

Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE

A05C0153



PERTE D'ESPACEMENT

DANS LE SECTEUR NUNAVUT
DU CENTRE DE CONTRÔLE RÉGIONAL D'EDMONTON
DE NAV CANADA
À 135 nm AU NORD-OUEST DE HALL BEACH (NUNAVUT)
LE 9 AOÛT 2005

Canada

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le seul but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

Rapport d'enquête aéronautique

Perte d'espacement

dans le secteur Nunavut
du Centre de contrôle régional d'Edmonton
de NAV CANADA
à 135 nm au nord-ouest de Hall Beach (Nunavut)
le 9 août 2005

Rapport numéro A05C0153

Sommaire

Le vol 492 de Lufthansa, un Boeing 747-400 ayant à son bord 19 membres d'équipage et 364 passagers, en route de Francfort (Allemagne) à Vancouver (Colombie-Britannique), se trouve au niveau de vol 340 sur une trajectoire convergente avec le vol 015 d'Air Canada, un Airbus 340-500, ayant à son bord 8 membres d'équipage et 204 passagers, en route de Toronto (Ontario) à Hong Kong, et qui se trouve aussi au niveau de vol 340. Les deux avions se croisent vers 11 h 14, heure avancée des Rocheuses, selon un espacement de 10 minutes entre eux dans une région où l'espacement minimum entre deux appareils se trouvant sur des trajectoires convergentes à la même altitude est de 15 minutes.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Généralités

Il n'y avait pas de rapports météorologiques pour le voisinage du point de croisement des routes, mais des images satellite indiquaient que les deux vols se déroulaient dans un ciel dégagé offrant une bonne visibilité au moment de l'événement.

Tous les contrôleurs aériens mêlés à l'événement étaient titulaires d'une licence et qualifiés en bonne et due forme selon la réglementation pertinente. L'événement s'est produit dans le secteur Nunavut (NV)¹ de la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord du centre de contrôle régional (ACC) d'Edmonton, entre 5 h 44 et 11 h 34, heure avancée des Rocheuses². L'espace aérien en question était un espace aérien contrôlé de classe A dans la région de contrôle du Nord (NCA).

Au début de la période de l'événement, le secteur NV était combiné aux secteurs Polar (PR) et Franklin (FN), et il était contrôlé par un contrôleur de la circulation aérienne. À la fin de la période, les secteurs NV et PR sont demeurés combinés, mais le secteur FN avait été transféré à un autre contrôleur. Les secteurs NV, PR et FN ne disposent pas de radar pour suivre les avions, et les contrôleurs assurent un espacement sans couverture radar entre les avions en leur attribuant des routes, des altitudes et des vitesses spécifiques.

Le système d'affichage de la situation (NSiT) du système d'affichage de l'espace aérien du Nord (NADS) est utilisé par les contrôleurs de l'espace aérien supérieur du Nord pour prévoir les conflits entre les avions sur la foi de l'information sur la progression des vols qui est entrée dans le système par les contrôleurs. Le NSiT offre un affichage graphique de l'espace aérien, de la position des avions et des cheminements, mais il ne fonctionne pas en temps réel. La confirmation de l'espacement entre les avions est assurée par les équipages de conduite qui font des comptes rendus de position périodiques et par les contrôleurs qui mettent à jour le NSiT au moyen de l'information des comptes rendus de position.

¹ Voir l'annexe D pour la signification des sigles et abréviations.

² Les heures sont exprimées en heure avancée des Rocheuses (temps universel coordonné moins six heures), sauf indication contraire.

Configuration et activation du plan de vol

L'information du plan de vol envoyée à l'ACC est d'abord reçue par la section des spécialistes des opérations de la circulation aérienne, où sa présentation est revue, puis elle est diffusée électroniquement aux secteurs pertinents pour être configurée dans le NSiT par le contrôleur de secteur. Lorsque le NSiT reçoit le plan de vol, le champ route affiche automatiquement l'information de route propre à l'ACC. Les plans de vol doivent être préparés pour utilisation opérationnelle par les contrôleurs qui exécutent une configuration manuelle. La configuration du plan de vol exige que l'altitude, la vitesse, les repères et une heure d'arrivée prévue (ETA) de l'avion au point d'entrée soient inscrits dans les champs connexes de la fenêtre du plan de vol sur le NSiT (voir la Figure 1).

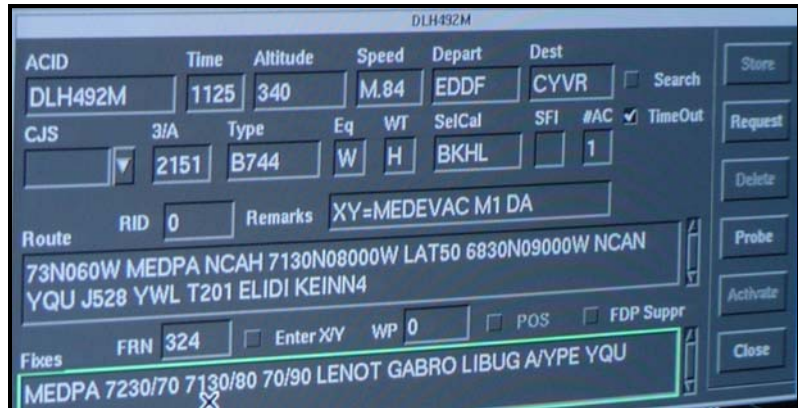


Figure 1. Fenêtre du plan de vol du NSiT à 5 h 44, les champs des repères étant sélectionnés (heures selon le temps universel coordonné).

Le champ route donne au contrôleur une référence sur la route prévue au plan de vol de l'avion comme l'a déposé l'exploitant, mais le NSiT ne s'en sert pas dans ses calculs. On entre les repères en les tapant directement dans le champ des repères ou en entrant un numéro de référence de repères (FRN) dans le champ FRN. Chaque FRN est un numéro de trois chiffres associé à des repères prédéterminés qui définissent une route donnée. Lorsqu'on inscrit un FRN, le champ repères est rempli automatiquement des repères prédéterminés associés à ce FRN. Le NSiT ne vérifie pas automatiquement que les repères du champ repères correspondent à la route dans le champ route (conformité de route); le contrôleur doit plutôt vérifier manuellement cette correspondance.

Le jour de l'événement, la configuration des plans de vol en attente a été faite par le contrôleur du quart de nuit pendant les périodes de charge de travail réduite. Les pratiques de configuration utilisées par les contrôleurs varient, les contrôleurs entrant parfois les repères au moyen du FRN et parfois directement dans le champ repères. Les procédures n'exigeaient pas que le contrôleur qui configure le plan de vol contre-vérifie l'entrée des données à la recherche d'erreurs, et aucune procédure de contre-vérification n'était précisée.

Le plan de vol configuré est activé plus tard lorsque le contrôleur reçoit une ETA pour le point d'entrée dans le secteur de la part du secteur voisin. Le manuel des opérations de la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord exige que le contrôleur qui active un plan de vol « vérifie la première fiche imprimée avec la fiche d'estimation pour assurer l'exactitude des données », mais il ne fournit aucune procédure pour le faire. Pour compenser cette absence de procédure, des contrôleurs ont développé diverses pratiques permettant de vérifier l'exactitude de la configuration lorsqu'ils activent les plans de vol.

Fiches de progression de vol

Si le NSiT est le principal outil de travail du contrôleur, les fiches de progression de vol en papier servent à consigner les comptes rendus de position et de système de contrôle d'appui. Les fiches de progression de vol montrent la route de l'avion dans la case centrale inférieure et elles se lisent de gauche à droite (voir la Figure 2). Cette information provient du champ route dans le plan de vol du NSiT. Les fiches montrent aussi, au centre, les repères utilisés par le NSiT, lesquels se lisent de droite à gauche pour les vols en direction ouest, comme le vol 492 de Lufthansa (DLH492). Cette information provient du champ repères du plan de vol du NSiT.

DLH492		XY= A350 §1720 360§1745			340 ✓					
H/B744/P A.84		GABRO 1830	LENOT 1748	70/90 1716	7130/80					
BKHL				24	1651					
2151	EDDF	73N060W	MEDPA	NCAH	7130N08000W	LAT50	6830N09000W	NCAN	YQU	1935
		YQU	J528	YWL	T201	ELIDI	KEINN4	CYVR	LIBUG	1858

Figure 2. Fiche de progression de vol imprimée pour le secteur FN à 10 h 55, utilisée pour recevoir le compte rendu de position 90 Ouest à 11 h 27 (les heures de la fiche sont en temps universel coordonné).

La case route affiche un mélange de latitudes et de longitudes, d'indicatifs alphanumériques de point de repère comme MEDPA et d'indicatifs de route pour décrire la route, tandis que les cases de repères n'utilisent que des latitudes et longitudes ou des indicatifs alphanumériques de repère. Lorsqu'un contrôleur reçoit un compte rendu de position, l'information est inscrite sur une fiche et, lorsque le temps le permet, le contrôleur met à jour le NSiT et imprime une nouvelle fiche qui contient l'information à jour.

Télécommunications

Selon l'emplacement de l'avion, les contrôleurs d'Edmonton reçoivent les comptes rendus de position d'une de deux façons. La première est par l'intermédiaire d'émetteurs-récepteurs à très haute fréquence (VHF) à distance qui offrent une communication directe pilote-contrôleur. Le nombre et la couverture de ces émetteurs-récepteurs sont limités. La deuxième se fait par les équipages de conduite qui communiquent avec des spécialistes de l'information de vol sur Arctic Radio à North Bay par l'intermédiaire d'une radio VHF ou à haute fréquence. L'information est alors relayée aux contrôleurs d'Edmonton par des lignes téléphoniques directes. Le recours au relais de communication de North Bay peut causer un délai substantiel. Les contrôleurs d'Edmonton reçoivent parfois des comptes rendus de position plus de 10 minutes après qu'un avion a franchi un point de compte rendu³. Le NSiT fournit un message d'avertissement au contrôleur si un compte rendu de position n'a pas été reçu dans un délai donné après qu'on a prédit que l'avion croiserait ce point de compte rendu. Les équipages de conduite se servent occasionnellement des téléphones satellite des avions pour communiquer avec les contrôleurs lorsque les radiocommunications normales ne sont pas possibles. D'autres moyens de communication, comme les communications contrôleur-pilote par liaison de données (CPDLC) et les comptes rendus de point de cheminement par surveillance

³ Voir le rapport A01C0115 du BST relativement aux effets des retards de communication.

indépendante automatique (ADS) n'étaient pas en service à l'ACC d'Edmonton au moment de l'événement. NAV CANADA est en train de planifier la mise en œuvre de l'ADS et des CPDLC, et les comptes rendus de point de cheminement par ADS devraient être en service en janvier 2007.

Comptes rendus de position

À des points de compte rendu donnés, les équipages de conduite sont tenus de communiquer des comptes rendus de position aux contrôleurs. La sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord reçoit deux types de compte rendu de position. Le premier type est un compte rendu de position standard, qui précise l'identification de l'avion, sa position, l'heure au point de compte rendu, le niveau de vol (FL), le nom du prochain point de compte rendu et l'ETA pour ce point et le nom seulement du point de compte rendu subséquent le long de la route du vol. Dans un compte rendu de position standard, la latitude et la longitude servent à identifier un point s'il n'y a pas d'indicatif de point de compte rendu. Le deuxième type est un compte rendu de position abrégé, utilisé par les vols évoluant au sein du système des routes structurées de la région de contrôle du Nord. Il identifie les points de compte rendu au moyen d'un indicatif de point de compte rendu ou par le nom code de la route de la région de contrôle du Nord et la longitude du point de compte rendu. Par exemple, la même position peut être signalée comme 70° N, 90° W (70N 90W) dans un compte rendu de position standard ou comme Hotel 90 dans un compte rendu de position abrégé.

Déroulement des événements

À 3 h 46, l'ACC d'Edmonton a reçu un plan de vol de la répartition des vols de Lufthansa pour DLH492. Les spécialistes des opérations de la circulation aérienne à l'ACC ont traité ce plan de vol et, à 3 h 57, l'ont envoyé électroniquement au NSiT du secteur NV. À 4 h 47, le contrôleur A⁴ a configuré le plan de vol de DLH492 sur le NSiT et a correctement entré 322⁵ dans le champ FRN.

À 4 h 40, l'ACC a reçu un plan de vol révisé de la répartition des vols de Lufthansa pour DLH492. La seule modification d'importance dans le plan de vol était l'ajout de STS/HOSP à la section des remarques du plan de vol, indiquant que le vol était un avion ambulance⁶. Lorsque les spécialistes des opérations de la circulation aérienne ont traité ce plan de vol, ils ont compris que STS/HOSP signifiait que le vol était un vol sanitaire. Par conséquent, le suffixe « M » a été

⁴ Comme il y avait un certain nombre de contrôleurs travaillant au même endroit, ils sont identifiés comme contrôleur A, contrôleur B et contrôleur C.

⁵ La route de DLH492 prévue au plan de vol était MEDPA NCAH 7130N08000W LAT50 6830N09000W NCAN YQU. Les repères MEDPA, 7230N 70W, 7130N 80W, 6830N 90W, SEDAG, NADEB, LIBUG correspondent à cette route, et ils ont été associés au FRN 322 (voir l'annexe B).

⁶ DLH492 ne transportait aucun patient, mais une unité de transport de patient était installée pour un patient voyageant à destination de l'Allemagne lors du vol de retour. La répartition des vols de Lufthansa avait ajouté la remarque STS/HOSP au plan de vol pour assurer que DLH492 arrive à l'heure à Vancouver afin d'éviter de retarder le vol de retour.

ajouté, et l'identification de l'avion est devenue DLH492M, indiquant qu'il s'agissait d'un vol sanitaire⁷. Un plan de vol révisé pour DLH492M a été envoyé électroniquement au NSiT du secteur NV à 5 h 43 afin de remplacer le plan de vol d'origine de DLH492, lequel a été marqué comme annulé par le NSiT.

À 5 h 43, le contrôleur A a accusé réception de l'annulation et a supprimé manuellement le plan de vol d'origine de DLH492. À 5 h 44, le contrôleur A a configuré le plan de vol révisé de DLH492M et a erronément entré 324⁸ dans le champ FRN plutôt que 322. Bien que l'information dans le champ route soit demeurée inchangée, le champ repères a été automatiquement rempli par les repères associés au FRN 324 incorrect. Une fiche de progression de vol pour DLH492 a ensuite été imprimée et placée sur le pupitre des plans de vol en attente.

À 6 h 1, le contrôleur A a transféré le secteur NV à un autre contrôleur qui n'a pas été mêlé à l'événement. À 8 h 58, le contrôleur B a pris le contrôle du secteur NV, qui était toujours combiné aux secteurs PR et FN. À 9 h 30, le secteur FN a été transféré à un autre contrôleur s'occupant d'une console voisine.

À 9 h 36, le contrôleur B a reçu une ETA pour DLH492 à MEDPA de l'ACC de Reykjavik, en Islande. Au cours de la communication, le contrôleur B s'est informé du suffixe « M » de l'indicatif d'appel auprès de Reykjavik. Reykjavik a indiqué au contrôleur B que le vol utilisait l'indicatif d'appel DLH492 sans le « M ». À 9 h 46, le contrôleur B a activé le plan de vol NSiT pour DLH492M en entrant l'ETA à MEDPA, l'altitude et la vitesse dans la fenêtre du plan de vol, et il a laissé l'indicatif d'appel DLH492M inchangé. Au cours de l'activation, le contrôleur B a utilisé la fonction de recherche de conflits du NSiT pour vérifier s'il y avait conflit avec d'autres avions; aucun conflit n'a été identifié. Certains des repères de la fiche de progression du vol utilisée par le contrôleur B différaient de la route décrite au bas de la fiche, mais le contrôleur ne s'est pas aperçu de cette différence. À 9 h 59, le contrôleur B a transféré le secteur NV au contrôleur C.

À 10 h 25, le contrôleur C a reçu par Arctic Radio un compte rendu de position abrégé de DLH492 à MEDPA au FL340. Le contrôleur a demandé à Arctic Radio de s'informer du suffixe « M » de l'indicatif d'appel auprès du vol.

À 10 h 29, le contrôleur C a effectué une recherche de conflit sur le vol 015 d'Air Canada (ACA015); aucun conflit n'a été identifié⁹.

⁷ Un vol international ayant un indicatif d'appel sanitaire a été jugé très inhabituel de la part de tous les contrôleurs mêlés à l'événement.

⁸ Les repères associés au FRN 324 étaient MEDPA, 7230N 70W, 7130N 80W, 70N 90W, LENOT, GABRO, LIBUG (voir l'annexe B).

⁹ La route d'ACA015 prévue au plan de vol était 60N 81W, 65N 83W, 70N 88W, 75N 95W (voir l'annexe B).

À 10 h 31, le contrôleur C a reçu par l'intermédiaire d'Arctic Radio un compte rendu de position abrégé de DLH492 à 70° de longitude Ouest. Le compte rendu de position comprenait l'information selon laquelle l'indicatif d'appel de l'avion était DLH492 plutôt que DLH492M. La prochaine position dans le compte rendu de position (November 90) différait de la prochaine position sur la fiche de progression du vol (70N 90W), mais le contrôleur C n'a pas relevé la différence. À 10 h 33, le contrôleur a modifié l'indicatif de l'avion, de DLH492M à DLH492, et il a recherché des conflits par rapport au plan de vol; aucun conflit n'a été identifié.

À 10 h 34, le contrôleur C a évalué une demande d'ACA015 de monter du FL330 au FL340. Le contrôleur a affiché la route de DLH492 sur le NSiT et a sélectionné une fonction d'interception de route pour DLH492 et ACA015. Cette fonction du NSiT tire une ligne droite à partir de la position actuellement calculée de l'avion, mais elle ne tient pas compte des changements de trajectoire aux points de cheminement. Le résultat d'interception de route indiquait que le premier des deux vols atteindrait le point de croisement de routes à 11 h 8, et le deuxième atteindrait ce point 24 minutes plus tard, disposant d'un espacement de plus 100 milles par rapport au premier vol. À 10 h 35, le contrôleur C a autorisé ACA015 à monter au FL340. À 10 h 37, ACA015 a signalé qu'il se trouvait au FL340, et le contrôleur a entré la nouvelle altitude dans le NSiT.

À 10 h 43, le contrôleur C a recherché des conflits possibles par rapport au plan de vol d'ACA015 au FL340 en modifiant temporairement l'heure d'arrivée au 60 Nord de 10 h 11 à 10 h 8. La recherche de conflits a donné une alarme de croisement pour ACA015 et DLH492 à 70° 18' N, 88° 19' W (7018N 8819W), indiquant qu'un conflit se produirait si ACA015 atteignait son prochain point de compte rendu plus tôt que prévu. Comme cette alarme de croisement était fondée sur une information hypothétique, aucune mesure n'a été prise. À 10 h 44, le contrôleur C a recherché des conflits par rapport à DLH492 au FL360 en préparation à une montée à une altitude supérieure; aucun conflit n'a été identifié.

À 10 h 53, le contrôleur C a reçu par l'intermédiaire d'Arctic Radio un compte rendu de position abrégé de DLH492 à 80 Ouest. Les prochaines positions du compte rendu de position (November 90 et SEDAG) différaient des prochaines positions de la fiche de progression (70N 90W et LENOT), mais le contrôleur C n'a pas relevé les différences. Immédiatement après avoir reçu le compte rendu de position, le contrôleur C a demandé à Arctic Radio de demander à DLH492 à quel moment il serait en mesure de monter au FL350 et au FL360, puis il a mis à jour le NSiT avec l'heure d'arrivée à 80 Ouest de DLH492.

À 10 h 54, Arctic Radio a indiqué au contrôleur C que DLH492 serait en mesure de monter au FL350 dans 20 minutes, et au FL360, dans 40 minutes. À 10 h 55, le contrôleur C a entré dans le champ remarques du plan de vol sur le NSiT les heures auxquelles DLH492 serait en mesure de gagner les altitudes supérieures. Au même moment, le contrôleur a aussi recherché des conflits par rapport au plan de vol de DLH492 au FL340; aucun conflit n'a été identifié. Le contrôleur C a alors envoyé à l'impression dans le secteur FN une fiche pour DLH492 et a configuré le transfert du vol au secteur FN. Le contrôleur B, travaillant maintenant dans le secteur FN, a accepté le contrôle de DLH492 à 11 h 4.

À 11 h 27, le contrôleur B a reçu par l'intermédiaire d'Arctic Radio un compte rendu de position abrégé de DLH492 à 90 Ouest. La position signalée et les prochaines positions du compte rendu de position (November 90, SEDAG et NADEB) différaient de la position signalée et des

prochaines positions sur la fiche de progression (70N 90W, LENOT et GABRO), mais le contrôleur n'a pas relevé les différences. Le contrôleur a noté que l'heure d'arrivée de 11 h 24 à 90 Ouest était considérablement plus tardive que l'heure d'arrivée prévue de 11 h 16 et il a demandé à Arctic Radio de confirmer l'heure avec l'équipage de conduite.

Le contrôleur B a alors entré 11 h 24 dans le NSiT comme heure d'arrivée à 70N 90W. La fenêtre du plan de vol de DLH492 s'est ouverte et a indiqué un conflit entre DLH492 et ACA015 à la position 7018N 8819W. Le NSiT a aussi montré la trajectoire des deux avions en rouge sur l'écran principal, indiquant le conflit entre DLH492 et ACA015. À 11 h 29, le contrôleur a annulé l'entrée de l'heure d'arrivée à 70N 90W; l'enquête n'a pas déterminé pourquoi cette action avait été exécutée.

À 11 h 32, le contrôleur B a reçu par l'intermédiaire d'Arctic Radio la confirmation que DLH492 avait franchi November 90 à 11 h 24. Au cours de cette communication, le contrôleur s'est rendu compte qu'il y avait un problème avec les repères du plan de vol de DLH492 dans le NSiT. Le contrôleur a reconfiguré le NSiT pour qu'il montre les repères et la trajectoire de DLH492, la trajectoire Hotel dans la région de contrôle du Nord et la trajectoire November dans cette région sur l'écran d'affichage. Le contrôleur B a alors revu les repères du plan de vol de DLH492 en entrant les bons repères directement dans le champ des repères de la fenêtre du plan de vol et il a recherché des conflits par rapport au plan de vol corrigé; aucun conflit n'a été identifié.

À 11 h 34, les bons repères pour DLH492 ont été activés, et le contrôleur B a imprimé une nouvelle fiche de progression pour DLH492 portant les bons repères. À 11 h 36, le contrôleur B a transféré le secteur FN à un contrôleur remplaçant.

Points et heures de croisement des routes

La route d'ACA015 a croisé la route déterminée par FRN 324 sur le NSiT pour DLH492 à 7018N 8819W; il s'agit de la position de croisement des routes sur laquelle se sont fondées les recherches de conflit du NSiT pour ACA015 et DLH492. En fait, la route d'ACA015 a croisé la route réelle de DLH492 (FRN 322) à 6925N 8725W (voir l'annexe B). Des calculs ont par la suite permis de déterminer que DLH492 avait franchi cette position 10 minutes plus tard, à 11 h 24. L'espacement requis, avant et après le croisement, était de 15 minutes.

Dotation du Centre de contrôle régional

Pendant une période prolongée avant l'événement, l'ACC d'Edmonton, y compris la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord, souffrait d'un manque de contrôleurs qualifiés, aux compétences à jour et disponibles. Le tableau 1 résume l'ampleur de la pénurie de mai 2005 à la date de l'événement.

	ACC au complet			Sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord		
	Disponibles	Requis	Niveau de dotation (%)	Disponibles	Requis	Niveau de dotation (%)
mai 2005	159	194	82	28	34	82
juin 2005	160	194	82	27	34	79
juillet 2005	161	194	83	27	34	79
9 août 2005				28	34	82

Tableau 1. Niveaux de dotation du Centre de contrôle régional et de la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord

NAV CANADA s'était engagé à doter les principales installations opérationnelles à 105 pour cent des exigences; le recrutement et la formation de nouveaux contrôleurs sont en cours. Toutefois, d'autres mesures étaient nécessaires pour permettre à l'ACC d'Edmonton de poursuivre ses activités avec un personnel réduit jusqu'à ce que le recrutement et la formation puissent amener les niveaux de dotation à l'objectif fixé par l'organisation.

Par exemple, lorsque les effectifs sont inférieurs à 100 pour cent, la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord modifie de façon tactique son mode de fonctionnement, selon l'heure du jour, les débits de la circulation et l'achalandage. Ces modifications comprennent des techniques de gestion du débit de la circulation aérienne visant à gérer le nombre d'aéronefs dans un secteur de manière à gérer la charge de travail des contrôleurs.

Deux autres mesures utilisées sont le temps supplémentaire et des modifications d'horaire afin d'optimiser l'emploi des contrôleurs disponibles.

Heures de travail et de repos

Dans le cadre de la *Loi sur la commercialisation des services de navigation aérienne civile*, NAV CANADA se voit attribuer le droit de planifier et de gérer la prestation de ses services de contrôle de la circulation aérienne, y compris les heures de travail, l'affectation du personnel et le recours au temps supplémentaire. Les conventions collectives conclues entre NAV CANADA et l'Association canadienne du contrôle du trafic aérien (ACCTA) établissent les limites des heures de travail et de repos des contrôleurs. Ces heures ne sont pas réglementées par Transports Canada dans le *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Par contre, les limites d'heures de service des contrôleurs sont aussi régies par le *Code canadien du travail*, qui permet aux contrôleurs d'effectuer des heures supplémentaires jusqu'à un maximum de 384 heures de travail normales et supplémentaires sur une période de 56 jours. La convention collective précise que les contrôleurs peuvent travailler jusqu'à 288 heures pendant des quarts de travail normaux sur une période de 56 jours, et elle autorise des périodes de repos d'à peine huit heures entre certains quarts. Cette période de huit heures entre les quarts de travail comprend le temps de déplacement du contrôleur en provenance et à destination de sa résidence et le temps consacré à l'hygiène personnelle et aux repas.

La convention collective interdit à NAV CANADA de planifier le début d'un quart de travail dans les 10 heures suivant la fin du quart de travail précédent du contrôleur, sous réserve des exceptions suivantes :

- NAV CANADA peut prévoir une réduction du temps libre minimal entre les quarts de travail pourvu qu'il ne soit pas inférieur à huit heures, au plus une fois pendant la « semaine de travail » de chaque employé.
- NAV CANADA peut prévoir une réduction du temps libre minimal entre les quarts de travail pourvu qu'il ne soit pas inférieur à neuf heures, au plus deux fois pendant la « semaine de travail » de chaque employé. Ces réductions ne doivent pas être consécutives.
- Dans le cas où l'horaire publié d'un employé ne renferme aucune réduction de temps libre entre les quarts de travail (comme il est indiqué ci-dessus), l'employé, à sa discrétion, peut décider de réduire le temps libre entre les quarts de travail à moins de 10 heures, mais non à moins de 8 heures, une fois par « semaine de travail ».
- Nonobstant de ce qui précède, en aucun cas ces réductions doivent-elles être consécutives.

Temps supplémentaire

Pour compenser le manque de personnel, les contrôleurs disponibles avaient été affectés à des quarts de travail en temps supplémentaire. Le temps supplémentaire était habituellement planifié en quarts de travail complets, plutôt qu'en périodes courtes avant ou après un quart de travail normal. On planifiait du temps supplémentaire en demandant d'abord s'il y avait des volontaires pour effectuer ces quarts. Si les contrôleurs s'étaient portés volontaires en nombre insuffisant, des quarts de travail en temps supplémentaire étaient imposés selon les lignes directrices sur lesquelles s'étaient entendus la direction locale de NAV CANADA et des représentants du syndicat ACCTA.

Au cours de la période comprise entre le 2 août 2004 et le 3 juillet 2005, le nombre moyen d'heures supplémentaires travaillées par contrôleur sur une période de 56 jours était de 58,1 heures à l'ACC en général, et de 60 heures dans la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord. Au cours de cette période, le nombre moyen d'heures supplémentaires travaillées sur une période de 56 jours a été de 66,5 heures pour le contrôleur A, de 58,25 heures pour le contrôleur B et de 41,5 heures pour le contrôleur C.

Au cours de la période de 56 jours comprise entre le 9 mai et le 3 juillet 2005, les heures supplémentaires travaillées par les contrôleurs de l'espace aérien supérieur du Nord allaient d'un minimum de 24,75 heures à un maximum de 98,75 heures. Dans certains cas, les heures supplémentaires et les quarts de travail normaux ont atteint le nombre maximal d'heures de travail autorisées par le *Code canadien du travail*, soit 384 heures pour une période de 56 jours, ce qui excluait le contrôleur de toute affectation à des heures supplémentaires additionnelles. Au cours de cette période, le contrôleur A a effectué 87,75 heures supplémentaires, le contrôleur B, 62,5 heures, et le contrôleur C, 87 heures.

Le Tableau 2 résume les horaires des trois contrôleurs au cours de la période de 56 jours entre le 4 juillet et le 28 août 2005. Cette période comprend la date de l'événement.

	Contrôleur A			Contrôleur B			Contrôleur C		
	Heures	Quarts	Jours libres	Heures	Quarts	Jours libres	Heures	Quarts	Jours libres
Normal	296,12	35		288,30	35		287,87	34,0	
Temps suppl.	74,75	9		83,25	10		11,25	1,2	
Totaux	370,87	44	12	371,55	45	11	299,12	35,2	21

Tableau 2. Heures normales et en temps supplémentaire ainsi que quarts de travail et jours libres des contrôleurs en question entre le 4 juillet 2004 et le 28 août 2005

Horaire des contrôleurs

Au cours de 2004, NAV CANADA et l'ACCTA se sont mis d'accord pour mener des essais d'horaires de quarts de travail modifiés à l'ACC d'Edmonton afin de réduire les effets du manque de personnel. L'ACCTA a tenu un vote au sein de chaque sous-unité de l'ACC pour permettre aux contrôleurs de choisir l'horaire de quart de travail qu'ils préféraient. Dans la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord, la plupart des contrôleurs ont préféré un horaire comprimé. Dans un horaire comprimé, le quart de travail commence progressivement plus tôt chaque jour, ce qui décale le quart de travail dans le sens antihoraire (voir le Tableau 3). La période de repos entre le quart de jour et le quart de nuit est de huit heures. Au moment de l'événement, la plupart des contrôleurs de l'espace aérien supérieur du Nord, y compris les contrôleurs B et C, travaillaient selon un horaire comprimé modifié (voir le Tableau 4) avec jours répétés et un décalage antihoraire du quart de travail. Les autres contrôleurs de l'espace aérien supérieur du Nord ont invoqué des raisons médicales ou d'autres raisons pour justifier de travailler selon un horaire de travail différent, comme un bloc-horaire; le contrôleur A travaillait sur des quarts de nuit selon un bloc-horaire.

Quart de travail	Début	Fin	Période de repos après le quart
Jour 1 - Quart de soir	14 h 15	22 h 43	11 h 17 m
Jour 2 - Quart de relève	10 h	18 h 28	11 h 32 m
Jour 3 - Quart de jour	6 h	14 h 28	8 h 00 m
Jour 4 - Quart de nuit	22 h 28 (jour 3)	6 h 56	Jour libre

Tableau 3. Horaire comprimé dans la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord (décalage antihoraire des quarts de travail)

Date	Contrôleur		
	A	B	C
1 ^{er} août	22 h 28 - 6 h 43	Jour libre	6 h - 14 h 28
2 août	22 h 28 - 6 h 43	Jour libre	22 h 28 - 6 h 56
3 août	Jour libre	14 h 15 - 22 h 43	22 h 28 - 6 h 56
4 août	22 h 28 - 6 h 56	14 h 15- 22 h 43	Jour libre
5 août	22 h 28 - 6 h 56	10 h - 18 h 28	Jour libre
6 août	22 h 28 - 6 h 43	6 h - 14 h 28	Temps suppl. (maladie)
7 août	22 h 28 - 6 h 43	6 h - 14 h 28	14 h 15- 22 h 43
8 août	22 h 28 - 6 h 56	22 h 28 - 6 h 56	10 h - 18 h 28
9 août	22 h 28 - 6 h 56	6 h - 14 h 30	6 h - 14 h 28
10 août	22 h 28 - 6 h 43	Jour libre	6 h - 14 h 28
11 août	22 h 28 - 6 h 43	6 h - 14 h 28	22 h 28 - 6 h 43

La date de l'événement est grisée.
 Les quarts de travail en temps supplémentaire sont en gras.
 Les quarts de travail dont le début est à 22 h 28 ont commencé le soir précédant la date indiquée.

Tableau 4. Horaire comprimé modifié des contrôleurs de l'espace aérien supérieur du Nord

Le contrôleur A a commencé son quart de travail à 22 h 28 le soir précédant l'événement. Au moment où le plan de vol de DLH492M a été configuré, il était de service depuis environ 7¼ heures et il travaillait au secteur NV depuis 29 minutes suivant sa dernière pause. Au cours de son quart de travail, le contrôleur A travaillait entre 55 et 60 pour cent du temps, bénéficiant de périodes de repos de plus de 45 minutes.

Le contrôleur B a commencé son quart de travail à 6 h. Au moment où le plan de vol de DLH492 a été activé, il était de service depuis au secteur NV depuis 37 minutes suivant sa dernière pause. Le 9 août 2005, le contrôleur B effectuait un quart de travail prévu en temps supplémentaire. Au court de ce quart de travail, le contrôleur B travaillait environ 50 pour cent du temps, bénéficiant de périodes de repos de plus de 45 minutes.

Le contrôleur C avait commencé son quart de travail à 6 h. Au moment où il a reçu le compte rendu de position 70W de DLH492, il était de service depuis environ 4½ heures et il travaillait au secteur NV depuis 28 minutes suivant sa dernière pause (voir le Tableau 4). Au cours de son quart de travail, le contrôleur C travaillait environ 50 pour cent du temps, bénéficiant de périodes de repos de plus de 45 minutes.

Programme de gestion de la fatigue de NAV CANADA

NAV CANADA reconnaît qu'il y aura une certaine fatigue dans n'importe quelle activité qui doit être maintenue 24 heures sur 24, sept jours sur sept. La société possède une politique établie de gestion de la fatigue visant à réduire la fatigue au niveau le plus bas qui se puisse atteindre raisonnablement (niveau ALARA) pour que les risques liés à la sécurité soient gérés efficacement. La société gère l'impact opérationnel de la fatigue sur la sécurité en examinant les pratiques de confection des horaires, en sensibilisant le personnel sur la vigilance et la gestion de la fatigue, et en mettant en œuvre des mesures visant à contrer la fatigue. Les contrôleurs reçoivent de la formation sur des stratégies opérationnelles et de prévention. Les premières

peuvent être utilisées avant un quart de travail pour réduire les effets néfastes de la fatigue, la perte de sommeil et les perturbations du cycle circadien. Les autres peuvent servir à maintenir la vigilance et le rendement pendant un quart de travail.

Toutes les ACC, y compris Edmonton, possèdent des mesures visant à contrer les effets de la fatigue. Pendant leur quart de travail, les contrôleurs bénéficient de pauses, de salles d'exercice et de pièces calmes pour leur permettre de faire une sieste. Ils ont aussi facilement accès à de la nourriture et à des boissons.

Personne normalement reposée

Une personne normalement reposée est, en moyenne, une personne en santé, âgée de 25 à 45 ans, qui travaille un quart de jour normal commençant entre 8 h et 9 h et se terminant entre 16 h et 17 h. Une personne normalement reposée dort en moyenne environ 7½ à 8 heures par nuit, habituellement entre 21 h et 6 h.

Rendement et fatigue

Le corps humain fonctionne de façon optimale lorsqu'il obéit à une routine prévisible. Toute modification à la routine, y compris celle du sommeil-éveil, nécessite une certaine période d'adaptation. Au cours de cette période d'adaptation, le corps fonctionne moins bien et continue à moins bien fonctionner jusqu'à ce que la routine sommeil-éveil se stabilise.

L'inversion de la routine sommeil-éveil d'une personne, de dormir la nuit à dormir le jour, peut causer une perturbation endocrinienne au niveau cérébral qui réduira par la suite l'efficacité intellectuelle et produira une déficience psychomotrice, de l'anxiété, de la dépression, des plaintes de nature somatique, de la somnolence le jour et de la fatigue¹⁰. L'inversion de la routine sommeil-éveil est rarement entièrement réussie¹¹.

Le corps humain prend plus de temps à s'adapter aux décalages antihoraires des quarts de travail qu'aux décalages horaires de ces quarts de travail¹². Les effets de l'adaptation d'un décalage antihoraire d'un quart de travail sont les mêmes que ceux mentionnés ci-dessus pour un horaire sommeil-éveil inversé.

¹⁰ Voir par exemple : A. K. Pati, A. Chandrawanshi et A. Reinberg, « Shift work: Consequences and Management, » *Current Science*, 81.1 (2001): 32-52 et A. Kales et J. Kales, *Evaluation and Treatment of Insomnia*, New York, Oxford University Press, 1984.

¹¹ J. M. Harrington, « Shift Work and Health: A Critical Review of the Literature on Working Hours, » *Annals of the Academy of Medicine*, Singapore, 23.5 (1994), 699-705.

¹² Voir par exemple : J. Aschoff et al., « Re-entrainment of Circadian Rhythms After Phase Shifts of the Zeitgeber, » *Chronobiologia*, 2 (1975), 23-78; K. E. Klein et H. M. Wegmann, « Significance of Circadian Rhythms in Aerospace Operations, » NATO AGARDograph 247, Neuilly-sur-Seine (France), NATAO AGARD, 1980; et D. I. Tepas et T. H. Monk « Work Schedules, » *Handbook of Human Factors*, éd. G. Salvendy, New York, John Wiley & Sons, 1987, 819-843.

Bien des gens ont de la difficulté à dormir l'après-midi et en début de nuit, habituellement autour de 21 h, alors que le corps humain est plutôt prédisposé à être éveillé¹³. Les travailleurs de quarts de travail tentent souvent de commencer à dormir pendant cette période pour être suffisamment reposés en vue d'un quart de travail matinal. Toutefois, la difficulté qu'ils éprouvent à s'endormir se traduit par moins de sommeil qu'ils ne le désiraient¹⁴. La réduction de la durée totale de sommeil d'une personne se traduit par de la fatigue^{15, 16}. L'analyse des antécédents sommeil-éveil du contrôleur C a révélé de courtes périodes de sommeil avant le quart de jour de 6 h, le 9 août.

La vigilance est la capacité de demeurer attentif afin de percevoir les stimuli et d'y réagir, et elle est constamment exercée par les contrôleurs de la circulation aérienne dans leur travail. La vigilance n'est qu'un aspect du comportement humain qui est compromis par la fatigue. Il est plus difficile pour des personnes fatiguées de conserver leur vigilance parce qu'elles peuvent ne pas percevoir de l'information importante ou qu'elles peuvent être distraites par de l'information erronée ou extérieure. Il s'ensuit que la détection précise des problèmes diminue si la vitesse avec laquelle une tâche doit être exécutée demeure constante. En d'autres mots, si des personnes fatiguées doivent exécuter une tâche exigeant d'elles de percevoir de l'information pertinente et d'y réagir, et qu'on leur accorde le même temps pour exécuter cette tâche que lorsqu'elles sont reposées, elles commettront plus d'erreurs que lorsqu'elles sont reposées.

Les horaires des contrôleurs ont été analysés en partie au moyen de l'outil d'établissement des horaires en vue d'éviter la fatigue (FAST)¹⁷. FAST est un logiciel d'aide à la décision, conçu pour évaluer et prévoir les modifications de rendement induites par la limitation du sommeil et l'heure du jour. Aucun logiciel de planification, y compris FAST, ne peut prédire la fatigue ou les erreurs induites par la fatigue dans tous les cas pour tous les individus. L'outil peut seulement prévoir les effets du sommeil et des rythmes circadiens sur le rendement, mais il ne peut tenir compte d'autres facteurs qui influencent le rendement, comme la formation, l'expérience, le stress, la maladie ou toute gamme de variables hormis la fatigue qui sont connues comme influençant le rendement. La fatigue peut être le résultat de facteurs autres qu'une limitation de sommeil ou qu'une perturbation du cycle circadien. Par exemple, la fatigue

¹³ P. Lavie, « Ultrashort Sleep-waking Schedule III 'Gates' and 'Forbidden Zones' for Sleep, » *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 63.5 (1986), 414-425.

¹⁴ P. Cabon et al., « Fatigue of Short-haul Flight Aircrews in Civil Aviation: Effects of Work Schedules » *Shift Work in the 21st Century: Challenges for Research and Practice*, éd. S. Hornberger et al., Fracfort, Peter Lang, 2000, 79-85.

¹⁵ A. M. Anch et al., *Sleep: A Scientific Perspective*, New Jersey, Prentice-Hall, 1988.

¹⁶ P. Tucker et al., « Shift Length as a Determinant of Retrospective On-shift Alertness, » *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 24 (Suppl. 3) (1998), 49-54.

¹⁷ Fatigue Avoidance Scheduling Tool (FAST) est un produit du contrat SBIR F41624-99-C-6041 de l'U.S. Air force attribué à NTI Inc., avec un financement additionnel provenant de l'accord DTRS56-01-T-004 du département des transports des États-Unis, accordé à Science Application International Corporation (SAIC). FAST est distribué par Nova Scientific Corporation, www.novasci.com/index_files/Page420.htm.

peut être causée par des troubles du sommeil, une charge de travail excessive, des médicaments, le syndrome de fatigue chronique, l'exercice, la température ou l'infection. Ces facteurs n'entrent pas en ligne de compte dans les prédictions FAST. De plus, FAST ne tient pas compte des mesures employées par NAV CANADA pour contrer la fatigue, comme les siestes, les pauses et l'activité physique.

Même si la fatigue n'est pas présente, le rendement pendant les quarts de nuit est généralement inférieur à celui des quarts de jour. Cette constatation semble attribuable à un rythme circadien qui prédispose biologiquement les personnes à être plus efficaces le jour¹⁸.

Les contrôleurs de la circulation aérienne font habituellement preuve d'une grande motivation au travail. La motivation est aussi influencée de façon négative par la fatigue¹⁹. Non seulement les personnes fatiguées sont-elles moins motivées à bien fonctionner, mais cette baisse de motivation est aussi insidieuse car elle survient sans que la personne ne s'en rende compte. Une motivation réduite peut amener inconsciemment les personnes à s'en remettre plus aux procédures établies pour déceler les erreurs qu'à leur propre vigilance.

Autres événements et rapports

La fatigue des contrôleurs est objet de préoccupations depuis longtemps. Le BST a examiné d'autres incidents dans lesquels la fatigue du contrôleur avait contribué à l'événement²⁰.

En 1990, le Bureau canadien de la sécurité aérienne a publié un *Rapport sur l'enquête spéciale portant sur les services de la circulation aérienne au Canada* (90-SP001). Le rapport concluait que « la pénurie de contrôleurs qualifiés dans la plupart des ACC (...) est le problème le plus important auquel sont confrontés aujourd'hui les services ATC. » Le rapport ajoutait aussi que « les cycles de travail des contrôleurs perturbent énormément leurs cycles biologiques normaux. » Le rapport formulait les recommandations suivantes :

Le ministère des Transports prépare et met en vigueur des restrictions supplémentaires portant sur (...) le nombre minimal d'heures de repos entre les quarts de travail. (BCSA 90-37)

Le ministère des Transports, de concert avec le ministère de la Santé et du Bien-être social et les experts internationaux, met sur pied un programme de recherches sur les effets néfastes de la dysrythmie circadienne et du manque de sommeil sur le rendement au travail des contrôleurs de la circulation aérienne. (BCSA 90-38).

¹⁸ Voir par exemple : T. H. Monk, S. Folkard et A. I. Wedderburn, « Maintaining Safety and High Performance on Shift Work », *Applied Ergonomics*, 27.1 (1996), 17-23.

¹⁹ L. C. Johnson et al., éd. *Biological Rhythms, Sleep, and Shift Work*, New York, Spectrum Publishing, 1981.

²⁰ Voir les rapports A96O0196, A97A0166 et A99H0001 du BST.

En octobre 1996, un rapport préparé pour le Centre de développement des transports, *Impact of Shift Work and Overtime on Air Traffic Controllers* (TP 12816E), concluait que la performance cognitive chutait de façon importante vers la fin d'un cycle intensif de quarts de travail décalés en sens antihoraire, et que le rythme circadien et l'important déficit de sommeil étaient les principaux facteurs de la chute de performance cognitive durant les quarts de nuit. Le rapport formulait un certain nombre de recommandations en vue de réduire les effets néfastes de la fatigue et du travail par quarts.

Le BST a mentionné les « horaires de travail/périodes de repos » comme étant un grand problème de sécurité dans le secteur de l'aviation dans son Rapport annuel au Parlement en 1998 et de nouveau en 1999.

En juillet 1999, le BST a communiqué une lettre d'information sur la sécurité à Transports Canada et à NAV CANADA relativement à la fatigue des contrôleurs de la circulation aérienne. En réponse à cette lettre, Transports Canada a mentionné la création d'un comité spécial réunissant Transports Canada, l'ACCTA et NAV CANADA afin de revoir les questions liées à la fatigue et de compiler un recueil de documents de recherche portant sur la fatigue chez les contrôleurs de la circulation aérienne. La réponse de Transports Canada a aussi indiqué que l'on envisagerait d'ajouter d'autres disciplines aéronautiques à la législation régissant les limites de service des membres d'équipage d'aéronef.

En juillet 2000, un rapport préparé pour le Centre de développement des transports, *La fatigue chez les contrôleurs de la circulation aérienne : recherche documentaire* (TP 13547) résumait les documents de recherche disponibles et concluait en partie que « une refonte des horaires qui accorderait des périodes de repos plus longues, de 10 à 13 heures plutôt que 8 heures lors du changement rapide de quart, atténuerait le manque de sommeil et améliorerait la performance. »

En 2000, un groupe de travail tripartite comprenant des représentants de Transports Canada, de l'ACCTA et de NAV CANADA a été créé pour étudier la question de la fatigue et celle des services de contrôle de la circulation aérienne. Le groupe de travail a souligné l'importance d'accepter la gestion de la fatigue comme une responsabilité partagée entre l'employeur, chaque employé et l'agent négociateur. Dans son rapport final, *Rapport au Comité directeur tripartite sur la fatigue dans l'ATC* (TP 13742F), le groupe de travail a proposé les quatre recommandations prioritaires suivantes :

- l'adoption d'une approche holistique de gestion de la fatigue par toutes les parties représentées dans le Groupe de travail tripartite et le Comité directeur tripartite;
- la mise en vigueur par NAV CANADA d'un programme officiel de gestion de la fatigue;
- l'intégration du Programme de gestion de la fatigue de NAV CANADA dans le Système de gestion de la sécurité de la société pour que les risques qu'une fatigue excessive font peser sur la sécurité puissent être gérés de manière proactive, efficace et transparente;

- la conception d'un système de mesures axé sur le rendement pour évaluer l'efficacité de la gestion de la fatigue au sein de NAV CANADA.

Analyse

Dotation du Centre de contrôle régional

L'ACC d'Edmonton et la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord fonctionnaient avec environ 83 pour cent du personnel de contrôle requis, ce qui était considérablement moins que l'objectif de 105 pour cent de NAV CANADA. Pour compenser les pénuries de personnel, on a procédé à des ajustements tactiques des opérations de l'ACC, et au recours, notamment, aux techniques de gestion du débit de la circulation aérienne. Des modifications aux horaires ont optimisé l'utilisation des contrôleurs disponibles. Ces modifications comprenaient la mise en œuvre d'horaires comprimés et l'assignation de temps supplémentaire conformément à la convention collective et au *Code canadien du travail*.

Horaires des contrôleurs et fatigue

Les horaires de travail des contrôleurs en question ont été analysés pour qu'on puisse déterminer si la fatigue avait joué un rôle dans l'événement. La fatigue éprouvée par chaque contrôleur sera abordée, et son effet sur le rendement au travail, comparé au rendement au travail attendu d'une personne normalement reposée.

Le contrôleur A travaillait en fonction d'un bloc-horaire de quarts de nuit et il avait bénéficié d'un jour libre six jours avant l'événement (voir le Tableau 4). Même s'il s'était adapté à une routine sommeil-éveil stable qui aurait permis à son corps de s'adapter aussi bien qu'il le pouvait à une routine de nuit, ce contrôleur était fort probablement plus fatigué, sans l'être gravement, qu'une personne normalement reposée.

Le contrôleur B travaillait selon un horaire décalé en sens antihoraire au cours des jours qui ont précédé l'événement. Après le dernier jour du quart, le 7 août, le contrôleur B avait bénéficié de huit heures de repos et il était retourné au travail pour effectuer un quart de nuit, de 22 h 28 à 6 h 56, puis il avait bénéficié de 23 heures libres et il était retourné travailler le jour de l'événement à 6 h (voir le Tableau 4). À cause du quart de travail décalé en sens antihoraire et d'une période de récupération limitée après le quart de nuit, le contrôleur B était probablement considérablement plus fatigué qu'une personne normalement reposée le jour de l'événement, et son rendement était à l'avenant.

Le contrôleur C travaillait sur un quart de travail décalé en sens antihoraire au cours des jours précédant le jour de l'événement. À cause de l'horaire de quart de travail décalé en sens antihoraire et d'une courte période de sommeil avant le quart en question, le contrôleur C était probablement considérablement plus fatigué qu'une personne normalement reposée le jour de l'événement, et son rendement était fort probablement à l'avenant.

L'analyse des horaires des contrôleurs au moyen du logiciel FAST (outil de confection des horaires visant à éviter la fatigue) a révélé que le quart décalé en sens antihoraire utilisé au sein de la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord peut causer une fatigue importante et un

rendement déficient. FAST a prédit que les courtes périodes de repos entre le quart de jour et le quart de nuit peuvent générer des estimations d'efficacité d'à peine 68 pour cent (voir l'annexe C).

Les trois contrôleurs étaient fort probablement moins vigilants à cause de la fatigue, ce qui a pu causer la non-perception d'information et un risque accru de distraction. La motivation des trois a aussi pu diminuer à cause de la fatigue, et ils ont pu inconsciemment se fier de plus en plus à d'autres contrôleurs et à la procédure de contrôle visant à détecter les erreurs.

Période de repos de huit heures

Les durées de service et de repos des contrôleurs ne sont pas réglementées par le RAC, mais elles sont établies en conformité avec la convention collective conclue entre NAV CANADA et l'ACCTA, et le *Code canadien du travail*. L'horaire travaillé par les contrôleurs B et C ne prévoyait que huit heures libres entre le quart de jour et le quart de nuit subséquent. Les occasions de sommeil des contrôleurs pendant les périodes libres sont réduites par le temps de déplacement en provenance et à destination de la résidence et par le temps consacré aux repas et à l'hygiène personnelle. Par conséquent, bien qu'elle soit permise par la législation et la convention collective, cette période de huit heures entre les quarts de travail réduit la durée de sommeil totale des contrôleurs à une durée moindre que ce dont a besoin une personne normalement reposée. Parce qu'une durée de sommeil totale réduite cause de la fatigue, le risque que les contrôleurs soient fatigués à la suite de cette période libre de huit heures est supérieur au risque posé dans le cas d'une personne normalement reposée. Dans le cas qui nous occupe, FAST a prédit une importante diminution de rendement au cours du quart de nuit suivant la période libre de huit heures (voir l'annexe C).

Quarts de travail en temps supplémentaire

Le temps supplémentaire était habituellement prévu par quarts de travail entiers, plutôt qu'en courtes périodes avant ou après des quarts de travail normaux. Comme les quarts de travail en temps supplémentaire avaient lieu à des moments où les contrôleurs seraient autrement en congé, le temps supplémentaire n'avait pas seulement pour effet d'augmenter le nombre total d'heures travaillées, mais aussi de réduire le nombre de jours libres (voir le Tableau 2). Voilà qui réduisait le nombre d'occasions à la disposition des contrôleurs pour qu'ils réduisent leur manque de sommeil ou stabilisent leur routine sommeil-éveil. En fait, le contrôleur B effectuait un quart de travail en temps supplémentaire le jour de l'événement.

Comptes rendus de position et fiches de progression de vol

Les contrôleurs ont reçu un ou deux types de compte rendu de position verbal. Le compte rendu de position standard faisait appel à un indicatif alphanumérique ou au nom code de la voie et à la longitude du point de compte rendu pour identifier une position. Les repères de la fiche de progression de vol font appel à un indicatif alphanumérique ou à la latitude et à la longitude, le compte rendu de position abrégé faisant appel à un nom code et à une longitude plutôt qu'à un compte rendu de position standard utilisant une latitude et une longitude.

Recherches de conflit

Rechercher s'il y a des conflits fait partie de la routine du processus de contrôle. Les contrôleurs dans le présent événement ont de façon répétée recherché s'il y avait conflit, ce qui indique qu'ils étaient conscients des risques de conflit. Toutefois, aucune des recherches de conflit des contrôleurs n'a permis de déceler la perte d'espacement parce que le NsiT était programmé avec des repères incorrects pour la route de DLH492, et l'espacement calculé par le NsiT à partir des repères incorrects était supérieur à l'espacement minimum requis. L'entrée d'un numéro de référence de repères incorrect (FRN) signifiait que la route réelle que devait suivre DLH492 ne correspondait plus aux repères utilisés par le NsiT pour afficher la route de l'avion ni déceler les conflits avec d'autres avions.

Actions des contrôleurs

Les trois contrôleurs étaient fort probablement fatigués, et la fatigue réduit des caractéristiques du rendement, comme la vigilance et la motivation. Ces dégradations sont les effets insidieux de la fatigue et elles ne sont pas associées au caractère ni à la personnalité de la personne. La présente analyse porte sur la vigilance et la motivation.

Le contrôleur A a configuré le plan de vol d'origine et le plan de vol modifié de DLH492 alors que son rendement était influencé négativement par la fatigue. La fatigue a pu réduire sa vigilance et augmenter la probabilité qu'il soit distrait ou qu'il n'ait pas perçu de l'information importante. La fatigue peut aussi avoir réduit insidieusement sa motivation, l'amenant inconsciemment à se fier davantage aux autres. L'enquête n'a pas déterminé pourquoi le contrôleur A avait entré un FRN incorrect; cependant, il est probable qu'une distraction, comme un indicatif d'appel inhabituel de vol sanitaire, a détourné son attention de la tâche de configurer le plan de vol. Lorsqu'il est revenu à cette tâche, une moins grande vigilance, alliée à une confiance inconsciente accrue en d'autres personnes, ont peut-être rendu plus difficile pour lui de déceler l'entrée incorrecte du FRN et d'y réagir. De plus, le NsiT n'offre pas de vérification automatisée de conformité de route. Par conséquent, l'erreur de FRN est passée inaperçue.

Le rendement du contrôleur B a fort probablement été compromis par la fatigue lorsqu'il a activé le plan de vol de DLH492M. L'activation du plan de vol exigeait du contrôleur B de vérifier l'exactitude des données pour le vol. Toutefois, il n'y avait pas de procédure spécifique pour contre-vérifier les données, et il n'a pas relevé le FRN et les repères incorrects. Voilà qui correspond à un problème de vigilance lié à la fatigue, en ce qu'il n'a pas perçu l'information qui aurait mis en relief l'erreur. Une vigilance réduite, combinée à l'absence d'une procédure de contre-vérification, a fort probablement empêché le contrôleur B de déceler l'erreur et d'y remédier lors de l'activation du plan de vol.

Le rendement du contrôleur C a été fort probablement compromis par la fatigue lors des trois occasions qu'il a eues de déceler les différences dans les comptes rendus de position à 10 h 25, 10 h 31 et 10 h 53. La réduction de la vigilance par la fatigue l'a fort probablement rendu plus vulnérable aux distractions et moins en mesure de percevoir de l'information importante. Le contrôleur C a probablement été distrait à 10 h 25 et à 10 h 31 par le suffixe inhabituel « M » de l'indicatif d'appel, puis de nouveau à 10 h 53 par une demande d'information liée à l'heure à

laquelle DLH492 serait en mesure de monter à une altitude supérieure. Une vigilance réduite, résultant de la fatigue, a probablement rendu plus difficile pour lui de percevoir les différences subtiles entre les positions des comptes rendus de position et les repères des fiches de progression de vol, et d'y réagir, qui étaient présentés sous différents formats. Un moins bon rendement, causé par la fatigue, a fort probablement empêché le contrôleur C de déceler l'erreur et d'y remédier.

À 11 h 27, le contrôleur B a reçu un compte rendu de position abrégé pour DLH492 à 90 Ouest. Le contrôleur a été suffisamment vigilant pour déterminer que l'heure d'arrivée à la longitude 90 Ouest était huit minutes plus tard qu'il ne la prévoyait, mais il ne s'est pas aperçu que les positions du compte rendu différaient des repères des fiches de progression de vol du NsiT. L'écart de temps s'est produit parce que le NsiT avait été incorrectement programmé au moyen des repères associés au FRN 324. La distance entre 71° 30' N 80 W et November 90, le repère correct, est supérieure à l'heure calculée par le NsiT pour la distance séparant 80 W de Hotel 90. Lorsque le contrôleur a reçu confirmation de la part de DHL492 de l'heure d'arrivée à 90 W, il a alors recherché une explication de l'écart de temps et déterminé que le FRN et les repères pour DLH492 étaient incorrects et qu'une perte d'espacement s'était produite.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Une pénurie de contrôleurs au centre de contrôle régional d'Edmonton a mené à des pratiques de confection d'horaires qui ont nui aux périodes de repos efficaces. Les trois contrôleurs en question étaient fort probablement fatigués à cause de ces pratiques.
2. La fatigue des contrôleurs a probablement été un facteur qui les a empêchés de déceler les erreurs des plans de vol ainsi que le numéro de référence de repères (FRN) et les repères incorrects.
3. Les repères et la route sur les fiches de progression de vol étaient présentés sous différents formats et sous une séquence de lecture différente. Cette situation, combinée aux différents formats des comptes rendus de position, a rendu plus difficile la détection du FRN et des repères incorrects.
4. L'attribution d'un suffixe « M » à l'indicatif d'appel de DLH492 a probablement distrait les contrôleurs lors de la tâche de configuration du plan de vol et des comptes rendus de position subséquents. Cette distraction a réduit la capacité des contrôleurs à déceler le FRN et les repères erronés.
5. Comme il n'existait aucune procédure de contre-vérification de l'exactitude des données pour l'activation du plan de vol, les contrôleurs étaient probablement plus susceptibles de s'en remettre à la vigilance normale des autres contrôleurs pour déceler les erreurs.

Faits établis quant aux risques

1. Le manque de communication contrôleur-pilote directe et continue dans l'espace aérien du Nord du Canada contrôlé sans couverture radar se traduit par des retards dans les communications.
2. Les périodes de repos minimales des contrôleurs sont régies par des conventions collectives et le *Code canadien du travail*; ces derniers permettent des périodes de repos occasionnelles d'à peine huit heures sans prévoir de temps additionnel pour les déplacements, les repas et l'hygiène personnelle. Cette situation augmente le risque de fatigue chez les contrôleurs découlant d'une période de sommeil totale réduite.

Autre fait établi

1. L'écran d'affichage de situation du système d'affichage de l'espace aérien du Nord (NsiT) ne vérifie pas la conformité des routes ni n'alerte les contrôleurs si un avion suit une route qui n'a pas été programmée dans le NSiT.

Mesures de sécurité prises

Transports Canada a publié un modificatif à la rubrique RAC 12.7.1.3 du *Manuel d'information aéronautique*, exigeant que les pilotes utilisent les coordonnées de latitude et de longitude réglementaires lorsqu'ils communiquent des comptes rendus de position si les points de compte rendu obligatoires ne sont pas nommés.

Le 27 juin 2006, le Centre de contrôle régional d'Edmonton a publié une directive à l'intention des sous-unités de l'espace aérien supérieur du Nord et l'espace aérien Shield exigeant que le contrôleur qui active le plan de vol du système d'affichage de l'espace aérien du Nord (NADS) vérifie le champ des repères par rapport à la route du plan de vol pour assurer que la configuration est exacte.

NAV CANADA a mis en œuvre les initiatives suivantes pour corriger les problèmes de dotation dans la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord :

- Le secteur Bison a été réattribué à une autre sous-unité pour permettre de réduire le nombre de secteurs dans la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord.
- Des contrôleurs ont été déployés à partir de sous-unités voisines dans la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord pour que la disponibilité du personnel augmente en périodes de pointe.
- De la formation au sein de la sous-unité est en cours.

- Un processus de listes de volontaires en cas de temps supplémentaire a été mis en œuvre qui permet aux contrôleurs de se porter volontaires pour des quarts de travail vacants. S'il n'y a pas de volontaires, les quarts de travail en temps supplémentaire sont attribués conformément à la convention collective conclue entre NAV CANADA et l'Association canadienne de contrôle du trafic aérien (ACCTA).
- Une équipe de confection des horaires a été créée dans la sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord qui examinera les horaires futurs et tiendra compte des intérêts de chaque contrôleur dans le processus de confection des horaires. Ce processus doit être conforme à la convention collective conclue entre NAV CANADA et l'ACCTA ainsi qu'aux exigences du *Code canadien du travail*, et il doit aussi tenir compte des besoins du personnel opérationnel.

Depuis l'événement, les communications directes contrôleur-pilote ont été améliorées dans les sous-unités de l'espace aérien supérieur du Nord et de l'espace aérien Shield de la façon suivante :

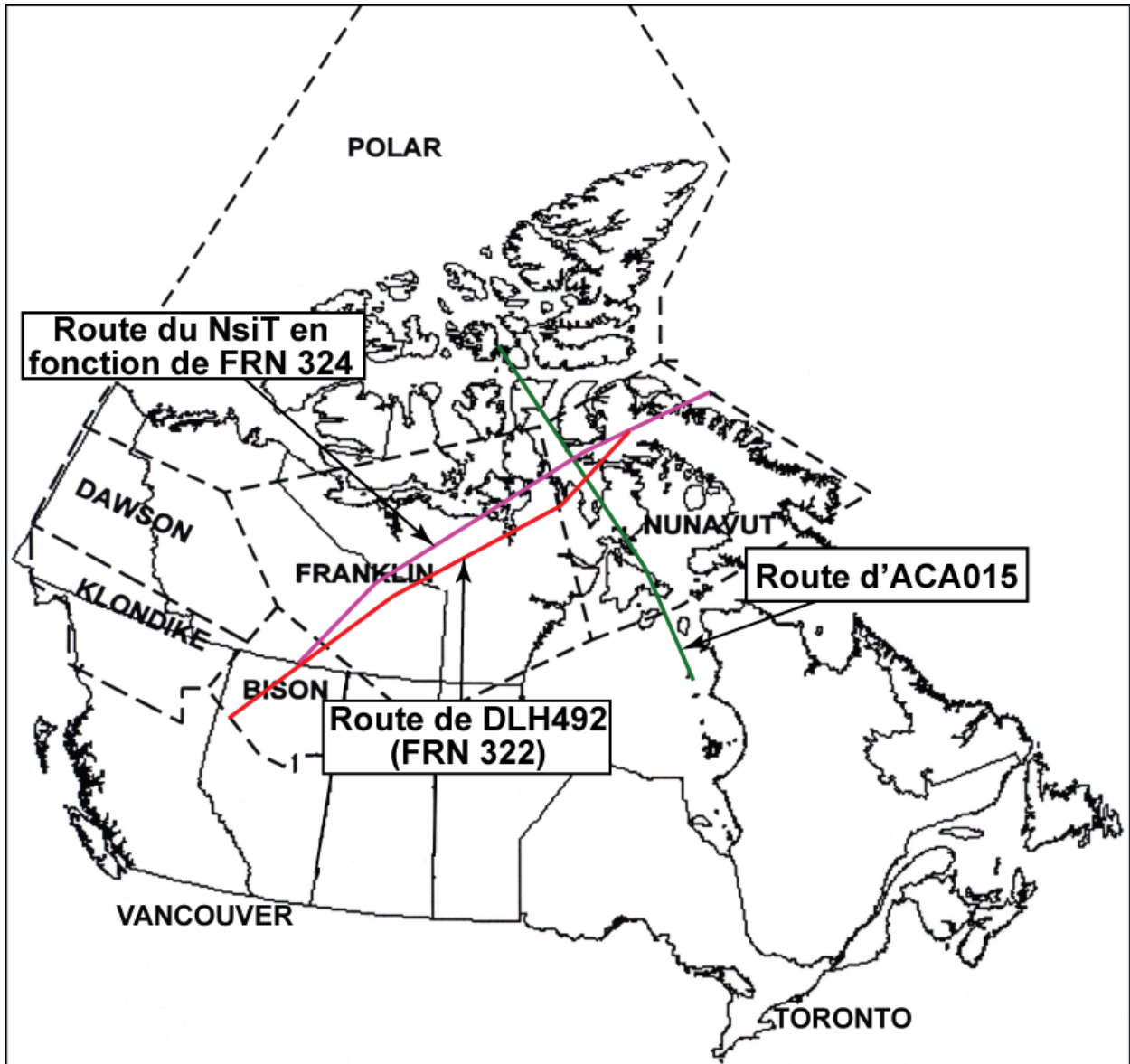
- Douze nouvelles fréquences sont en service.
- Deux fréquences ont été modifiées en fréquences à grande portée.
- Deux nouvelles fréquences entreront en service en juillet 2008 sur l'île de Baffin, laquelle se trouve dans le voisinage de l'endroit où s'est produit l'événement.

NAV CANADA est en train de revoir le système de traitement des données de vol de l'espace aérien du Nord pour gagner certains avantages.

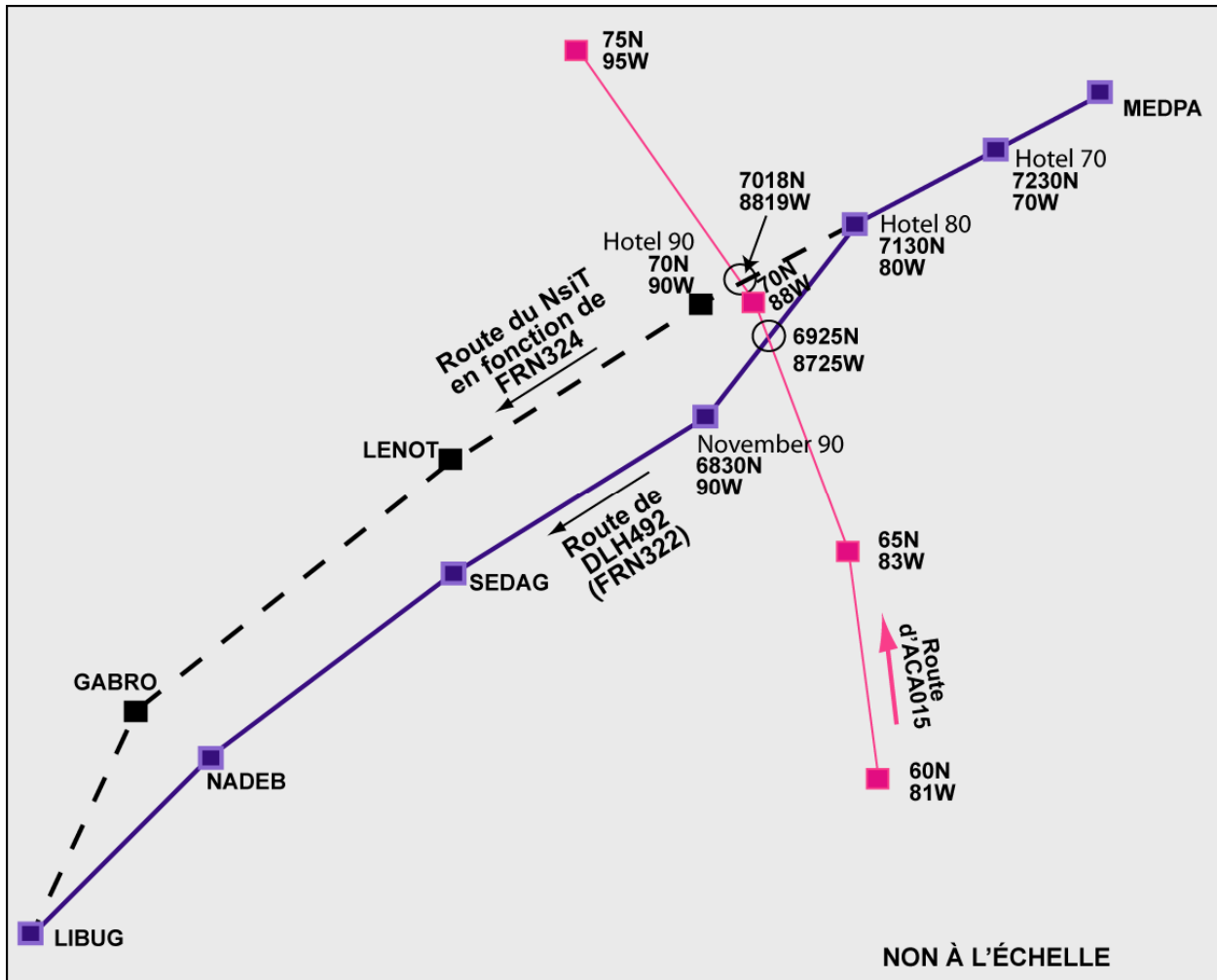
- Le formatage des fiches de progression de vol tiendrait compte des estimations des pilotes, des suffixes d'équipement et uniquement des repères requis pour un secteur donné.
- Il y aurait réduction de la charge de travail de coordination entre les sous-unités NADS actuelles et réduction du temps de formation pour les nouveaux contrôleurs en raison de la combinaison des sous-unités NADS.
- L'information serait transférée du plan de vol au système, réduisant par le fait même les erreurs de configuration de plans de vol de la part des contrôleurs.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 8 décembre 2006.

Annexe A – Limites des secteurs et routes des avions sur l'écran d'affichage de situation du système d'affichage de l'espace aérien du Nord (NSiT)

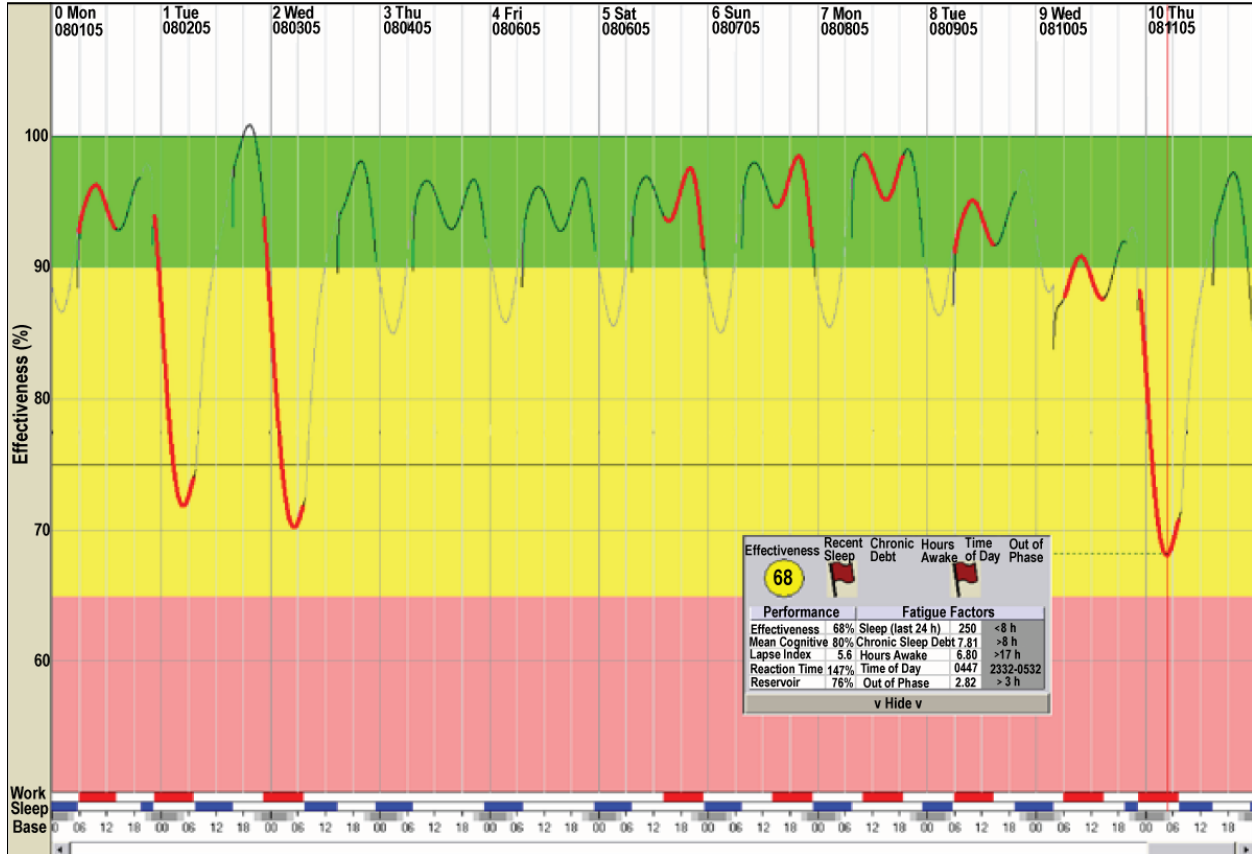


Annexe B – Avions et routes selon l'écran d'affichage de situation du système d'affichage de l'espace aérien du Nord (NsiT)



Annexe C – Graphique d'efficacité de l'outil de confection des horaires en vue d'éviter la fatigue (FAST)

Ce document n'existe pas en français.



Annexe D – Sigles et abréviations

ACC	centre de contrôle régional
ACCTA	Association canadienne de contrôle du trafic aérien
ADS	surveillance indépendante automatique
ALARA	au plus bas qu'il se puisse atteindre raisonnablement
CPDLC	communication contrôleur-pilote par liaison de données
ETA	heure d'arrivée prévue
FAST	outil de confection des horaires en vue d'éviter la fatigue
FL	niveau de vol
FN	secteur Franklin – sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord
FRN	numéro de référence de repères
h	heure
m	minute
N	nord
NADS	système d'affichage de l'espace aérien du Nord
NCA	région de contrôle du Nord
nm	mille marin
NSiT	écran d'affichage du système d'affichage de l'espace aérien du Nord
NV	secteur Nunavut – sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord
PR	secteur Polar – sous-unité de l'espace aérien supérieur du Nord
RAC	<i>Règlement de l'aviation canadien</i>
SAIC	Science Application International Corporation
VHF	très haute fréquence
W	ouest
%	pour cent
'	minute
''	seconde
°	degré