiquent que la fatigue chronique coûte des milliards de dollars en perte de productivité, en Amérique du Nord. Par exemple, des études ont démontré qu'un travailleur perd davantage de temps à effectuer une tâche simple, comme vérifier ses courriels, lorsqu'il est fatigué. Une étude de l'université de Singapour a révélé que les travailleurs prennent 8,4 minutes de plus pour lire leurs courriels pour chaque heure de sommeil manquante ou heure de sommeil interrompue la nuit précédente. Une étude classique sur la fatigue indique que, au moment d'avancer l'heure au printemps (la population perd alors une heure de sommeil), on remarque une augmentation de 7 p. cent des accidents de la route le lundi matin suivant ce changement d'heure. (La province de la Saskatchewan ne fait pas les changements d'heure saisonniers et son taux d'accident demeure inchangé.)

La fatigue s'avère un problème particulièrement important pour la sécurité dans l'exécution d'un travail nécessitant de la vigilance, comme la conduite d'un véhicule motorisé, l'exécution de travaux de maintenance ou le pilotage d'un aéronef, alors que les conséquences de la fatigue peuvent être désastreuses. La fatigue peut être aussi dangereuse que la consommation d'alcool ou d'une drogue. Elle peut provoquer une perte de concentration, une erreur de jugement ou le ralentissement du temps de réaction; une personne peut même s'endormir en plein travail. Le fait d'être fatigué peut également causer des sautes d'humeur et de l'irritabilité ou même inciter une personne à prendre des risques qu'elle n'aurait autrement jamais pris.

Certains faits sur la fatigue :

- Une personne ne peut pas s'entraîner à avoir besoin de moins de sommeil.
- La vivacité d'esprit ne se commande pas; la fatigue n'est pas une question de motivation.
- Il est difficile d'auto-évaluer si la fatigue a une incidence sur notre propre rendement.
- Le sommeil ne s'emmagasine pas.
- Vingt pour cent des adultes dorment moins de six heures par nuit (la moyenne est de 6,8 heures par nuit).
- La caféine n'enraye pas la fatigue.
- Une bonne forme physique ne protège pas contre la fatigue.

Il est largement reconnu que la fatigue est un risque important pour la sécurité. Que vous soyez un membre d'équipage navigant, un spécialiste de la maintenance ou un membre offrant du soutien aux opérations aériennes, soyez conscient que la sécurité des personnes et l'efficacité des opérations sont en jeu.

La fatigue est causée par l'interaction complexe de nombreux facteurs. Il est difficile de définir la fatigue compte tenu de la diversité de ses facteurs déterminants. Les causes de la fatigue vont de l'ennui ou de la perturbation du rythme circadien à l'effort physique intense. Les conséquences de la fatigue sont représentées par son incidence sur la capacité d'une personne à exécuter des tâches. La fatigue fait obstacle à un fonctionnement normal.

Causes de fatigue

La fatigue aiguë comparée à la fatigue chronique

La fatigue aiguë peut se manifester en relativement peu de temps (heures) à la suite d'une activité particulièrement exigeante sur le plan physique ou mental. Elle peut également être chronique et s'accumuler graduellement sur plusieurs jours ou mois. La fatigue chronique se présente chez une personne qui ne dort pas suffisamment sur une période prolongée (comme dans le cas de l'apnée du sommeil, du décalage horaire ou des quarts de travail) ou chez quelqu'un qui travaille de longs quarts de travail de façon répétée (activité physique ou mentale) sans se reposer suffisamment.

Manque de sommeil
La quantité de sommeil nécessaire peut varier d'une personne à l'autre, mais la plupart des gens doivent dormir de sept à neuf heures par nuit. En général, une nuit de sommeil de huit heures s'avère une bonne règle à suivre. Moins d'heures de sommeil que cette règle sur une période de plusieurs jours s'accumuleront pour entraîner une carence en sommeil. Un manque de deux heures de sommeil par nuit pendant quatre jours peut causer autant de fatigue que toute une nuit blanche.

Durée de la période de travail
Des études menées dans des situations opérationnelles laissent entendre qu'un temps de veille prolongé, davantage de temps passé au travail ou plus de quarts de travail successifs, jumelé à un sommeil insuffisant, augmentent chacun la fatigue et les risques.

Rythme circadien : L'horloge de l'être humain est réglée sur un cycle de 24 heures. Nous sommes programmés pour dormir la nuit et être éveillés le jour. Pendant des quarts de travail établis selon un modèle normal ou anormal, une personne risque de se sentir fatiguée, car ses cycles naturels de sommeil et d'éveil sont déphasés. Pour une personne, le fait de travailler alors que sa physiologie est réglée pour le sommeil peut atténuer la qualité du sommeil. Il a été prouvé que les travailleurs par quarts sont ainsi touchés : six heures de sommeil le jour ne correspondent pas à six heures de sommeil la nuit.

Le même cycle naturel de 24 heures influence les processus physiologiques comme la production d'hormones, la digestion, la température du corps et la somnolence. Il est probable que la somnolence vous gagne à deux moments durant le jour : au petit matin, entre minuit et 6 h, et au milieu de l'après-midi. La mélatonine est une hormone importante pour le sommeil. Les niveaux de mélatonine sont influencés par l'exposition à la lumière qui, à son tour, influe sur le sommeil.

Cycles de sommeil : En dormant, nous suivons un cycle qui nous fait passer d'un sommeil léger à un sommeil profond, au cours duquel nous rêvons, avant de revenir au sommeil léger. La durée de chacun des cycles varie d'une personne à l'autre, mais elle se situe habituellement entre 60 et 90 minutes. C'est le sommeil profond qui est nécessaire pour bien se remettre de la fatigue.

Conditions de travail : La fatigue et ses symptômes peuvent s'aggraver à cause des conditions de travail. Le stress, beaucoup de tension, de longs quarts de travail et même des facteurs matériels comme un mauvais éclairage, le bruit et de mauvaises conditions météorologiques peuvent accroître la fatigue. L'absence de pauses durant un quart de travail augmentera également la sensation de fatigue.

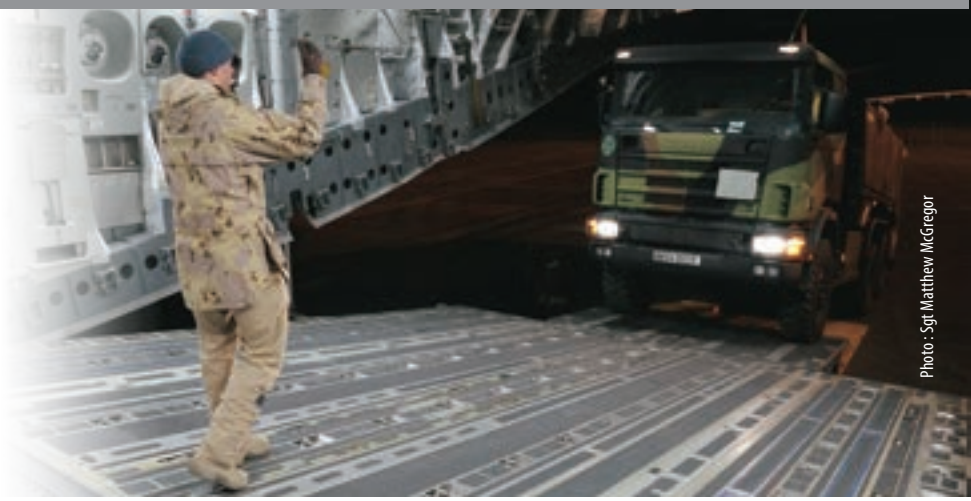


Photo : Sgt Matthew McGregor

Conciliation du travail, de la vie familiale et de la vie personnelle : Les exigences liées aux quarts de travail ainsi que leur incidence sur la vie familiale et sociale peuvent aussi s'avérer une cause de stress et nuire au sommeil dont une personne a besoin pour fonctionner de façon optimale.

> «... le travail par quarts peut contribuer au développement de graves problèmes de santé. »

Conséquences de la fatigue

La fatigue contribue à réduire la capacité à exécuter des tâches et présente un grave danger pour la sécurité. Des études ont démontré que la capacité d'une personne à accomplir une tâche nécessitant de la dextérité, de la concentration et une performance intellectuelle d'ordre supérieur, donc des caractéristiques propres à toutes les tâches associées aux opérations aériennes, était grandement défaillante. La recherche a également révélé qu'une seule nuit blanche pouvait dégrader votre rendement presque dans la même mesure que la quantité d'alcool qu'il faut consommer pour être reconnu coupable par la loi de conduite avec facultés affaiblies. Le temps de réaction est plus lent; les capacités de concentration et de la mémoire sont affaiblies; le risque est ainsi beaucoup plus élevé de commettre des erreurs dangereuses pour la sécurité.

Les conséquences de la fatigue comprennent la somnolence, une concentration difficile, de l'apathie, un sentiment d'isolement, l'exaspération, un temps de réaction accru à un stimulus, un ralentissement de la fonction mentale d'ordre supérieur, une diminution de la vigilance, des problèmes de mémoire, une fixation sur la tâche et une augmentation des erreurs dans l'exécution des tâches.

Des études révèlent que les **personnes fatiguées sous-estiment à tout coup leur fatigue**, et que celles-ci ne se rendent pas vraiment compte à quel point leurs facultés sont dégradées. L'expérience, la motivation, les médicaments, la caféine ou la volonté ne permettront pas d'éliminer la fatigue ni ses effets.

Même les travailleurs habitués au travail par quarts peuvent avoir des problèmes à concilier la nécessité de dormir un peu plus et celle de passer du temps en compagnie d'amis et de la famille à des heures « normales » du jour. De nombreuses personnes travaillant par quarts se sentent isolées socialement, ce qui fait augmenter le stress et le sentiment général de fatigue.

Au fil des ans, le travail par quarts peut contribuer au développement de graves problèmes de santé comme des maladies du cœur ou des problèmes gastro-intestinaux.

La fatigue peut avoir des répercussions que l'on ne soupçonnait pas sur de nombreux aspects de notre vie. La fatigue peut influer sur les sautes d'humeur, les niveaux de frustration, la prise de poids, la motivation, etc. Ces facteurs peuvent avoir une influence néfaste sur bien plus que votre rendement au travail. Votre famille et vos autres obligations peuvent en souffrir. De plus, ce n'est pas seulement au travail que la fatigue peut s'avérer dangereuse. Vous risquez également d'avoir un accident de voiture au retour à la maison, après un long quart de travail.

La fatigue diffère des nombreux autres risques en milieu de travail (comme l'exposition à des produits toxiques, à la poussière, au bruit, etc.), car elle a une incidence sur toutes vos activités et non pas juste sur celles liées au travail. Le système, le superviseur et l'employé se partagent la responsabilité d'éviter la fatigue. Vous avez un rôle important à jouer dans la lutte contre la fatigue. ◆

Sensibilisation à la fatigue

Un rapport recommande avec insistance d'accroître la sensibilisation, l'éducation et la collecte des données afin de contrer la fatigue du personnel de maintenance d'aéronefs.

par Linda Werfelman

Le présent article a d'abord paru dans la publication AeroSafety World *de mars 2012. Il est reproduit ci-après avec l'autorisation de la Flight Safety Foundation.*

Les spécialistes des facteurs humains en maintenance d'aéronefs affirment que les gestionnaires de la maintenance d'aéronefs et leurs employés doivent être sensibilisés davantage aux risques que présente la fatigue chez les travailleurs, indiquant également que la mesure la plus importante pour contrer la fatigue en milieu de travail serait d'établir une simple campagne de sensibilisation.

En décembre 2011, ces spécialistes ont présenté leurs recommandations dans un rapport publié par l'Office of Aerospace Medicine (OAM) de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis. Figurant dans une liste établie par ordre de priorité, les propositions ont été élaborées dans le cadre d'un atelier qui s'est tenu en mars 2011 visant à se pencher sur la question de la fatigue en maintenance d'aéronefs (dix meilleures mesures permettant de contrer la fatigue).

Le rapport mentionne qu'il faut mieux faire connaître les risques liés à la fatigue pour susciter un changement. Il peut être nécessaire d'organiser et d'intégrer un mouvement en vue de modifier les lois, d'améliorer l'éducation et de provoquer une prise de conscience.

Les délégués de l'atelier, représentant la FAA, Transports Canada et l'industrie aéronautique, ont indiqué que la campagne de sensibilisation à la fatigue devrait être menée par la FAA et inclure la participation des syndicats, d'organisations professionnelles et industrielles, des scientifiques et du gouvernement.

Le rapport indique aussi qu'il est fort probable qu'une sensibilisation accrue au problème vienne appuyer les efforts déployés en vue de développer un moyen de mesurer la fatigue, mentionnant dans la même foulée les travaux menés par l'industrie automobile et l'industrie du camionnage qui visent à recourir à une technologie fondée sur le clignement des yeux pour quantifier la fatigue des conducteurs.

Le rapport enchaîne en précisant que les événements fortement médiatisés favorisent la sensibilisation auprès du grand public et de l'industrie. Les événements révélant la fatigue des pilotes ou des contrôleurs de la circulation aérienne suscitent une forte couverture médiatique. Pour chacun des événements dévoilés au grand public, il en existe nombre d'autres qui ne seront jamais divulgués.

10 meilleures mesures pour contrer la fatigue

1. Accroître la sensibilisation à la fatigue auprès de l'employeur et de l'employé.
2. Poursuivre et élargir l'éducation sur les mesures de prévention contre la fatigue.
3. Appuyer et réglementer les systèmes de gestion des risques liés à la fatigue (SGRF).
4. Quantifier les répercussions de la fatigue sur les gains opérationnels et la sécurité.
5. Réglementer les limites de temps de service.
6. Établir des données de base sur les risques liés à la fatigue à partir des systèmes de signalement d'événements déjà en place.
7. Intégrer la sensibilisation à la fatigue à la culture de sécurité.
8. S'assurer que l'on tient compte du SGRF dans les programmes de gestion de la sécurité.
9. Créer et mettre en œuvre des outils d'évaluation de la fatigue.
10. Améliorer les échanges entre les SGRF au sein d'une même entreprise et de toutes les entreprises.

Source : Federal Aviation Administration des États-Unis

Le rapport souligne que la fatigue est très répandue dans certains milieux de l'industrie, comme la maintenance d'aéronefs qui doit fonctionner de jour comme de nuit. Ainsi, les risques qui y sont associés doivent demeurer hautement prioritaires, même s'ils ne font pas la manchette.

En plus de la sensibilisation à la fatigue, les délégués de l'atelier ont souligné qu'il fallait poursuivre et accroître l'éducation pour ce qui est des mesures visant à contrer la fatigue.

Le rapport cite plusieurs études qui indiquent que les activités de formation doivent confirmer à l'employé comme à l'employeur les avantages que confère un repos adéquat. La formation doit manifestement démontrer les gains à réaliser pour tout un chacun. Elle doit également enseigner aux dirigeants et aux gestionnaires la façon d'établir le calendrier des travaux, des heures supplémentaires et des périodes de repos de manière à assurer la sécurité de tous. L'éducation doit présenter la science du repos et l'établissement du calendrier des travaux de manière compréhensible et utile. Avant tout, l'éducation doit motiver les apprenants afin que ces derniers changent toute mauvaise habitude causant de la fatigue.

Le rapport indique également que l'éducation sur la fatigue réservée au personnel de maintenance devrait commencer dès la formation initiale de ce dernier.

En outre, l'éducation sur la fatigue devrait aussi se faire auprès des amis et de la famille du personnel de maintenance. Ainsi, l'entourage qui est cher au personnel visé pourrait apprendre ce que sont de bonnes périodes de travail et de repos et travailler en toute sécurité. L'éducation devrait également rayonner au sein du Congrès des États-Unis qui a exercé des pressions considérables pour que des modifications soient apportées aux règles en vue de contrer la fatigue chez les pilotes, mais non à celles régissant la fatigue chez le personnel de maintenance.

Les délégués de l'atelier estiment qu'une telle éducation pourrait encourager la FAA à régler la question des risques associés à la fatigue et à améliorer la réglementation. Bien entendu, les délégués de l'industrie issus des parties patronale et syndicale ont signalé qu'il fallait faire attention à ce que l'on souhaite.

Dans le cadre du programme de recherche sur la fatigue en maintenance de la FAA, on a déjà élaboré et distribué des documents favorisant l'éducation sur la fatigue, notamment des affiches, des vidéos, une liste de vérification des symptômes de la fatigue et un outil d'évaluation de la fatigue[1].

> «... il est fort probable qu'une sensibilisation accrue au problème vienne appuyer les efforts déployés en vue dedévelopper un moyen de mesurer la fatigue... »

Système de gestion des risques liés à la fatigue

Les délégués de l'atelier ont également demandé à ce que des mesures soient prises afin d'appuyer et de réglementer les systèmes de gestion des risques liés à la fatigue (SGRF) en maintenance des aéronefs (voir l'article Finding a Foothold présenté en anglais seulement).

Le SGRF n'a pas encore été adopté à grande échelle dans les organismes de maintenance d'aéronefs, même s'il est courant dans l'industrie ferroviaire, l'industrie du camionnage et au sein des équipages navigants.

Le rapport indique qu'une amélioration de la santé et du bien-être du personnel, de même que de la sécurité et de la rentabilité, est remarquée lorsqu'un SGRF est mis en place. Par exemple, une entreprise de camionnage internationale a signalé qu'elle avait économisé des millions de dollars liés aux coûts des soins de santé.

Le rapport signale que les SGRF doivent être conçus sur mesure pour une organisation. Il n'y a pas de solution universelle. Une gestion efficace des risques liés à la fatigue commande à tout un chacun de prendre ses responsabilités à l'égard du problème et d'utiliser diverses stratégies pour réduire la fatigue.

Dans un SGRF en maintenance d'aéronefs, l'objectif premier est de réduire la fatigue du personnel de manière à atteindre un niveau de fatigue acceptable, et ce, à l'aide de mesures permettant d'atténuer la fatigue comme une limite du temps de service, l'utilisation de méthodes scientifiques pour établir le calendrier des travaux, des stratégies permettant de faire des sommes, des absences justifiées et, dans certains cas, un examen médical et un traitement.

Le deuxième objectif est de réduire les erreurs attribuables à la fatigue.

Le rapport mentionne que, malgré les efforts pour s'assurer que les employés sont bien reposés et alertes au moment d'arriver au travail, il est impossible d'éliminer la fatigue en milieu de travail. Des interventions peuvent se faire sur deux fronts : d'abord la mise en place de mesures visant à réduire les risques pour la personne et ensuite, d'autres visant à atténuer les risques que présente une tâche pour un travailleur fatigué.

Par exemple, l'atténuation des risques que présente une tâche par la prise de pauses et la simplification des étapes de la tâche peuvent aider. Personne ne devrait attribuer de tâches critiques à un travailleur fatigué. Le jumelage du travailleur et de la tâche fait partie du SGRF.

Les délégués de l'atelier ont mentionné que, comme solution de rechange à un SGRF, ils privilégiaient de laisser les entreprises démontrer la façon dont elles prévoient gérer la fatigue du personnel de maintenance, et ce, par l'établissement d'une limite maximale du temps de service et par une description de la méthode de gestion de la fatigue envisagée si elles décident de dépasser les limites de temps de service prescrites.

Meilleures données

Malgré les preuves empiriques des erreurs découlant de longues heures de travail et de la fatigue, les données officielles sur la fatigue sont relativement limitées, indique le rapport.

Lorsque des mécaniciens ou des membres d'équipage navigant fatigués commettent des erreurs, ces dernières sont souvent plutôt attribuées à des erreurs procédurales, à des trous de mémoire ou à une mauvaise communication qu'à la fatigue. Habituellement, une enquête sur un événement ne comporte pas une analyse assez poussée sur les causes profondes pour permettre de déterminer que la fatigue était un facteur contributif important à l'accident.

Par conséquent, les coûts et les répercussions sur la sécurité des erreurs dues à la fatigue ne sont pas connus.

Le rapport mentionnait des changements radicaux dans l'industrie du camionnage aux États-Unis, à la suite d'améliorations apportées à la collecte de données, notamment sur la formation semestrielle sur les mesures visant à contrer la fatigue, l'encadrement en matière de santé et de mieux-être, le dépistage des troubles du sommeil et la gestion proactive de la fatigue. Les changements réglementaires prévus comprennent l'ajout d'un test de dépistage de l'apnée du sommeil dans le cadre des

examens médicaux courants liés à la conduite de véhicules automobiles commerciaux.

Le gouvernement et l'industrie aéronautique ont besoin, entre autres, de données sur les conséquences financières de la fatigue et des dommages causés par la fatigue, la portée des risques pour la sécurité des vols que présente la fatigue en maintenance, les coûts liés à la mise en œuvre des SGRF et la probabilité qu'un SGRF ait pu empêcher qu'un événement lié à la fatigue se produise.

Une fois que l'industrie a des données sur les risques pour les finances et la sécurité que présente la fatigue, il est possible de prendre de meilleures mesures et d'évaluer leurs effets.

Sondage de 2010

Les délégués de l'atelier ont également donné leur appui à un mouvement réglementaire visant à limiter le temps de service; une mesure que le rapport qualifie de conforme à la priorité élevée accordée à la réglementation sur les SGRF. Le rapport indique qu'un sondage fait en 2010 par le groupe de travail sur la fatigue en maintenance de l'industrie, relevant de la FAA, a mené à une décision unanime parmi les participants interrogés, qui préconisait que la FAA propose un règlement sur le temps de service du personnel de maintenance.

Selon le rapport, les délégués de l'atelier et du groupe de travail estimaient que ni l'industrie ni les personnes ne pouvaient régler complètement la question de la fatigue sans l'appui d'une réglementation. Plusieurs croient que le SGRF pourrait compléter le contrôle des limites du temps de service, s'il est possible de démontrer des niveaux équivalents de sécurité.

Le rapport indique que les limites de temps de service réglementaires varient grandement à l'échelle mondiale. En Chine, par exemple, il n'est pas permis de prévoir plus de huit heures de travail par jour. La réglementation actuelle de la FAA prévoit un calendrier des travaux échelonnés sur 24 heures, tandis que la Fédération internationale de navigabilité aérospatiale (FINA) recommande une limite de douze heures, ou de seize heures si des heures supplémentaires sont requises. Le rapport stipule que le nombre maximal d'heures de travail par mois varie de 196 à 646 heures, signalant que la FINA recommande une limite maximale de 288 heures.

Le rapport a laissé entendre qu'une réglementation fondée sur les recommandations de la FINA, les renseignements recueillis par le groupe de travail sur la fatigue et les données du SGRF pourrait être élaborée aux États-Unis.

Photo : Sgt Gaétan Racine

Une seule règle à l'égard du temps de service ne suffit pas, souligne le rapport. On précise aussi que la réglementation mise en œuvre devrait être adaptable à divers types d'exploitation et assurer une sécurité maximale. ◆

Le présent article est fondé sur le rapport DOT/FAA/AM-11-19 de l'OAM, Fatigue Solutions for Maintenance: From Science to Workplace Reality, *rédigé par Katrina E. Avers, William B. Johnson, Joy O. Banks, Darin Nei et Elizabeth Hensley. M. Johnson est le conseiller scientifique et technique en chef de la FAA en matière de facteurs humains en maintenance. Les autres rédacteurs travaillent pour le Civil Aerospace Medical Institute de la FAA.*

Remarque

1. Les renseignements sont offerts (en anglais seulement) dans la partie du site Web de la FAA consacrée à la fatigue en maintenance d'aéronefs, mxfatigue.com.

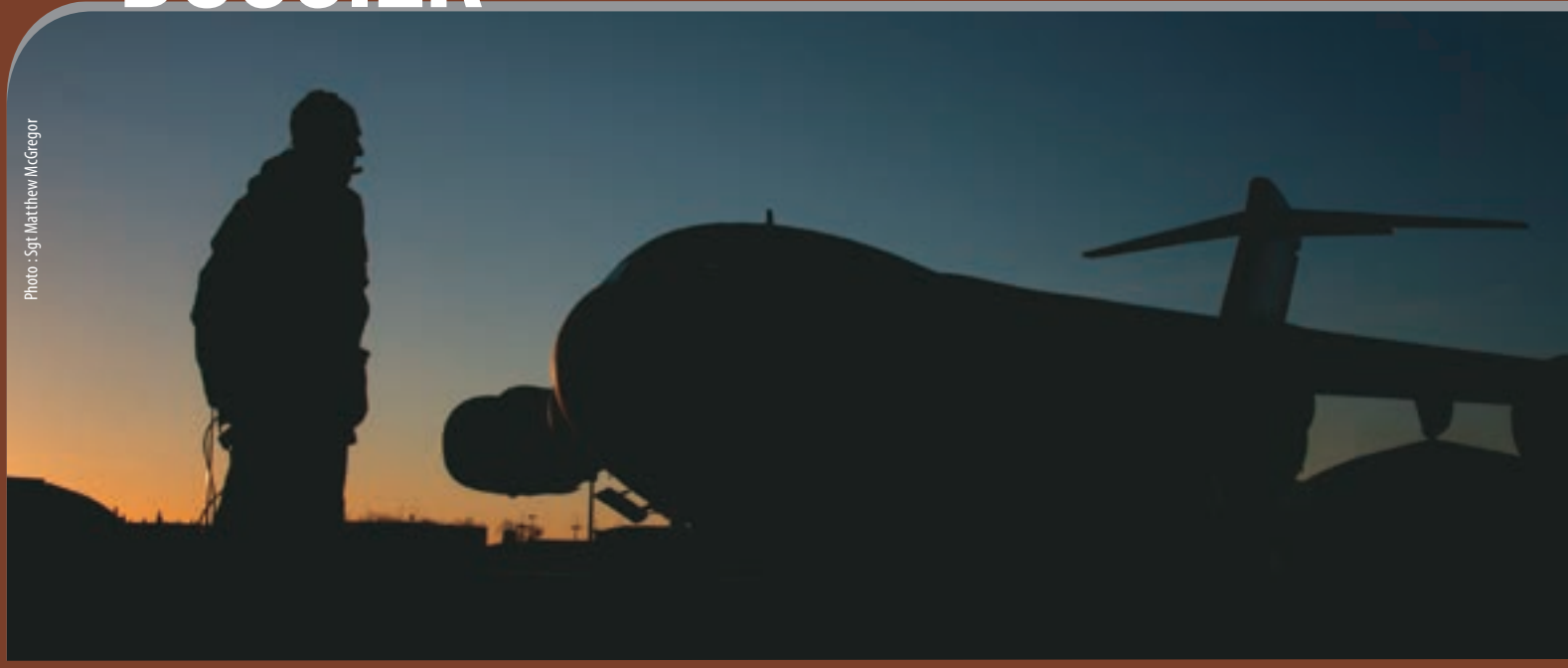


Photo : Sgt Matthew McGregor

Aperçu des problèmes de fatigue dans l'Aviation royale canadienne et des mesures de prévention choisies

par Michel Paul, scientifique de la Défense, Recherche et développement pour la Défense Canada, Toronto

Rédigé en collaboration avec le Colonel Colin Keiver, Directeur, Production à contrat de la Force (Air), Ottawa, et le Lieutenant-colonel Jason Stark, commandant, 429e Escadron, 8e Escadre Trenton

Au cours de la récente campagne aérienne sur la Lybie (les opérations *Aleta* et *Libeccio*), nos équipages navigants assurant le transport aérien à l'appui de la campagne ont subi de très graves incidents liés à la sécurité des vols qui étaient attribuables à la fatigue. Ces incidents auraient très bien pu se solder par des accidents, et ils tiraient leur origine d'une bien mauvaise planification du calendrier de mission. Dans le cas d'un avion CC130 modèle J, les occupants ont atteint le sommet de la montée dans un état d'hypoxie avancée, car on avait omis d'amorcer la pressurisation cabine pendant l'exécution de la liste de vérifications. En outre, un avion CC177 a fait l'objet de trois incidents liés à la sécurité des vols au cours d'une même mission. Dès le deuxième jour de la mission, il y a eu surchauffe des freins à cause d'un oubli dans l'exécution de la liste de vérifications (alors que les niveaux de fatigue modélisés correspondaient à une efficacité cognitive de 68,5 p. cent, ce qui s'avère un rendement inférieur à celui d'une personne ayant un taux d'alcoolémie de 0,08 p. cent). Au septième jour de la mission, l'équipage a mal identifié un aérodrome pendant l'approche à l'atterrissage (efficacité cognitive de 45,3 p. cent, ce qui représente le rendement d'une personne ayant un taux d'alcoolémie hors échelle en fait d'équivalence dans la fourchette de rendement, alors que personne ne peut exécuter une tâche quelle qu'elle soit). Pour finir, le dixième jour de la mission, les volets ont été déployés à grande vitesse à l'atterrissage (efficacité cognitive de 68 p. cent, ce qui équivaut encore une fois au rendement d'une personne ayant un taux d'alcoolémie supérieur à la limite de 0,08 p. cent). Tout récemment, l'équipage navigant d'un avion C-17 de la Force aérienne des États-Unis (USAF) était tellement fatigué qu'il s'est posé au mauvais aérodrome, même si la piste à cet endroit avait seulement 3400 pieds de longueur, alors que la piste où il devait atterrir quatre milles plus au sud avait 11 500 pieds de longueur. Il semble que les équipages navigants de l'USAF soient aussi à la merci d'une mauvaise planification du calendrier de mission.

« Nos travaux visant à modéliser les missions de l'Aviation royale canadienne (ARC) afin de déterminer l'efficacité cognitive des équipages navigants au moyen du logiciel FAST^MC (Fatigue Avoidance Scheduling Tool) nous ont poussés à conclure que la réglementation actuelle sur les périodes de repos et de service des équipages navigants était parfois beaucoup trop laxiste (permettant l'exécution de missions donnant des niveaux d'efficacité cognitive inquiétants). Par contre, à d'autres égards, la réglementation était beaucoup trop stricte (ne permettant pas l'exécution de missions qui pourraient pourtant se faire en toute sécurité). »

Normalement, la réglementation sur les périodes de repos et de service est fondée sur l'expérience opérationnelle, mais non sur une recherche fondamentale étudiant l'interaction entre la fatigue et le processus circadien ainsi que leurs effets sur le rendement [1]. Les règles actuelles tentent d'accorder suffisamment de temps de récupération aux équipages navigants entre les vols, et elles comprennent souvent des dispositions servant à pallier les inconvénients d'une longue journée de travail pour un équipage navigant. Toutefois, ces règles ne prescrivent généralement pas le comportement à adopter avant la mission, et elles considèrent que chacune des 24 heures d'une journée a une même valeur.

Depuis peu, la plupart des administrations ont commencé à reconnaître que le rendement des équipages navigants durant les heures normales du jour est habituellement très bon. Toutefois, elles sont aussi de plus en plus conscientes que, durant les opérations nocturnes, le corps produit et libère de la mélatonine dans le sang, ce qui favorise le sommeil et la somnolence et est préjudiciable au rendement du personnel travaillant de nuit, à moins que ce dernier ne soit adapté aux opérations nocturnes.

À titre d'exemple, la dernière politique de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis concède que, durant un creux circadien (de minuit à 6 h environ), le rendement peut être considérablement altéré par rapport au rendement de jour. Tout récemment, on a également reconnu que des interactions complexes existent entre « l'heure du jour », les « périodes de sommeil possibles », la « qualité du milieu de repos » et le « rendement ». Toutefois, de nouveaux logiciels de modélisation (comme le logiciel FAST) retirent le mystère de l'équation, car ils tiennent compte des interactions complexes entre le travail, le repos et l'heure de la journée.

Avant de présenter les modèles que le logiciel FASTMC a établis pour les deux missions de l'ARC ci-après, il serait utile de donner quelques précisions sur le programme de modélisation en question (voir la figure 1).

- L'axe vertical du côté gauche des graphiques FASTMC représente l'efficacité du rendement cognitif humain comme étant un pourcentage du rendement optimal (100 p. cent). La ligne en dent de scie du graphique représente le rendement moyen (efficacité cognitive) déterminé en fonction de l'heure de la journée, des biorythmes ainsi que du nombre d'heures d'éveil et de sommeil. La mince ligne noire indique les heures d'éveil, la mince ligne grise, les heures de sommeil et l'épaisse ligne noire, les heures de travail.
- La ligne pointillée, qui se trouve sous la ligne indiquant l'efficacité cognitive et qui suit à peu près la même courbe en dent de scie, représente un intervalle de confiance au dixième centile.
- Le rendement présenté par la bande verte (de 90 à 100 p. cent) représente une efficacité cognitive acceptable pour le personnel effectuant des tâches critiques sur le plan de la sécurité (pilotage, conduite, utilisation d'armes, commande et contrôle, etc.).
- Le rendement présenté par la bande jaune (efficacité cognitive de 65 à 90 %) signale que la prudence est de mise. Le personnel devant effectuer des activités spécialisées, comme les tâches liées à l'aéronautique, ne devrait pas travailler s'il se trouve dans cette plage de rendement.
- Le rendement indiqué par la bande rose (inférieur à 65 p. cent) représente une efficacité cognitive sérieusement dégradée, par exemple, celle à laquelle on pourrait s'attendre après deux jours et deux nuits sans sommeil. Dans de telles conditions, on ne peut pas s'attendre à ce qu'une personne puisse bien effectuer une tâche, quelle qu'elle soit.
- Une efficacité cognitive de 77 p. cent correspond au rendement d'une personne ayant un taux d'alcoolémie de 0,05 p. cent (reconnu par certaines administrations comme une personne en état d'ébriété du point de vue juridique). Une efficacité cognitive de 70 p. cent correspond au rendement d'une personne ayant un taux d'alcoolémie de 0,08 p. cent (reconnu comme un état d'ébriété par la plupart des administrations). Les équivalences entre les taux d'alcoolémie et les niveaux de fatigue ou de manque de sommeil sont fondées sur trois études importantes [2-4].
- L'abscisse (axe des x) présente les heures de travail (barres rouges), de sommeil (barres bleues), de noirceur (barres grises) ainsi que l'heure de la journée.
- Les triangles gris situés tout juste au-dessus de l'abscisse marquent des événements comme les principaux points de cheminement de la mission (y compris leur latitude et leur longitude pour refléter la photopériode, c'est-à-dire les heures de lever et de coucher du soleil), pour harmoniser les variations du rythme circadien aux changements de fuseau horaire.
- Les triangles rouges signalent les incidents liés à la sécurité des vols.

Le modèle ci-dessous présente le calendrier de la mission exécutée par l'équipage navigant du CC177, et il rend compte des pires niveaux d'efficacité cognitive enregistrés par un équipage navigant au cours des dix dernières années de modélisation des opérations aériennes de l'ARC. Il n'est donc pas étonnant de constater que le modèle est ponctué de trois incidents liés à la sécurité des vols (voir les triangles rouges C1, C2 et C3 qui correspondent respectivement à une surchauffe des freins découlant d'un oubli dans l'exécution de la liste de vérifications, à une mauvaise identification d'un aérodrome durant l'approche finale à l'atterrissage, ainsi qu'au déploiement des volets à grande vitesse à l'atterrissage). Ces dangereux niveaux d'efficacité cognitive de l'équipage navigant peuvent être, et doivent être, contrés au moyen d'une meilleure planification du calendrier de vol et d'une meilleure hygiène du sommeil chez les équipages navigants.

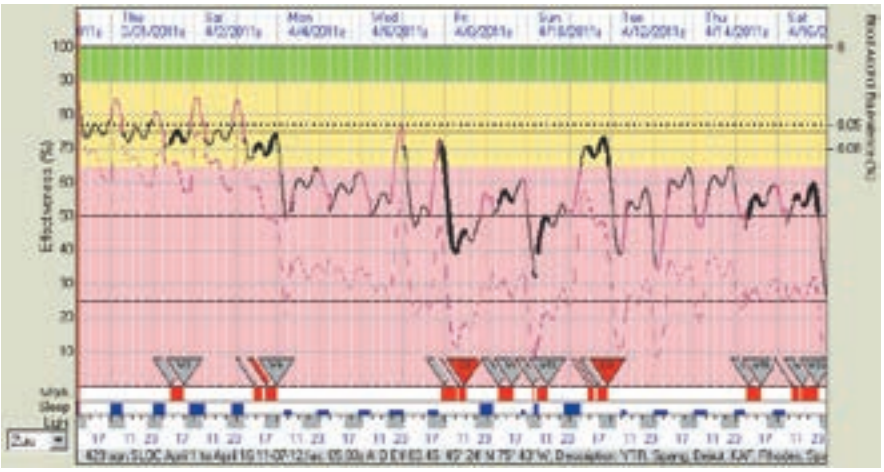


Figure 1. Modèle d'horaire dangereux de mission CC177*

Compte rendu du commandant de bord

À l'arrivée à OLBA, le 3 avril, les freins ont surchauffé à la suite d'un oubli durant l'exposé en préparation de l'approche. Cet oubli pourrait être attribuable à la fatigue, car je totalise quelque 1000 heures d'expérience sur cet appareil, sur un total de 2400 heures de vol en service militaire et autre bloc de 1200 heures de vol dans le civil.

L'incident suivant s'est produit à l'arrivée à ETAD, le 8 avril, car j'ai mal identifié l'aérodrome (EDFH Frankfurt Hahn), qui n'était pas la destination prévue. La distance entre les deux aéroports est de 30 milles. Je pilotais dans des conditions VFR par temps dégagé. J'ai continué de suivre le vecteur de l'ATC et les instructions de descente, mais en raison de la mauvaise identification, j'ai entamé une descente très rapide vers l'altitude suivante en vue d'effectuer une approche du mauvais aérodrome. Évoluant à basse altitude, l'avion était très bruyant en raison de sa configuration. Finalement, j'ai exécuté un atterrissage dans l'embarras au bon aéroport. Le dernier incident s'est produit le 11 avril à l'arrivée à OAKN, alors que, en prévision de l'atterrissage, les volets ont été déployés au ¾ à une vitesse dépassant de 10 à 15 nœuds la vitesse prescrite. Le reste de la mission s'est déroulé sans incident.

Compte rendu du commandant de bord

Le 21 mars 2011, l'équipage navigant a commencé son service par une période de mise en attente de quatre heures à 6 h, heure locale (10 h Z). L'équipage a été avisé que le décollage était prévu pour 17 h (21 h Z) le 21 mars 2011. Nous avons quitté la BFC Trenton à 21 h, heure locale (23 h 59 Z), le 21 mars, prévoyant arriver à Prestwick (Écosse), à 11 h, heure locale (11 h Z) le jour suivant. Toutefois, en raison d'averses de neige à la BFC Bagotville, l'équipage n'a pas pu décoller, et il a commencé une période de repos à 1 h, heure locale (4 h Z), le 22 mars.

On a appelé les Opérations de la 8e Escadre pour les informer que l'équipage serait prêt à décoller à 15 h, heure locale (18 h Z), après sa période de repos de douze heures. On avait informé l'équipage de l'heure de départ prévue, et celui-ci avait planifié sa période de sommeil en conséquence. Vers 10 h, heure locale (13 h Z), j'ai reçu des courriels et des appels pour m'aviser que des modifications avaient été apportées à la mission, et que je devais y donner suite immédiatement ce qui, techniquement, a interrompu ma période de repos. J'ai pu profiter d'une période de huit heures sans interruption, mais j'ai commencé ma journée de service à 11 h, heure locale (14 h Z). J'ai reçu des directives de trois sources : les Opérations de la 8e Escadre, le Centre des opérations aériennes de Winnipeg et les Opérations du 436e Escadron. Le décollage a été retardé jusqu'à 18 h 59, heure locale (21 h 59 Z); la journée de service de l'équipage était donc déjà amorcée depuis six heures. En raison de fortes turbulences un peu partout au dessus de l'Atlantique, l'équipage a dû se dérouter vers Halifax, en vue de traverser l'Atlantique à destination de Prestwick au sud de la zone de turbulences. L'avion s'est posé à 8 h 48, heure locale (8 h 48 Z) et l'équipage a pris plus d'une heure à sécuriser l'appareil et à se rendre à l'hôtel. La journée de service de l'équipage avait duré 18 heures.

La période de repos de l'équipage a débuté à 10 h, heure locale (10 h Z) et ses membres ont dormi toute la journée. On nous avait indiqué qu'il fallait s'attendre à décoller à 1 h, heure locale (1 h Z), le 24 mars, pour revenir à la BFC Trenton. Vers 21 h, heure locale (21 h Z), j'ai reçu des courriels et des appels téléphoniques m'indiquant que le départ avait été reporté à 7 h 30, heure locale (7 h 30 Z), le 24 mars. Les membres d'équipage avaient planifié leur sommeil en fonction d'un départ aux petites heures du matin, et ils ont jugé qu'un repos adéquat était bien difficile à obtenir compte tenu du retard de 6,5 heures à l'horaire. En raison de leurs cycles de repos et de sommeil, aucun membre d'équipage n'a pu fermer l'œil au cours de la nuit précédant le vol, et ils étaient tous très fatigués. La journée de service de l'équipage a débuté à 4 h 30, heure locale (4 h 30 Z). Nous avons décollé à destination de la BFC Trenton. En arrivant à Goose Bay, nous avons été détournés vers la BFC Greenwood pour ramasser une autre charge destinée à la base NAS Sigonella. L'équipage s'est posé à la BFC Greenwood à 14 h 1, heure locale (17 h 1 Z), mais il est resté en service car il devait procéder au chargement de l'avion en préparation du jour suivant. L'équipage est arrivé à l'hôtel à 17 h, heures locale (20 h Z), heure à laquelle a débuté sa période de repos. La journée de service totalisait 15,5 heures. Toutefois, si l'on tient compte de l'heure de décollage initialement prévu au moment de la planification, donc l'heure en fonction de laquelle l'équipage avait prévu sa période de repos et de sommeil, il s'agissait en fait d'une journée de service de 21 heures. À ce moment-là, j'ai commencé à remarquer des signes d'épuisement parmi les membres d'équipage, mais comme d'un point de vue technique l'équipage n'avait pas travaillé plus de 16 heures pendant deux jours, je n'ai pas demandé une

Le prochain graphique (figure 2) représente la mission effectuée par l'équipage navigant d'un CC130J. Il révèle le rendement modélisé de onze vols distincts. À l'exception des deux premiers vols (de Trenton à Bagotville et de Bagotville à Halifax), la cadence opérationnelle de la mission a causé des niveaux d'efficacité cognitive très malsains, car pendant environ 82 p. cent du temps qu'ont duré les onze vols, les niveaux de rendement équivalaient à ceux d'une personne ayant un taux d'alcoolémie plus qu'élevé (voir l'axe de droite et l'axe vertical du graphique). Durant les six derniers vols, le rendement modélisé est tout particulièrement inquiétant, car l'efficacité cognitive est de 48 à 60 p. cent. Le triangle rouge indique un incident lié à la sécurité des vols qui s'est produit le 27 mars (vers 17 h 12 Z) alors que l'oubli d'un élément de la liste de vérifications a provoqué une situation d'hypoxie dans la cabine en altitude.

La modélisation en question rend compte d'un rendement qui occupe la deuxième place à titre des pires modèles jamais établis pour les opérations aériennes des Forces canadiennes. De tels niveaux de rendement peuvent facilement causer des accidents, et ils peuvent être évités par une meilleure planification du calendrier de mission.

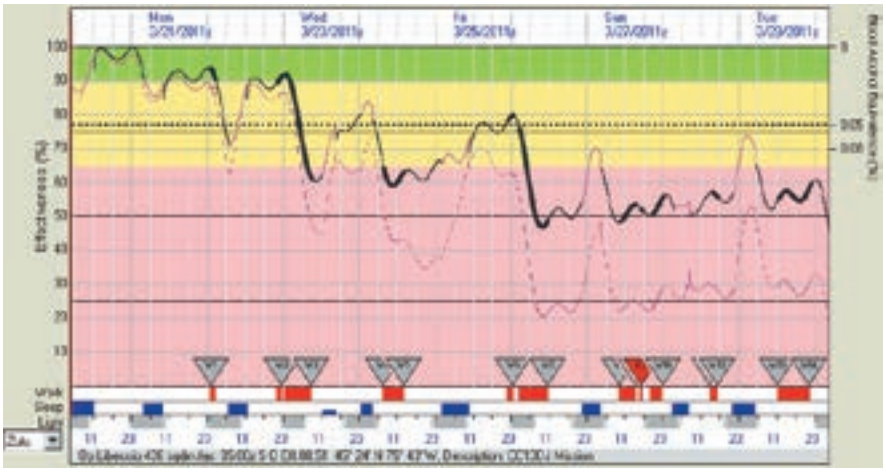


Figure 2. Modèle d'horaire dangereux de mission CC130*

période de repos de 36 heures. L'équipage disposait de 24 heures de repos à la BFC Greenwood. Toutefois, comme nos cycles de repos et de sommeil étaient toujours réglés à l'heure des Maritimes, l'équipage n'a pas pu dormir, et il est resté actif jusqu'à 10 h (13 h Z).

Le 25 mars, l'équipage a commencé sa journée de service à 17 h, heure locale (20 h Z) en prévision de son décollage de la BFC Greenwood. Une fois de plus, pendant ma période de repos, j'ai reçu des appels téléphoniques et des courriels m'avisant de modifications à la planification de la mission. En outre, un quatrième organisme de contrôle s'est ajouté à la mission (l'élément de contrôle du transport aérien de Prestwick, en Écosse), ce qui a entraîné davantage de confusion quant à l'entité qui était responsable de la mission et de sa planification. Une fois à l'aérodrome, l'équipage a appris qu'il fallait décharger le matériel embarqué la veille, et se rendre à la BFC Bagotville avant de décoller à destination de la base britannique Kinloss (RAF). L'équipage a respecté l'heure de départ prévue à 19 50, heure locale (22 h 50 Z) à destination de la BFC Bagotville. Malgré quelques averses de neige, une éclaircie a permis à l'équipe au sol de déglacer l'appareil et l'équipage a décollé à 23 h 31, heure locale (2 h 31 Z). L'avion a atterri à la base Kinloss (RAF) à 11 h 36, heure locale (11 h 36 Z), mais en raison d'une pénurie de personnel de SMMA, l'équipage a dû s'occuper du chargement de l'avion. Les membres d'équipage sont arrivés à l'hôtel à 14 h, heure locale (14 h Z), heure à laquelle ils ont commencé leur période de repos. La journée de service avait duré 18 heures, mais compte tenu des cycles de repos et de sommeil de l'équipage, ce dernier n'a pas pu dormir, et il est resté actif pendant environ 25 heures.

Le 27 mars, la journée de service a débuté à 7 h, heure locale (6 h Z) après une période de repos d'équipage de 16 heures. Une fois de plus, j'ai dû m'occuper de changements à la planification de la mission pendant que le reste de l'équipage se reposait. L'avion a quitté la base Kinloss (RAF) à destination de la base NAS Sigonella alors que l'équipage entamait une quatrième longue journée de service consécutive. Selon moi, il s'agit d'un facteur contributif à l'incident lié à la sécurité des vols qui s'est produit en vol, entre la base NAS Sigonella et l'AB Trapani. Durant cette étape du vol, le copilote a oublié un élément de la liste de vérifications (démarrer l'appareil de conditionnement d'air du poste de pilotage et de la soute) ce qui a donné une altitude cabine de plus de 10 000 pieds. En passant 10 000 pieds, j'ai vérifié si l'avion était pressurisé, et j'ai constaté que la cabine était pressurisée, mais que l'altitude cabine était beaucoup plus élevée qu'à la normale. J'ai donc décidé de vérifier de nouveau une fois l'avion mis en palier. Avant la mise en palier, j'ai reçu un message de l'ACAWS indiquant une altitude cabine élevée. Après que l'équipage eut mis des masques à oxygène, effectué une descente d'urgence et procédé à un dépannage rapide, il a relevé l'erreur du copilote. Comme la pressurisation de l'avion se faisait normalement, l'équipage a poursuivi la mission. Après l'atterrissage à la base américaine de Trapani, j'ai signalé l'incident lié à la sécurité des vols; le copilote a commis d'autres erreurs dans l'exécution des listes de vérifications, et il a déclaré qu'il était fatigué à plusieurs reprises pendant la journée. Au sol, à Trapani, la mission de l'équipage a été modifiée à quatre reprises, puis on l'a finalement informé qu'il devait décoller à destination de Prestwick (Écosse). L'équipage a alors avisé les Opérations de la 8e Escadre qu'il lui était impossible de se rendre à Prestwick, compte tenu de la durée de notre journée de service (qui aurait totalisé plus de 19 heures à l'atterrissage), et qu'il préférait rester sur place, à Trapani. Il a été avisé qu'aucune chambre n'était disponible à Trapani et qu'il devait quitter l'endroit. L'équipage a alors opté pour Frankfurt-Hahn (comme c'était la destination lors de la planification initiale, des chambres et un stationnement y avaient été réservés à l'intention de l'équipage). Les membres d'équipage sont arrivés à Frankfurt-Hahn à 1 h 58, heure locale (23 h 58 Z), et la période de repos de l'équipage a débuté à 3 h 30, heure locale (1 h 30 Z). La journée de service avait duré 19,5 heures.

Pendant le vol à destination de Frankfurt-Hahn, les membres d'équipage ont longuement discuté des périodes de repos des équipages et de l'état dans lequel ils se trouvaient. Ils étaient tous très fatigués à ce moment-là. L'équipage a décidé de faire une courte journée de service le jour suivant, et il a modifié l'itinéraire pour se rendre à Prestwick (Écosse). Le 28 mars, la journée de service de l'équipage a débuté à 15 h 30, heure locale (13 h 30 Z), et il a décollé à 16 h 48, heure locale (14 h 48 Z). L'avion s'est posé à 18 h 6, heure locale (17 h 6 Z), et la période de repos de l'équipage a débuté à 20 h, heure locale (19 h Z).

La journée de service du 29 mars a commencé à 9 h, heure locale (8 h Z). Une fois de plus, j'ai reçu des appels téléphoniques et des courriels pendant ma période de repos. Initialement, l'avion devait décoller à 11 h, heure locale (10 h Z), mais le départ a été reporté à 13 h, heure locale (12 h Z). L'avion a dû faire une escale d'avitaillement à Goose Bay (en raison des vents) et il est arrivé à la BFC Trenton à 18 h 9, heure locale (22 h 9 Z). L'équipage a quitté la base et mis fin à sa journée de service à 19 h 30, heure locale (23 h 30 Z). La dernière journée de service avait duré 15,5 heures.

D'abord, ce qui m'a contrarié le plus était de me faire sans cesse déranger durant ma période de repos. Les organismes de contrôle n'ont eu aucun égard pour la période de huit heures de sommeil consécutives à laquelle tout membre d'équipage a droit. Il s'agit d'un facteur contributif à l'incident lié à la sécurité des vols qui s'est produit. Ensuite, il faut mentionner le changement constant de nos cycles de sommeil et de repos. Pendant deux des jours qu'a duré la mission, l'équipage n'a pas dormi et est resté actif pendant plus de 24 heures. Enfin, l'équipage n'a jamais été en mesure de bien comprendre qui était responsable de la mission. Il devait répondre à quatre organismes qui lui donnaient quatre lots de renseignements divergents.

Dans l'ensemble, j'ai l'impression que la mission s'est déroulée en toute sécurité.

« La meilleure rétroaction que je puisse donner est qu'un seul organisme central doit gérer les périodes de repos de l'équipage en même temps que les exigences de la mission. »

Ainsi, l'organisme de contrôle sait à quel moment il n'est pas possible de déranger l'équipage. Ensuite, si des changements sont apportés à la planification de la mission pendant que l'équipage se repose (ce qui était la norme dans ce cas-ci), les membres d'équipage devraient alors être mis en attente au lieu d'être avisés de se tenir prêt pour une heure de départ donnée. Les équipages navigants gèrent leurs périodes d'attente de façon bien différente; ils peuvent ainsi gérer leurs cycles de repos et de sommeil de manière à être prêts à exécuter la mission en tout temps. Si l'on donne une heure de départ à un équipage navigant, le repos est géré de manière à pouvoir en tirer le meilleur profit possible à l'heure de départ prévu. Tout changement apporté à l'heure de départ entraînera des périodes sans sommeil et des périodes d'activités de plus de 24 heures.

Le meilleur moyen de contrer la fatigue des équipages navigants consiste à planifier un calendrier de mission optimal qui ne portera pas préjudice au rendement de l'équipage à moins d'une raison valable. Pour faciliter la planification d'un calendrier de mission optimal, nous avons recommandé à l'ARC de se procurer le logiciel FAST[MC]. L'intention est d'intégrer le

logiciel FAST[MC] au logiciel de planification des calendriers de service des équipages (outil de planification du transport aérien ou OPT) récemment acquis, alors que le logiciel FAST[MC] pourrait interagir en arrière-plan avec l'OPT. Le responsable planifierait les calendriers de mission comme à l'habitude, puis enfoncerait une touche d'accès direct permettant d'afficher automatiquement le calendrier en question dans le logiciel FAST[MC]. Le responsable du calendrier pourrait ainsi déterminer les heures auxquelles le rendement modélisé serait inférieur aux limites acceptables, ce qui lui permettrait d'optimiser le calendrier (et, par conséquent, éviter toute fatigue inutile de l'équipage) avant d'affecter un escadron à la mission. Lorsque des impératifs extérieurs régissant l'affectation de tâches militaires commandent une intervention prioritaire immédiate et qu'il est impossible d'optimiser et/ou de retarder la mission, le logiciel FAST[MC] déterminerait les heures précises de l'itinéraire durant lesquelles le rendement serait amoindri, ce qui est tout de même préférable à ne pas être conscient du problème ou, pire encore, à l'ignorer. Dans ce cas, les médecins-chefs peuvent avoir recours à des mesures de prévention permettant d'induire des périodes de sommeil, par exemple à l'aide de mélatonine ou de zopiclone, durant le jour physiologique de l'équipage ou de favoriser la vigilance, par exemple au moyen de gomme à la caféine (StayAlert[MC]). À l'heure actuelle, l'ARC n'approuve pas l'utilisation d'autres médicaments favorisant la vigilance, comme le modafinil ou la dexamphétamine, dans le cadre de ses opérations. L'optimisation de la planification des calendriers de service et des mesures pharmaceutiques pour contrer la fatigue peuvent également être utilisées à l'appui des spécialistes de la maintenance et du personnel du centre des opérations aériennes.

En réponse aux importants problèmes de fatigue opérationnelle des quinze dernières années (principalement en Bosnie et en Afghanistan), l'ARC a investi des sommes considérables dans la recherche sur la fatigue [1, 5-14]. Le plus récent projet de recherche sur les mesures de prévention de la fatigue était axé sur la resynchronisation du rythme circadien.

Resynchronisation du rythme circadien

La resynchronisation du rythme circadien commande sa manipulation, soit en le devançant soit en le retardant, afin de contrer les effets d'un décalage horaire ou d'un décalage lié au travail par quarts. Les deux modes utilisés pour décaler les rythmes sont : 1) l'ingestion de mélatonine à des heures bien précises afin de remplacer la production de mélatonine du corps et 2) une photothérapie aussi donnée à des heures bien précises durant la nuit physiologique (c'est-à-dire lorsque le corps produit de la mélatonine). La photothérapie transforme ainsi la nuit physiologique en jour physiologique par une suppression de la production de mélatonine du corps. Il est également important d'éviter toute exposition à la lumière à un moment où une telle lumière nuira à la synchronisation du rythme circadien souhaité. Une partie des sommes versées par la Force aérienne dans la recherche sur la fatigue était réservée à un projet exhaustif sur l'amélioration de notre capacité à resynchroniser le rythme circadien. Le projet en question a obtenu un succès retentissant. Trois des quatre publications sur le rythme circadien ont obtenu trois prix sur la scène internationale en 2009, 2010 et 2011[12,13,15] à titre des meilleurs articles sur la médecine du sommeil. La principale recommandation des travaux en question était d'optimiser les courbes de rythme-réponse (CRP) relatives à la lumière comme à la mélatonine. Ces CRP peuvent servir à créer des traitements de resynchronisation du rythme circadien, comme les deux exemples présentés ci après.

Le traitement de resynchronisation du rythme circadien présenté ci-dessous (figure 3) sert à devancer le rythme d'un équipage navigant qui quittera Trenton à destination du Camp Mirage. La barre horizontale jaune représente la photopériode (heures du jour) de Trenton ainsi que celle des deux destinations prévues pour atteindre le Camp Mirage. La ligne rouge verticale qui se trouve dans chacune des barres jaunes indique l'heure de lever et de coucher du soleil à chacun des trois endroits. Elle indique donc le moment où la lumière naturelle est présente et le moment où un dispositif de photothérapie peut être utilisé, en absence du soleil.

Le traitement visant à devancer le rythme circadien nécessite la prise d'une dose de 0,5 mg de mélatonine environ deux heures avant que le corps commence à produire de la mélatonine. Ainsi le premier soir du traitement, une personne qui se couche habituellement à 23 h ou 24 h, et dont la période de sommeil dure normalement de sept à huit heures, prendra une dose de mélatonine à 19 h. Dès son réveil, la personne suivant le traitement en question devra s'exposer à une lumière vive pendant trois heures. Un tel traitement permettra de devancer le rythme circadien d'une heure pour chacun des jours que durera le traitement. Par conséquent, pour conserver des points de CRP idéaux relativement à la lumière et à la mélatonine, les heures de traitement et de coucher seront devancées

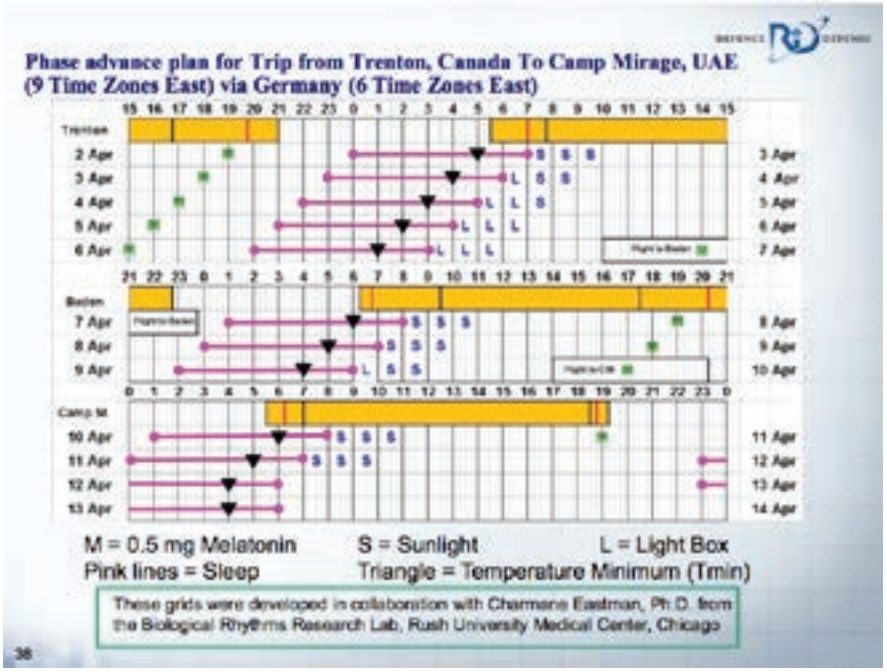


Figure 3. Modèle de plan d'avance de phase*

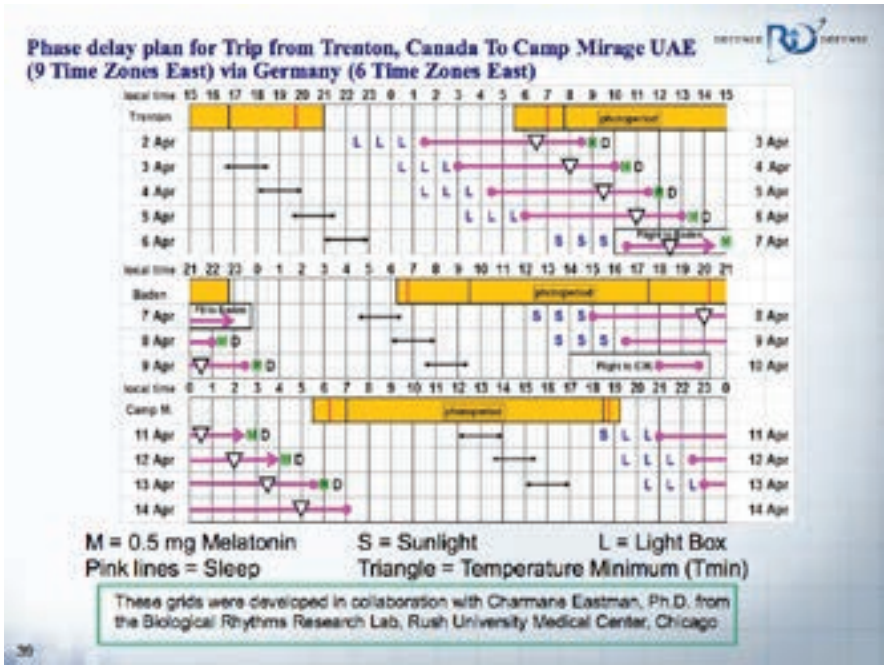


Figure 4. Modèle de plan de retard de phase*

d'une heure pour chacun des jours que le patient suivra le traitement. Le triangle noir indique l'heure à laquelle la température du corps atteint quotidiennement sa valeur minimale, et il sert de point de repère pour suivre l'orientation et l'ampleur de la resynchronisation du rythme circadien d'un jour à l'autre. À son arrivée au Camp Mirage, une personne suivant le traitement en question serait seulement déphasée d'environ une heure par rapport à la photopériode locale. Elle aurait donc besoin d'une seule journée pour se remettre d'un tel décalage, et elle continuerait le traitement le premier jour de son arrivée au Camp Mirage; elle serait ainsi en mesure de participer aux opérations aériennes dès le lendemain de son arrivée, fonctionnant à l'heure locale et ne souffrant pas d'un décalage horaire.

« Le plus grand désavantage lié aux traitements de resynchronisation du rythme circadien est qu'une personne suivant un tel traitement est systématiquement privée de temps de qualité auprès de sa famille. »

Elle se couche de plus en plus tôt, d'un soir à l'autre, alors qu'il ne lui reste que cinq jours avant son déploiement. Pour ceux qui veulent passer plus de temps avec leur famille tout juste avant un déploiement, une autre méthode consiste à resynchroniser le rythme circadien dans l'autre sens, c'est-à-dire de prendre un retard de quinze heures au lieu d'une avance de neuf heures). Lors de la resynchronisation du rythme circadien, puisque l'efficacité du corps est habituellement de 50 p. cent supérieure durant un traitement visant à retarder le rythme comparativement à celui qui cherche à le devancer, l'option de retarder le rythme circadien en vue des déploiements au Camp Mirage prendrait seulement une autre journée de traitement à destination pour que la personne soit complètement débarrassée de tout décalage horaire résiduel.

Le traitement visant à retarder le rythme circadien (figure 4) nécessite une photothérapie la nuit et l'ingestion de mélatonine le matin, au réveil. D'ailleurs, la personne suivant un tel traitement restera dans une lumière tamisée une fois qu'elle aura pris de la mélatonine. Dans le calendrier de traitement ci-dessus, les petites flèches noires indiquent les heures idéales pour faire un somme et ainsi rester éveillé la nuit aux fins de photothérapie.

La resynchronisation du rythme circadien est inhérente aux déploiements rapides durant lesquels une personne doit traverser divers fuseaux horaires ou au décalage lié au travail par quarts. Pour contrer le décalage horaire ou le décalage lié au travail par quarts, les médecins de l'air peuvent recommander l'ingestion en temps opportun de doses de mélatonine bien précises, des traitements de photothérapie aussi en temps opportun ainsi que l'évitement de lumière à certaines heures. Comme la création de grilles de traitement comme celles présentées ci-dessus prend beaucoup de temps et de travail, l'on s'attend dans un avenir rapproché à ce que l'on développe une application qui permettra aux intéressés d'entrer eux-mêmes les lieux et les dates de départ et d'arrivée pour obtenir un traitement de resynchronisation du rythme circadien détaillé cherchant soit à le devancer, soit à le retarder.

De récentes opérations ont démontré que l'ARC n'était pas encore passée maître dans l'art de la mobilité aérienne lors de la planification de calendriers de mission devant traverser plusieurs fuseaux horaires. Des équipages navigants ont été confrontés à des situations dangereuses qui auraient pu être atténuées grâce à la planification du calendrier et à la science. Certaines missions exigeront toujours 150 p. cent d'effort, et ce sont de telles situations qui commandent la planification judicieuse d'un calendrier et l'utilisation du logiciel FAST afin de déterminer avec exactitude les risques liés à la sécurité des vols que devra assumer l'État major supérieur. Ainsi, une fois la mission autorisée, la responsabilité du risque incomberait au commandement au lieu des commandants de bord. En cette ère où l'expérience des équipages est à la baisse et les contraintes fiscales abondent, il est impératif de travailler intelligemment et efficacement à l'aide des précieuses ressources dont nous disposons.

À l'heure actuelle, la Force aérienne cherche à modifier la planification des calendriers en utilisant un outil de modélisation de la fatigue, comme le logiciel FAST, de pair avec un logiciel de planification des calendriers opérationnels. La collectivité aéromédicale de l'ARC a publié des directives à l'intention des médecins de l'air[16] afin d'offrir à ces derniers des lignes directrices sur la gestion de la fatigue d'un point de vue médical, lesquelles comprennent le dépistage de problèmes de santé sous-jacents pouvant contribuer à la fatigue et la prescription de mesures de prévention de la fatigue afin de favoriser le sommeil, la vigilance et la resynchronisation du rythme circadien. ◆

Références :

1. John A. Caldwell jr. et J. Lynn Caldwell, *Fatigue in aviation*: A guide to staying awake, Ashgate limited publishing, 2003.
2. J. T. Arnedt, G. J. S. Wilde, P. W. Munt et A. W. MacLean, *How do prolonged wakefulness and alcohol compare in the decrements they produce on a simulated driving task?*, Accident Analysis and Prevention, vol. 33, nº 3, p. 337-344, 2001.
3. D. Dawson et K. Reid, *Fatigue, alcohol and performance impairment*, Nature, vol. 388, p. 235, 1997.
4. N. Lamond et D. Dawson, *Quantifying the performance impairment associated with fatigue*, Journal of Sleep Research, vol. 8, nº 4, p. 255-262, 1999.
5. M. A. Paul, G. Brown, A. Buguet, G. Gray, R. A. Pigeau, H. Weinberg et M. Radomski, *Melatonin and zopiclone as pharmacologic aids to facilitate crew rest*, Aviat Space Environ Med, vol. 72, nº 11, p. 974 984, 2001.
6. M. A. Paul, G. Gray, G. Kenny et R. Pigeau, *Impact of melatonin, zaleplon, zopiclone, and temazepam on psychomotor performance*, Aviat Space Environ Med, vol. 74, nº 12, p. 1263-1270, 2003.
7. M. A. Paul, G. Gray, M. MacLellan et R. A. Pigeau, *Sleep-inducing pharmaceuticals: A comparison of melatonin, zaleplon, zopiclone, and temazepam*, Aviat Space Environ Med, vol. 75, nº 6, p. 512-519, 2004.
8. M. A. Paul, G. W. Gray, H. R. Lieberman, R. J. Love, J. C. Miller et J. Arendt, *Management of circadian desynchrony (jetlag and shiftlag) in cf air operations*, TR 2010-002, RDDC Toronto, 2010.
9. M. A. Paul, G. W. Gray, T. M. Sardana et R. A. Pigeau, *Fatigue countermeasures in support of CF CC130 air transport operations: From the operation to the laboratory and back to the operation*, Recherche et développement pour la Défense – Toronto, rapport nº TR 2003-106, 2003.
10. M. A. Paul et J. C. Miller, *Fatigue assessment in Camp Mirage CC130 aircrew: Recommendations for pharmacologic intervention*, RDDC Toronto, rapport nº TR 2004-021, 2004.
11. M. A. Paul, J. C. Miller, G. W. Gray, F. Buick, S. Blazeski et J. Arendt, *Phototherapy for circadian phase delay: A comparison of 4 phototherapeutic devices*, Aviat Space Environ Med, vol. 78 (en voie de révision), p. 645-652, 2007.
12. M. A. Paul, J. C. Miller, G. W. Gray, R. J. Love, H. R. Lieberman et J. Arendt, Melatonin treatment for eastward and westward travel preparation, Psychopharmacology, vol. 208, nº 3, p. 377-387, 2010.
13. M. A. Paul, J. C. Miller, R. J. Love, H. R. Lieberman, S. Blazeski et J. Arendt, Timing light treatment for eastward and westward travel preparation, vol. 26, nº 5, p. 867 890, 2009.
14. M. A. Paul, R. A. Pigeau et H. Weinberg, *Human factors of CC130 operations. Volume 6: Fatigue in long haul re-supply missions*, Institut militaire et civil de médecine environnementale, rapport nº 98 R 19, Toronto (Canada), 1998.
15. M. A. Paul, J. C. Miller, R. J. Love, H. R. Lieberman, M. Trouborst et J. Arendt, Phase advance with separate and combined melatonin and light treatment, Psychopharmacology, DOI: 10.1007/s00213-010-2059-5, 2011.
16. Directives à l'intention des médecins de l'air, *Fatigue Management in Aircrew*, http://winnipeg.mil.ca/cms/Libraries/Flight_Surgeon_Guidelines/FSG_1400 03_FATIGUE_MANAGEMENT_IN_AIRCREW.sflb.ashx

*** Traduction des figures 3 et 4**

Bandes jaunes = Heures d'ensoleillement
Lignes roses = Sommeil
Flight to Baden = Vol vers Baden
Flight to C.M. = Vol vers Camp Mirage
D = Noirceur
M = 0,5 mg de mélatonine
S = Soleil
L = Source de lumière
Triangle inversé = Température minimale (Tmin)

Ces grilles ont été élaborées en collaboration avec M. Charmane Eastman, Ph. D., du Biological Rhythms Research Lab, Rush University Medical Center (Chicago).

Photo : Cplc David Hardwick

Prise de décision fondée sur l'approche PHAM

par le Capitaine Scott Anningson

Le Capt Anningson est un pilote-instructeur qui dispense les cours Performance humaine dans l'aviation militaire (PHAM) et Pilote examinateur de vol aux instruments au Centre de performance avancée – Section des normes de la Force aérienne, 1re Division aérienne du Canada, Winnipeg (Manitoba). Il pilote actuellement l'avion CT142 Dash 8.

La première étape, qui est aussi la plus importante, pour une bonne prise de décision (et un rendement efficace) est de définir et communiquer l'objectif à atteindre. Le fait d'établir clairement les buts visés aide les gens à se concentrer sur la tâche à accomplir. Lorsque le personnel possède un portrait global de la situation, il peut plus facilement déterminer quelles tâches correspondent le mieux à l'objectif et ainsi leur consacrer toute l'attention nécessaire. Il importe alors de vérifier si une tâche ou une activité permettra d'appuyer ou non l'objectif le plus important, et ce, afin d'éviter toute perte d'énergie et de temps précieux (et sans doute d'argent aussi).

La prise de décision à tous les niveaux – stratégique, opérationnel et tactique – a une incidence plus importante sur le rendement que tout autre facteur[1]. Il nous est tous arrivé de prendre une « mauvaise » décision et de nous demander par la suite comment, à la lumière des faits disponibles, nous avons pu nous tromper à ce point. Bien sûr, il est beaucoup plus facile de déterminer après coup les erreurs commises dans le processus de prise de décision. Toutefois, il est possible d'empêcher que de telles erreurs surviennent en appliquant un processus efficace de gestion de la menace et des erreurs. Pour mener à bien des tâches importantes et complexes, nous suivons généralement une marche à suivre logique et détaillée étape par étape (p. ex. listes de vérifications, IPO, etc.). Une telle démarche réduit les risques d'erreurs. Il en va de même pour les tâches de nature mentale, comme la prise de décision, surtout en groupe. En fait, les personnes et les organisations très performantes utilisent généralement une approche systématique pour la prise de décision.

Le modèle de prise de décision CRPA.

Le modèle de prise de décision CRPA du PHAM de l'ARC présente les grandes lignes d'un processus de prise de décision.

CONSCIENCE DE LA SITUATION : Savoir ce qui se passe, qui fait quoi ou quel est le but visé.

RÉPERCUSSIONS : Connaître les conséquences que la décision pourrait avoir sur soi ou sur ce qui pourrait arriver. Connaître les incidences potentielles sur la sécurité. Connaître les répercussions possibles sur le but à atteindre ou la situation dans son ensemble.

PLANIFICATION : En se fondant sur une bonne connaissance de la situation (voir conscience de la situation et répercussions), établir un plan d'action ainsi que des plans de contingence (plan A, plan B, etc.) au besoin. Définir clairement les tâches, les rôles, les responsabilités et les priorités.

ACTION : Mettre en œuvre le plan retenu. S'assurer que le plan est exécuté correctement et qu'il fonctionne bien. Apporter des corrections au besoin en reprenant les premières étapes du modèle CRPA.

L'adoption d'un modèle commun permet :

- d'utiliser le même langage pour traiter des décisions avec d'autres personnes;
- de décomposer le processus de prise de décision en éléments observables, de manière à ce que les instructeurs, les superviseurs et les membres de l'équipe puissent identifier et corriger plus facilement les erreurs de prise de décision;
- d'améliorer la prise de décision en appliquant systématiquement une approche logique.

« Pour que le modèle de prise de décision CRPA puisse bien fonctionner, il faut gérer correctement trois ressources critiques : les connaissances, l'attention et le temps. »

Première ressource critique – les connaissances Notre capacité de prendre des décisions éclairées repose en grande partie sur notre niveau de compréhension de la situation, ce que l'on appelle parfois le « modèle mental ». Le processus de prise de décision est influencé par deux types de connaissances. Premièrement, les connaissances de longue date, ou connaissances préalables, qui sont à la base de notre expertise, de notre expérience ou de nos préjugés, et avec lesquelles nous abordons toute situation. Ces connaissances proviennent de notre formation, de notre éducation, de notre métier ou de notre culture. Deuxièmement, la connaissance situationnelle qui correspond à ce que nous comprenons, ou ce que nous connaissons, de ce qui va se produire ou de ce qui est en train de se produire. La connaissance situationnelle repose en grande partie sur la deuxième ressource critique : l'attention.

Deuxième ressource critique – l'attention. Si nous n'accordons pas une attention suffisante à l'objectif visé ou à la tâche à accomplir, nous ne contrôlons pas la situation, et l'erreur, de même que l'échec, sont pratiquement inévitables. Les problèmes surgissent lorsque nous cessons de porter attention aux tâches et aux buts importants.

Troisième ressource critique – le temps. Lorsque nous disposons de beaucoup de temps et que nous n'avons que peu d'information à traiter, le processus de prise de décision est souvent relativement simple. Par contre, dans une situation d'urgence, où chaque seconde compte, nous ne pouvons traiter qu'une quantité d'information très limitée. Une bonne gestion du temps est alors essentielle à un bon rendement. Nous devons alors trouver des moyens de gagner du temps, notamment en ayant recours à des listes de vérifications et IPO bien conçues en fonction de résultats prédéterminés et de décisions ayant fait leur preuve.

EN RÉSUMÉ

L'utilisation d'une approche systématique diminue le risque d'erreur et peut également réduire le temps requis pour prendre la « bonne » décision. Le modèle de prise de décision CRPA est de nature circulaire, c'est-à-dire qu'il favorise la correction des erreurs ou la rétroaction. L'utilisation répétée de ce modèle permet de s'adapter efficacement aux changements. La capacité de prendre rapidement de bonnes décisions est ce qui distingue les exécutants compétents de ceux qui le sont moins. Le modèle CRPA est une méthode de prise de décision systématique et logique, et il peut également servir à corriger de mauvaises décisions en temps opportun. Espérons que ce processus vous aidera à faire preuve d'une plus grande autodiscipline et à analyser activement votre propre rendement et celui de votre équipe afin de constamment l'améliorer. ◆

Bref résumé du modèle CRPA

GESTION DE TROIS RESSOURCES CRITIQUES

Temps Le temps dont nous disposons

Attention L'objet sur lequel porte (ou devrait porter) notre attention

Connaissances Les connaissances que nous possédons déjà et notre compréhension de la situation en cours

PRISE DE DÉCISIONS

Maximiser notre **conscience de la situation**, des dangers potentiels et de l'objectif visé

Évaluer les **répercussions** possibles de la situation et les mesures que nous pouvons prendre

Faire une **planification** fondée sur les deux premières étapes (la corriger ou l'adapter au besoin)

Passer à l'**action** en mettant le plan en œuvre.

RÉPÉTER LE PROCESSUS AUSSI SOUVENT QUE NÉCESSAIRE

Référence :

1. ORASUNU, J. (1993). *Decision-making in the cockpit*. De Wiener, E. (éd.), et autres. Cockpit Resource Management. Toronto : Academic Press

Photo : Cpl Pierre Habib

Garder le CAP

L'ÉCOLE DES PILOTES EXAMINATEURS AUX INSTRUMENTS DE L'ARC RÉPOND AUX QUESTIONS SUR LE VOL IFR

Voici le premier article d'une nouvelle rubrique de *Propos de vol* à laquelle collabore l'École des pilotes examinateurs aux instruments (ICP) de l'Aviation royale canadienne (ARC). Ainsi, afin de « garder le cap », un pilote examinateur répondra à une question que l'ICP aura reçu de ses élèves ou d'autres professionnels de l'aviation au sein de l'ARC. Si vous souhaitez qu'une de vos questions fasse prochainement l'objet d'un article dans « Garder le cap », veuillez communiquer avec l'ICP à : +AF_Stds_APF@AFStds@Winnipeg.

La question abordée dans le présent numéro provient d'un élève qui a récemment suivi un cours à l'ICP :

Lorsque le contrôle de la circulation aérienne (ATC) donne l'autorisation à un pilote de suivre le cap, est-ce qu'on s'attend à ce qu'il se dirige directement vers le prochain point de cheminement donné dans son plan de vol ou à ce qu'il suive la route en rapprochement vers ce point qui est indiquée dans son plan de vol?

Le Capitaine Joshua Fry, officier de la Force aérienne des États-Unis participant à un programme d'échange et directeur des cours de l'ICP, donne la réponse suivante :

- Dans le cadre d'un départ IFR, une des responsabilités secondes du pilote, une responsabilité qui est d'ailleurs souvent négligée, est d'exécuter la bonne transition entre l'itinéraire de départ assigné et l'itinéraire figurant dans le plan de vol qui a été présenté.
- Au moment de présenter son plan de vol, le pilote commence habituellement par indiquer une aide à la navigation (NAVAID) située dans l'aérodrome de départ ou une NAVAID ou un point de cheminement qui se trouve à proximité de celui-ci. Ensuite, le deuxième point est le prochain point sur une voie aérienne, déterminé à partir du premier point. Il s'agit donc d'un point sur une nouvelle voie aérienne que le pilote compte intercepter ou d'un point de cheminement ou d'une NAVAID hors des voies aériennes. Si c'est l'un des deux derniers points hors des voies aériennes, le plan de vol indique que le pilote se dirigera directement du premier au deuxième point.
- Dans tous les cas, le pilote a présenté un parcours en rapprochement distinct vers le deuxième point, qu'il a suivi à l'aide d'une voie aérienne ou d'un parcours direct.
- Souvent, l'autorisation de départ IFR fera que le pilote reste dans le couloir de départ d'une piste pendant quelques milles (c'est-à-dire qu'il suit le cap de piste). Autrement, il peut exécuter un départ normalisé aux instruments (SID) ou un suivre le prolongement des vecteurs radar pour éviter des obstacles, se tenir loin de la circulation aérienne ou atténuer le bruit. Le pilote finira par atteindre un point de terminaison SID ou par recevoir une directive de l'ATC pour exécuter une transition vers l'itinéraire indiqué dans le plan de vol.

Dans ce dernier cas, l'ATC donnera habituellement l'une ou l'autre des autorisations suivantes : 1) dirigez-vous directement vers le [POINT] ou 2) vous êtes autorisé à suivre le cap. La première de ces deux autorisations est assez explicite; la deuxième, un peu moins.

- Selon la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis et Transports Canada, la définition de « suivre le cap » est de suivre « l'axe de la route ». Donc si le pilote est autorisé à suivre le cap, il doit s'assurer qu'il n'évolue pas tout simplement de sa position actuelle directement vers le prochain point de son plan de vol. L'autorisation lui permettant de suivre le cap indique au pilote qu'il doit intercepter l'*itinéraire* du plan de vol tel qu'il l'a présenté, et l'itinéraire en question comprend un parcours en rapprochement distinct vers chacun des points figurant dans le plan de vol, tel qu'il est mentionné précédemment. Rappelez vous que, tel qu'il vous a été enseigné dans votre formation IFR initiale, la bonne méthode pour intercepter un parcours consiste à « virer jusqu'à ce que l'empennage soit aligné sur la route voulue et dépasser celle-ci de 45 degrés » en éloignement et à « virer jusqu'à ce que la tête soit alignée sur la route voulue et dépasser celle-ci de 30 degrés » en rapprochement. Ces procédures sont données en détail dans le manuel A-GA-148.

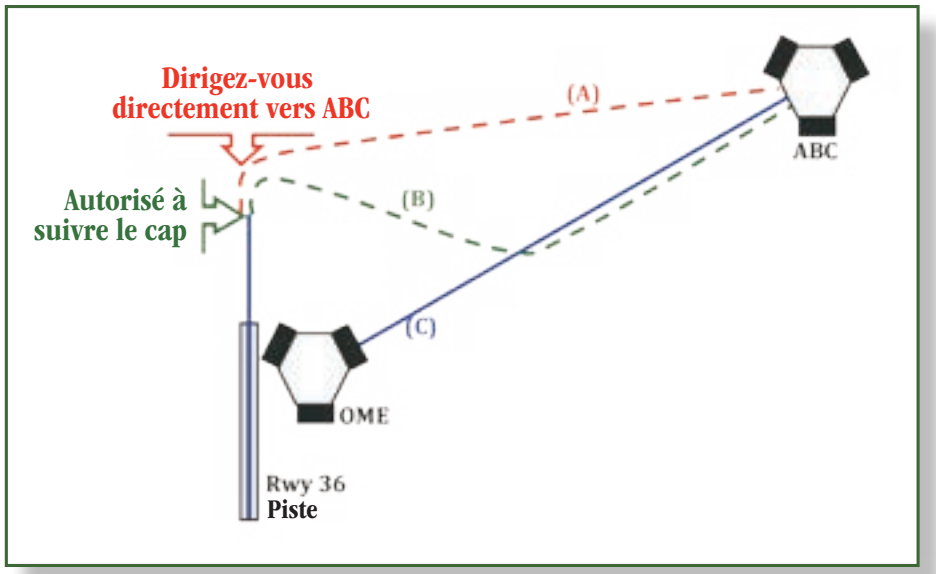


Figure 1

- Dans le dessin ci-après, l'aéronef quitte l'aérodrome « HOME » en empruntant la piste 36. Le plan de vol présenté indique « OME ABC » (C). L'aéronef est « autorisé direct vers ABC ». Il doit donc se rendre directement vers « ABC » (A). Toutefois, s'il est « autorisé à suivre le cap », on s'attend à ce qu'il intercepte adéquatement le parcours entre « OME » et « ABC » (B), ce qui s'avère le parcours présenté dans le plan de vol (C).

- Pour un pilote, au moment de recevoir une autorisation lui indiquant de « suivre le cap », la chose la plus simple à faire est de demander une autorisation lui permettant de se diriger directement de sa position actuelle à un [POINT]. Le contrôleur répondra probablement par « approuvé comme demandé ». Sinon, les intentions du contrôleur seront à tout le moins claires : le pilote doit intercepter l'axe de la route indiquée dans le plan de vol! ◆

Photo : Sgt Gaétan Racine

L'enquêteur vous informe

TYPE : CH149 *Cormorant* (149910) – Catégorie "C"

LIEU : Greenwood, Nouvelle-Écosse

DATE : Le 16 novembre 2012

Un tenon d'anneau de blocage s'est rompu en raison d'une surcharge, lorsqu'un technicien effectuait une vérification de couple pendant le remplacement des boulons de l'accouplement entre les boîtiers supérieur et principal de la boîte d'engrenages principale. En outre, plusieurs autres tenons semblaient avoir subi un serrage au couple excessif, à l'emplacement de l'accouplement, si bien que la boîte d'engrenages principale a été déclarée inutilisable, puis réexpédiée à son fabricant d'origine, afin qu'il la répare. La vérification de couple faisait partie d'une inspection périodique qui est décrite en détail dans le bulletin d'entretien du fabricant d'origine et à laquelle le CH149910 doit être soumis à tous les 300 heures.

Selon l'enquête préliminaire, un certain nombre d'erreurs ont mené à la défaillance du tenon, y compris une identification erronée du boîtier principal de la boîte d'engrenages principale et une confusion entre les unités de couple métriques et impériales. L'enquête, qui a également révélé que des erreurs similaires ont déjà été commises, se poursuivra et sera axée sur les facteurs humains, ainsi que sur les liens entre le génie et l'entretien. ◆

L'enquêteur vous informe

TYPE : Tech SAR – Catégorie "C"
LIEU : Cloud Lake, Greenwood, Nouvelle-Écosse
DATE : Le 09 janvier 2013

L'accident s'est produit lors d'une mission d'entraînement de jour. Un technicien SAR a été grièvement blessé à l'atterrissage dans une zone exiguë, après avoir effectué un saut en parachute à ouverture automatique d'un avion CC130.

Le technicien SAR a exécuté une sortie nette de l'avion et commencé sa descente vers la zone exiguë sous une voilure qui s'était ouverte normalement. Il a vérifié la manoeuvrabilité de sa voilure, dégagé le mousqueton de la sangle d'ouverture automatique du parachute de secours puis effectué trois spirales successives. Toujours en descente, il a ensuite procédé à une vérification de pénétration suivie d'une autre spirale. Par la suite, à basse altitude, il a exécuté un brusque virage de 180 degrés vers la gauche pour entrer dans la zone exiguë par une trouée dans les arbres le long de la rive. Une seconde après avoir effectué le virage, le technicien SAR a heurté le sol à une vitesse avant assez élevée. Les deux autres techniciens SAR qui se trouvaient déjà dans la zone exiguë en question ont accouru pour lui prodiguer les premiers soins. Le technicien blessé a ensuite été transporté à l'aéroport de Shearwater à bord d'un hélicoptère CH149, avant d'être transféré par ambulance à l'hôpital Queen Elizabeth II d'Halifax. Il a subi des blessures de catégorie « C ».

L'enquête a permis de déterminer que le parachute était en bon état de service et que le pilotage de l'avion CC130 n'était pas un facteur contributif à l'accident. L'enquête porte surtout sur la formation des parachutistes, les documents d'instruction et les actions individuelles prises par le technicien SAR blessé. ◆

Épilogue

TYPE : Planeur Schweizer 2-33A (C-FXGX) – Catégorie “B”

LIEU : Aéroport de Oliver, Colombie-Britanique

DATE : Le 15 avril 2012

La priorité de la mission, qui se déroulait dans le cadre du programme printanier de familiarisation au vol à voile des Cadets de l’Air, était d’aider le pilote à accumuler un nombre suffisant d’heures de vol pour obtenir la qualification de pilote de familiarisation. Le remorquage du planeur, son largage, les séquences en altitude et l’entrée en circuit pour la piste 36 se sont déroulés conformément à l’exposé pré-vol. Pour réduire l’altitude afin de la rapprocher de la trajectoire idéale, le pilote a sorti les déporteurs en étape vent arrière et a subséquemment amorcé une brève glissade dans l’axe en étape de base. Une fois sorti de la glissade, le pilote s’est rendu compte qu’il s’enfonçait sous l’angle d’approche approprié et il a alors orienté le planeur en direction de la piste afin de raccourcir le circuit. La trajectoire de descente à forte pente a laissé croire au pilote que le planeur traversait une zone d’air descendant et que ce facteur était responsable du taux d’enfoncement élevé, plutôt que le fait que les déporteurs étaient encore sortis. Pendant le dernier virage en approche finale, le pilote a jugé qu’il n’avait pas suffisamment d’altitude pour atteindre la piste, il est devenu anxieux et a décidé d’effectuer un atterrissage hors piste. L’officier de surveillance des remorquages s’est rendu compte que les déporteurs du planeur étaient encore sortis et il a immédiatement ordonné au pilote par radio de rentrer les déporteurs. Même si le pilote a entendu la consigne, il n’a pas obtempéré, car toute son attention était concentrée sur la modification du circuit en prévision de l’atterrissage hors piste.

Le planeur s’est immobilisé dans un verger situé juste à l’extérieur du périmètre du terrain d’aviation et a subi des dommages de catégorie B. Personne n’a été blessé.

L’enquête a révélé que le pilote a omis de rentrer les déporteurs après les avoir sortis à l’étape vent arrière du circuit. Ni des défectuosités mécaniques, ni les conditions météorologiques n’ont contribué à l’accident.

La recommandation en matière de sécurité vise à faire modifier le Manuel du Programme de vol à voile des Cadets de l’Air afin d’instaurer une vérification en vol de la position des déporteurs comme dernière étape des procédures d’approche et d’atterrissage. ◆

Épilogue

TYPE : CC130 *Hercules* (130617)– Catégorie “C”

LIEU : 8e Escadre Trenton, Ontario

DATE : Le 1er juillet 2012

Très tôt dans la matinée (2 h 12 Z) du 1er juillet 2012, des employés de l’entrepreneur qui effectuaient des travaux sur un avion CC150 Airbus dans le hangar nº 10 ont entendu un bruit fort. Ils ont alors remarqué que l’avion Hercules situé dans la baie adjacente (nº 5) vacillait. Après avoir examiné l’avion de plus près, ils ont constaté que le vérin principal de l’aile gauche s’était affaissé, ce qui avait endommagé la trappe du train d’atterrissage principal gauche. Le vérin de l’aile droite s’était déplacé de sa plaque d’appui et il avait perforé l’aile, s’enfonçant sur une profondeur de 17 à 20 pouces. Toutefois, aucun réservoir de carburant n’a été perforé. À l’avant de l’avion, le vérin droit s’était également déplacé de sa plaque d’appui, et la force de torsion ainsi exercée sur le revêtement de la cellule a causé la déformation de ce dernier près de l’emplacement du vérin gauche avant. L’aéronef a subi des dommages de catégorie “C”.

Au moment de l’accident, l’avion était monté sur des vérins depuis quatre jours. Personne n’a été blessé puisque personne ne travaillait sur l’appareil à ce moment-là.

L’enquête a établi que les dimensions de composants clés du vérin (boulons et tige de tension) ne répondaient pas aux exigences en matière de conception technique. Ainsi, il en est résulté que seulement trois des filets de chacun des trois boulons qui fixaient la tige de tension au dispositif de levage étaient en prise, plutôt que les six à sept filets normalement en prise dans un vérin conforme aux spécifications. En outre, une mauvaise procédure de mise à niveau sur vérins a affaibli encore plus l’engagement du filetage des boulons et le filetage du dispositif de levage a cédé sous la surcharge, ce qui a provoqué l’affaissement.

Les recommandations liées à la sécurité visent principalement à garantir que toutes les pièces utilisées sont conformes aux spécifications en matière de conception technique, et à élaborer une procédure adéquate de mise à niveau du vérins. ◆

Épilogue

TYPE : Tech SAR – Catégorie “C”

LIEU : Aérodrome de Bagotville, Québec

DATE : Le 18 avril 2011

Au cours d’un exercice de saut en parachute avec chute libre effectué de jour à l’aérodrome de Bagotville, un Tech SAR a été gravement blessé lors de l’atterrissage.

L’enquête sur l’accident a permis de déterminer que le Tech SAR avait exécuté une sortie nette de l’hélicoptère CH146 à 3200 pieds au-dessus du sol (AGL) et qu’il avait amorcé sa descente en direction de la zone d’atterrissage désignée en terrain découvert sous une voilure de parachute normalement déployée. Pendant la descente, il a vérifié son orientation, la voilure et le glisseur, et il a effectué une vérification de la maîtrise en direction et de la manœuvrabilité du parachute. Il a débranché le mousqueton de la sangle d’ouverture automatique du parachute de réserve et il a ensuite effectué une vérification de décrochage. Il a toutefois omis d’effectuer une vérification de pénétration. Cette dernière sert à évaluer la direction et la vitesse du vent et la possibilité pour le parachutiste de voler vers l’avant contre le vent. Au moment de l’accident, le vent soufflait de l’ouest avec des rafales à 20 nœuds environ, ce qui était inférieure à la limite de vent de 25 nœuds du parachute.

Le Tech SAR a amorcé son étape de base à une hauteur de 500 pieds AGL et a viré en finale à 150 pieds AGL, soit 150 pieds de moins que l’altitude recommandée. Une vidéo de sa descente finale a montré qu’à environ 40 pieds AGL il a tiré sur ses cordelettes de freinage afin de freiner sa descente et qu’il était aligné pour atterrir à 40º degrés hors vent. Trois secondes avant de toucher le sol, il a commencé à dériver lentement vers l’arrière et ensuite, pour le roulé boulé, il a tenté d’atterrir debout sur ses pieds plutôt que de distribuer les forces de la prise de contact sur une plus grande superficie de son corps.

L’enquête a déterminé que le parachute était en bon état de service et que la qualification du Tech SAR était à jour conformément aux ordonnances de la 1re Division aérienne du Canada, même si son dernier saut en parachute remontait à 219 jours. L’examen de la vidéo a révélé que le Tech SAR a tiré sur les cordelettes de freinage à une hauteur supérieure à la hauteur appropriée alors que la vitesse vers l’avant était insuffisante pour engendrer suffisamment de portance pour freiner son taux de descente si près du sol. Il en est résulté un taux de descente excessif et une blessure de catégorie “C”.

L’omission d’effectuer la vérification de pénétration, sa prise de conscience insuffisante du vent et l’utilisation prématurée des cordelettes de freinage indiquent que les compétences en parachutisme du Tech SAR s’étaient détériorées depuis son dernier saut. En réponse à cet accident, l’ARC a proposé plusieurs changements aux ordonnances relatives au maintien des compétences en parachutisme des Tech SAR, la plus importante étant une augmentation de la fréquence des exercices de saut en parachute des Tech SAR. ◆

Mars 2013 – L'Atelier sur la sécurité des vols

La DSV a récemment accueilli à Ottawa l'Atelier sur la sécurité des vols annuel. Malgré son horaire chargé, le Mgén Hood a accepté de faire une présentation à l'équipe de la sécurité des vols de l'ARC. Voici quelques extraits de son allocution :

« La sécurité des vols et la supervision des opérations aériennes sont deux outils essentiels pour tout ce que nous faisons dans notre domaine. Ces deux outils jouent un rôle prépondérant pour assurer le succès et la sécurité de nos missions. Au cours des dernières années, les officiers supérieurs ont senti une préoccupation commune à l'ensemble de la Force aérienne par rapport à la diminution du niveau d'expérience. Même si l'ARC peut avoir la maîtrise sur de nombreux facteurs, elle ne peut rien contre les données démographiques. Il est indéniable que l'évolution des effectifs de l'ARC tend vers un rajeunissement inédit depuis de très nombreuses années. On peut heureusement surmonter ce défi en accordant une attention toute particulière au choix des dirigeants qui sont nommés à des postes clés, comme à la Sécurité des vols. Lorsque j'étais commandant d'escadron et subséquemment commandant d'escadre, l'équipe la plus importante dont je disposais était bien souvent celle de la sécurité des vols. Je pouvais toujours compter sur les membres de cette équipe pour me donner une opinion honnête et impartiale sur l'état des opérations que je dirigeais, ce dont je leur étais très reconnaissant.

L'an dernier, on a rapporté 3 237 incidents des catégories "D" et "E". De mon point de vue, ces incidents représentent 3 237 excellentes occasions de tirer des leçons pour prévenir les quelque 10 à 15 événements plus graves que nous déplorons. Selon moi, une supervision efficace constitue le meilleur moyen de tirer des enseignements de ces incidents et d'en réduire le nombre. Même si les superviseurs actuels n'ont pas l'expérience de ceux avec lesquels j'ai eu le plaisir de travailler dans ma carrière, il n'en demeure pas moins que je suis sans cesse impressionné par leur leadership et leur dévouement. Les superviseurs disposent de nombreux outils pour assurer la sécurité et l'efficacité des opérations. Citons comme exemples les processus d'autorisation des vols, la manière de gérer leur personnel et la façon dont ils programment les missions dont ils ont la responsabilité. En fin de compte, nous disposons des outils nécessaires pour maîtriser et atténuer dans une grande mesure la probabilité que des événements surviennent.

Finalement, puisque nous ne pouvons contrer la baisse du niveau d'expérience des membres de l'ARC, nous devons prendre des mesures pour y faire face. Soyez assurés qu'au niveau stratégique nous faisons de notre mieux pour remédier à ce problème, mais au niveau des escadres ou en-dessous, la clé du succès repose sur votre leadership et votre travail quotidien. La boucle de rétroaction active que vous fournissez aux officiers supérieurs est la meilleure arme dont dispose l'ARC à cet égard. ***Je vous remercie.*** »

Photo : Cpl Vincent Carbonneau

Le major-général Michael Hood, chef d'état-major adjoint de la Force aérienne, répond aux questions pendant l'Atelier sur la sécurité des vols.

Photo : Cpl Vincent Carbonneau

Le lieutenant-colonel Paul Dittmann, enquêteur en chef, passe en revue les points laissés en suspens lors des réunions précédentes.

Photo : Cpl Vincent Carbonneau

L'Atelier sur la sécurité des vols a réuni 60 délégués en provenance de la DSV, de la 1 DAC, des escadres, des Cadets de l'Air, de diverses unités et d'organismes sous contrat qui soutiennent nos opérations.