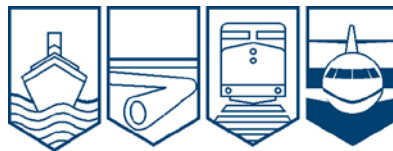


Bureau de la sécurité des transports
du Canada



Transportation Safety Board
of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE A12W0004



SORTIE EN BOUT DE PISTE

**DU BOEING 737-700, C-GDEJ
EXPLOITÉ PAR 1263343 ALBERTA INC. (S/N ENERJET)
À FORT NELSON (COLOMBIE-BRITANNIQUE)
LE 9 JANVIER 2012**

Canada

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

Rapport d'enquête aéronautique

Sortie en bout de piste

du Boeing 737-700, C-GDEJ
exploité par 1263343 Alberta Inc. (s/n Enerjet)
à Fort Nelson (Colombie-Britannique)
le 9 janvier 2012

Rapport numéro A12W0004

Résumé

Le Boeing 737-700 d'Enerjet (immatriculé C-GDEJ, numéro de série 32427) effectue le vol ENJ401 de Fort St. John à Fort Nelson (Colombie-Britannique). À 11 h 17, heure normale des Rocheuses, pendant la course à l'atterrissage sur la piste 03, le vol ENJ401 fait une sortie en bout de piste sur une distance d'environ 230 pieds. Aucun des 112 passagers ou des 6 membres de l'équipage n'est blessé, et l'appareil ne subit aucun dommage.

This report is also available in English.

Renseignements de base

Déroulement du vol

Le vol 401 d'Enerjet (ENJ401) est parti de Calgary (Alberta) le matin du 9 janvier 2012. Ce vol était effectué en vertu de la sous-partie 705 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC). Le vol était sous-affrété par l'intermédiaire de North Cariboo Flying Service Ltd. pour des employés de Worley Parsons qui se rendaient à Fort Nelson (Colombie-Britannique). Le vol ENJ401 s'est arrêté à Edmonton (Alberta) et à Fort St. John (Colombie-Britannique) pour prendre des passagers. Au total, 112 passagers et 6 membres d'équipage se trouvaient à bord du vol ENJ401 lorsque l'aéronef a décollé de Fort St. John à destination de Fort Nelson à 10 h 42¹.

Pendant le vol de croisière au niveau de vol 260², à 25 minutes environ de l'atterrissage, le commandant de bord, qui était le pilote aux commandes, a fait un exposé au copilote au sujet de l'approche. Le commandant de bord lui a indiqué qu'il allait effectuer une approche à vue sur la piste 03, en utilisant le système d'atterrissage aux instruments (ILS) comme système accessoire, en réglant les volets à 40° et le freinage automatique à 3. L'approche interrompue se déroulerait tel que publié, soit en montée à 4000 pieds au-dessus du niveau la mer (asl) (Annexe A). Le copilote a entré le réglage des volets dans l'ordinateur de gestion de vol (FMC), a vérifié la masse à l'atterrissage de 55 967 kg dans le FMC et a obtenu une vitesse de référence d'atterrissage (Vref) de 128 KIAS (vitesse indiquée exprimée en nœuds). Cette vitesse était conforme à la vitesse Vref obtenue en utilisant le calcul de masse à l'atterrissage de 55 397 kg³ effectué après l'événement et en consultant le bulletin B11-08 intitulé « B737-700 22K Performance » du manuel d'exploitation d'Enerjet.

Dix-sept minutes avant l'atterrissage, le contrôle de la circulation aérienne a autorisé le vol ENJ401 à suivre la trajectoire de rapprochement au radiophare omnidirectionnel VHF (VOR) de Fort Nelson selon un radial de 133° et à descendre à 12 000 pieds asl. Environ 9 minutes plus tard, le vol ENJ401 a demandé à effectuer une approche à vue, que l'on a autorisée, sur la piste 03 de l'aéroport de Fort Nelson. À ce moment, le commandant de bord a demandé au copilote d'entrer le repère d'approche initial (BOXEX) dans le FMC et a ensuite navigué selon ce repère. De plus, le commandant de bord a entré une altitude de l'aérodrome de 1300 pieds asl dans la fenêtre ALTITUDE du panneau de commande de mode du pilote automatique/directeur de vol (AFDS) (Photo 1).

¹ Les heures sont exprimées en heure normale des Rocheuses (temps universel coordonné moins 7 heures).

² Niveau de vol 260 : altitude exprimée en centaines de pieds en utilisant un calage altimétrique de 29,92 pouces de mercure

³ Tous les bagages dans l'espace de rangement des bagages de l'aéronef ont été pesés avec une balance étalonnée. Les bagages de cabine des passagers ont été estimés par le personnel de la GRC lorsque les passagers sont descendus de l'aéronef. Les poids normalisés en hiver publiés par Transports Canada ont été utilisés pour calculer le poids des passagers.



Photo 1. Panneau de commande de mode type

Bien que les procédures d'utilisation normalisées (SOP) d'Enerjet le permettent, il n'était pas habituel pour un commandant de bord d'entrer uniquement l'altitude au-dessus de l'aérodrome, mais plutôt l'altitude au-dessus de l'aérodrome plus 1000 pieds.

Six minutes avant le poser des roues, le vol ENJ401 était en configuration lisse (volets et train d'atterrissage rentrés) et en descente pour franchir 4900 pieds asl [3650 pieds au-dessus du sol (agl)], décélérant de 245 KIAS. Le mode latéral du pilote automatique a été réglé en mode curseur de cap (HDG SEL), et le mode vertical, en vitesse sélectionnée au panneau de commande de mode (MCP SPD). La vitesse sélectionnée était de 240 nœuds, et le système d'automanette (A/T) était en fonction. En mode MCP SPD, la vitesse de l'aéronef est réglée en tournant le bouton SPEED du panneau de commande de mode. À ce moment, la vitesse a été réglée à 240 nœuds afin de respecter la limite de vitesse indiquée de 250 nœuds sous 10 000 pieds imposée par la réglementation⁴.

Cinq minutes avant l'atterrissage, le spécialiste de l'information de vol de Fort Nelson a signalé au vol ENJ401 des vents du 240° magnétique (M) soufflant à une vitesse de 5 nœuds et a fourni les renseignements suivants concernant l'état de la surface et le coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI) de la piste 03 :

[traduction] 120 pieds sur l'axe de piste, piste nue et sèche à 60 %, plaques de glace à 30 %, givre à 10 %, largeur restante couverte à 100 % de givre. CRFI de 0,43 à -9 °C; ces 2 observations ont été prises à 10 h 30.

Peu de temps après la transmission de cette information, l'approche a été enclenchée (radiophare omnidirectionnel VHF/radiophare d'alignement de piste [VOR/LOC] et alignement de descente [GS]). Quatre minutes et demie avant l'atterrissage, le volet 1 a été sélectionné lorsque l'aéronef a décéléré pour franchir 220 KIAS avec une vitesse indiquée de 200 nœuds réglée au panneau de commande de mode, et ce, afin de respecter la limite de vitesse indiquée de 200 nœuds imposée par la réglementation lorsqu'un aéronef se trouve à moins de 3000 pieds au-dessus du sol à moins de 10 NM d'un aéroport⁵. Le vol ENJ401 a amorcé un virage qui intercepterait la trajectoire d'approche finale à environ 1 mille marin (NM) à l'extérieur du repère d'approche final, qui se trouve à 5 NM du seuil de piste. À ce moment, l'aéronef est descendu pour franchir 3100 pieds asl (1850 pieds agl). Le manuel d'exploitation d'Enerjet, qui comprend les SOP, recommande une approche finale à une distance de 8 à 10 NM.

⁴ Règlement de l'aviation canadien, 602.32 (1) a)

⁵ Règlement de l'aviation canadien, 602.32 (1) b)

[traduction] Manuel d'exploitation d'Enerjet - Critères d'approche stabilisée - Pendant l'étape d'approche finale et d'atterrissage, il est essentiel que les activités du pilote aux commandes soient étroitement surveillées. L'approche doit être stabilisée au plus tard à une altitude de 1000 pieds au-dessus de l'aérodrome. Boeing définit une approche stabilisée comme suit :

- aéronef en configuration finale d'atterrissage;
- réglage approprié de la puissance selon la configuration de l'aéronef;
- vitesse indiquée ne dépassant pas la vitesse cible + 20 nœuds et tendant vers la vitesse cible;
- aéronef sur la trajectoire de descente ou sur une trajectoire de descente présumée de 3°.

Remarque : il faut éviter un taux de descente supérieur à 1000 pi/min.

Le train d'atterrissage principal doit survoler le seuil de piste à une hauteur de trente-cinq (35) à cinquante (50) pieds environ au-dessus du sol avec un point de poser à la marque de 1000 pieds. Il faut éviter toute tendance à descendre au-dessous de la trajectoire de descente à l'approche du seuil de piste. Si l'approche n'est pas stabilisée à une altitude de 1000 pieds au-dessus de l'aérodrome ou qu'elle devient instable sous 1000 pieds, il faut procéder à une remise des gaz.

Trois minutes avant le point de poser des roues, et à environ 6 NM du seuil de la piste 03, le vol ENJ401 est descendu pour franchir 3000 pieds asl (1750 pieds agl) et suivait une trajectoire d'approche finale avec un cap d'interception de 015 °M à une vitesse de 174 KIAS. Les volets ont été réglés à 5° et le train d'atterrissage a été sorti, suivi peu de temps après d'un réglage à 15° des volets. La vitesse dans la fenêtre de vitesse du panneau de commande de mode a été réglée à 157 KIAS. Sur l'écran principal de vol (PFD) du commandant de bord, l'aiguille d'alignement de piste se déplaçait en partant de la gauche, et il y a eu déviation complète de l'aiguille d'alignement de descente vers la limite supérieure. L'AFDS avait saisi le radiophare d'alignement de piste.

Le vol ENJ401 a effectué un virage en finale à environ 5 NM du seuil de piste à 2200 pieds asl (950 pieds agl), et le commandant de bord a demandé qu'on effectue la liste de vérifications avant l'atterrissage. Les volets étaient réglés à 15° et le train d'atterrissage était sorti. Le pilote automatique était en fonction, l'AFDS avait saisi le radiophare d'alignement de piste, et l'alignement de descente était activé. Le commandant de bord avait sélectionné la vitesse verticale (V/S) au panneau de commande de mode et avait entré un taux de descente de -500 pieds par minute. L'aiguille d'alignement de descente pointait toujours vers la limite supérieure. À ce moment, le système d'avertissement de proximité du sol amélioré (EGPWS) a émis à 2 reprises une alerte sonore d'alignement de descente. Le commandant de bord a avisé le copilote qu'il procédait à une correction et lui a demandé si cette alerte lui posait problème. Le copilote a confirmé qu'il était d'accord pour poursuivre⁶. Le vecteur vent affiché sur le PFD du

⁶ À la page 16 de la section 5 du manuel d'exploitation d'Enerjet, on indique que si une alerte de déviation de l'alignement de descente est émise lorsque le vol est effectué pendant le jour dans des conditions météorologiques de vol à vue, et qu'une vérification visuelle confirme qu'il n'y a

commandant de bord indiquait une direction du vent de 245° vrai (V)⁷ soufflant à une vitesse de 14 nœuds. À environ 1 minute et 50 secondes de l'atterrissage, le commandant de bord a désactivé le pilote automatique et a entré 1900 pieds dans la fenêtre ALTITUDE du panneau de commande de mode. L'annonceur de mode de vol (FMA) du PFD du commandant de bord indiquait que le système d'automanette (A/T) était en mode MCP SPD, que le mode latéral était réglé au VOR/LOC, que le mode vertical était maintenant en prise d'altitude (ALT ACQ) et que l'alignement de descente (GS) était activé. Le commandant de bord a demandé un réglage des volets de 30°, et une vitesse de Vref +5 (133 KIAS) a été sélectionnée au panneau de commande de mode. Le copilote effectuait toujours la liste de vérifications avant l'atterrissage et avait terminé de vérifier 2 des 5 éléments. Le copilote est intervenu au nom du commandant de bord pour l'appel de déploiement des freins aérodynamiques dans la liste de vérifications avant l'atterrissage. Le commandant de bord a ensuite demandé un réglage des volets de 40°. La liste de vérifications avant l'atterrissage a été effectuée au complet 70 secondes plus tard.

Le vol ENJ401 a intercepté l'alignement de descente 40 secondes avant le point de poser à 420 pieds agl. À ce moment, les directeurs de vol ont été désactivés, puis réactivés. Lorsque les directeurs de vol sont désactivés, les barres directrices de tangage et de roulis disparaissent de l'écran principal de vol, et les modes sélectionnés pour l'AFDS sont désélectionnés. Dans le cas à l'étude, les données d'alignement de descente et de VOR/LOC n'étaient plus saisies. Lorsque les directeurs de vol sont réactivés, les barres directrices de tangage réapparaissent, et une altitude par défaut est sélectionnée, dans ce cas le mode de prise d'altitude (ALT ACQ) et 1900 pieds, et la barre directrice de roulis indiquait le cap actuel. L'AFDS est demeuré en mode ALT ACQ sans mode latéral, et le système d'automanette (A/T) était en mode MCP SPD. Un vent arrière de 10 nœuds qui faiblissait soufflait sur l'aéronef. Au cours de la descente, une indication d'alignement de descente trop haut s'est affichée. Le commandant de bord a réagi en faisant piquer du nez l'aéronef, et la vitesse de l'aéronef a augmenté à 142 KIAS. La vitesse de descente verticale a augmenté à 975 pieds par minute (Annexe B).

Le décompte sonore de l'altitude radar de l'EGPWS a indiqué « ...50, 40, 30, 20, 10 », mais le commandant de bord n'a pas désactivé le système d'automanette (A/T) à 50 pieds agl, conformément aux SOP. L'aéronef s'est posé au sol à 134 KIAS, à 1800 pieds du seuil de la piste, avec 4602 pieds de piste qui demeuraient. Lorsque le commandant de bord a déplacé sa main pour actionner les inverseurs de poussée, le système d'automanette (A/T) a poussé vers l'avant les manettes de poussée afin de maintenir la vitesse sélectionnée de 133 nœuds. Cette action a empêché le déploiement des freins aérodynamiques. Le commandant de bord a remis sa main sur les manettes de poussée et les a ramenés en position de ralenti de vol, pendant qu'il désactivait le système d'automanette (A/T). Au cours de la course à l'atterrissage initiale, le copilote a omis d'annoncer qu'il n'y avait pas de freins aérodynamiques et d'inversion de poussée, et que le système de freinage automatique était désactivé, ce qui est contraire aux SOP d'Enerjet.

pas d'obstacles ni de relief, l'alerte peut être considérée comme un avertissement, et l'approche peut se poursuivre.

⁷ La déclinaison magnétique à l'aéroport de Fort Nelson était de 24° à l'est.

La décélération a été amorcée 5 secondes après l'atterrissage, avec environ 2500 pieds de piste qui demeuraient. À ce moment, le freinage manuel était appliqué au maximum, et les inverseurs de poussée et les freins aérodynamiques étaient déployés. La force de décélération longitudinale a atteint en moyenne -0,35 g, ce qui est dans les normes sur une piste nue et sèche (Annexe C). L'aéronef a fait une sortie en bout de piste à une vitesse de 10 à 15 nœuds environ et s'est arrêté complètement à 230 pieds de la fin de la piste et à 20 pieds environ à la gauche (au nord) du prolongement de l'axe de la piste. Le train d'atterrissage principal était sur le sol gelé et le train avant se trouvait dans environ 18 pouces de neige.

Les moteurs de l'aéronef ont continué de tourner pendant environ 70 secondes pendant que l'équipage de conduite vérifiait s'il y avait des dommages ou des blessés. Les moteurs ont été coupés, et la liste de vérifications d'arrêt des moteurs a été effectuée.

Initialement, les services de lutte contre les incendies de Fort Nelson, se trouvant à 9 kilomètres de l'aéroport, sont arrivés sur les lieux avec un camion-citerne pourvu de 1500 gallons d'eau, un véhicule de secours et une camionnette. Ils ont ensuite quitté les lieux lorsque l'équipage de conduite a constaté que des services d'urgence n'étaient pas nécessaires et qu'il n'y avait aucune indication de feu ou de dommages, ni signalement de blessures aux passagers ou aux membres de l'équipage.

Services de sauvetage et de lutte contre les incendies et aéroport de Fort Nelson

L'aéroport de Fort Nelson est certifié par Transports Canada et est exploité par Northern Rockies Regional District. Il est doté de 2 pistes, la principale étant la piste 03/21. La piste 03/21 est désignée comme une piste de code 4⁸, conformément au document *Aérodromes - normes et pratiques recommandées* (TP 312) de Transports Canada. Elle est d'une longueur de 6402 pieds et

Système d'automanette (A/T) du Boeing 737-700

Le système d'automanette (A/T) assure la commande automatique de poussée au début du décollage, au cours de la montée, pendant le vol de croisière, à la descente, à l'approche et à la remise des gaz ou à l'atterrissage. En mode de fonctionnement normal, le FMC fournit au système d'automanette (A/T) les valeurs limites du moteur N1. Le système d'automanette (A/T) actionne les manettes de poussée au moyen d'un servomoteur sur chaque manette. À la suite d'un positionnement manuel des manettes de poussée, le système d'automanette (A/T) peut repositionner les manettes selon les exigences de poussée calculées, sauf en modes THR HLD et ARM.

Au moment du poser des roues, le système d'automanette (A/T) était en mode MCP SPD, et l'AFDS était réglé à ALT ACQ. Cette configuration ne permet pas au système d'automanette (A/T) de passer en mode ralenti durant l'arrondi, car elle est utilisée en situation de remise des gaz. Le système d'automanette (A/T) ne positionnera les manettes de poussée au régime de ralenti en mode de pilote automatique unique que si l'AFDS est en mode d'approche et que l'aéronef descend pour franchir une altitude radar de 27 pieds.

⁸ Les pistes de code 4 sont des pistes dont la longueur est supérieure à 1800 mètres (5905 pieds).

d'une largeur de 200 pieds, et ne présente aucune pente. La piste se trouve à une élévation de 1253 pieds asl. L'aéroport est pourvu de plusieurs approches aux instruments, dont un système d'atterrissage aux instruments (ILS) pour la piste 03.

Bien qu'aucune aire de sécurité d'extrémité de piste n'ait été conçue comme telle pour la piste 03 comme il est recommandé dans la section 3.1.7 de TP 312, le terrain sur une distance de 150 mètres au-delà de la piste est exempt d'obstacles et est nivelé afin de permettre à des véhicules de secours d'y rouler efficacement autour d'un aéronef.

L'aéroport ne dispose pas de services de sauvetage et de lutte contre les incendies d'aéronef et n'est pas tenu d'en disposer selon la réglementation. La sous-partie 303 du RAC stipule qu'un aéroport doit accueillir au moins 180 000 passagers par année pour être tenu de disposer de services de sauvetage et de lutte contre les incendies d'aéronef. Au cours de 2011, l'aéroport de Fort Nelson a accueilli 34 206 passagers, et le nombre total de mouvements d'aéronefs s'élevait à 22 050.

Les services d'urgence pour l'aéroport sont assurés par le service d'incendie et sauvetage de Fort Nelson, situé dans la ville de Fort Nelson. Le délai d'intervention, de la ville à l'aéroport, est estimé à 7 minutes. Des ressources d'urgence supplémentaires fournies par l'industrie pétrolière et gazière à Fort Nelson et à proximité peuvent être mises à contribution.

Équipage de conduite

Les dossiers indiquent que l'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

Le commandant de bord avait accumulé environ 7500 heures de vol au total, dont 2000 heures sur ce type d'aéronef et 50 heures à titre de commandant de bord. Le vol en question était le premier de ce commandant de bord en tant que commandant assisté d'un copilote de ligne. Les rapports sur la formation préparatoire au vol de ligne et sur l'évaluation en vol indiquent que sa promotion récente comme commandant de bord s'était bien déroulée et que ses pairs et la direction le considéraient comme un pilote consciencieux et compétent. Le commandant de bord n'avait pas été en service depuis 14 jours avant cet événement.

La résidence du commandant de bord n'était pas un endroit indiqué pour bien dormir, car la chambre à coucher, qui se trouvait au-dessus de la chaufferie de l'immeuble résidentiel, était bruyante et chaude. Le commandant de bord avait dormi très peu ou pas du tout au cours des 24 heures précédant le vol et avait envisagé d'appeler pour signaler qu'il ne rentrerait pas pour cause de maladie, mais craignait que cela ne soit mal perçu en raison du congé qu'il venait de prendre. Rien ne laissait penser, dans la culture d'entreprise d'Enerjet, que des mesures disciplinaires étaient prises à l'égard de membres d'équipage qui s'absentaient pour cause de fatigue.

Le copilote avait accumulé environ 5600 heures de vol au total, dont environ 700 heures en tant que commandant en second sur ce type d'aéronef. Le copilote n'avait pas été en service depuis 38 jours avant l'événement. Il avait dormi 6,5 heures avant de se présenter au travail à 6 h.

Le manuel des politiques d'Enerjet à l'égard des employés stipule qu'il incombe à tous les employés d'être assidus et ponctuels et qu'ils doivent se présenter au travail dans un état leur permettant de s'acquitter de leurs tâches. Ces politiques sont conformes à l'article 602.02 du RAC - *État des membres d'équipage de conduite*. Ces politiques reconnaissent également que la maladie peut faire en sorte que les employés doivent s'absenter du travail pour une courte période afin de reprendre des forces. Ces politiques ne traitent pas spécifiquement de questions liées à la fatigue.

Fatigue

La fatigue est souvent attribuable à des conflits entre l'horaire de travail et les pressions sociales et familiales, qui réduisent les heures et la qualité du sommeil.

Si le temps de sommeil total d'une personne est inférieur à ses besoins, cette personne peut ressentir de la fatigue⁹. Le sommeil doit être continu et sans période d'éveil pour rendre la récupération possible et réduire la probabilité de fatigue¹⁰.

Les éléments suivants constituent des effets courants de la fatigue¹¹ :

- (1) L'un des effets courants rapportés relativement au rendement est la perte de la capacité du travailleur à percevoir les nouveaux aspects d'une tâche et de s'y ajuster. Le travailleur semble incapable de passer rapidement et efficacement d'une sous-tâche à une autre.
- (2) La réduction du rendement est attribuable à une baisse de motivation. Le travailleur se satisfait d'un rendement moins adéquat qu'à l'habitude. Les petites erreurs ne sont pas corrigées, même s'il est conscient d'en commettre.
- (3) Il y a un lien étroit entre la réduction du rendement et le niveau de frustration subjective associée à une tâche.

Le rendement mental est affecté lorsque le cycle sommeil-veille est modifié. Des liens clairs peuvent alors être établis avec des erreurs et des accidents importants¹². La fatigue et la perte de

⁹ A. Anch, C. Browman, M. Mitler et J. Walsh. *Sleep: A scientific perspective*, New Jersey : Prentice-Hall, 1988. [2] P. Tucker, L. Smith, I. MacDonald et S. Folkard, « Shift length as a determinant of retrospective on-shift alertness », *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 24, Suppl. 3, 49-54, 1998.

¹⁰ M. Bonnet, « Effects of sleep disruption on sleep, performance and mood », *Sleep*, 8, 11-19, 1985. [2] M. Bonnet, « Performance and sleepiness as a function of frequency and placement of sleep disruption », *Psychophysiology*, 23, 263-271, 1986.

¹¹ B. Hartman, W. Storm, J. Vanderveen, E. Vanderveen, H. Hale et R. Bollinger, « Operational aspects of variations in alertness », dans OTAN, Advisory Group for Aerospace Research and Development, AGARD – AG-189, 1974.

¹² T. Åkerstedt, « Altered sleep-wake patterns and mental performance », *Physiology and Behavior*, 90, 209-218, 2007.

sommeil ont contribué notamment à provoquer des erreurs opérationnelles importantes : écarts d'altitude, écarts de trajectoire, atterrissages sans autorisation, atterrissages sur la mauvaise piste, estimations incorrectes de la quantité de carburant, etc.¹³ Les personnes concernées sont mal placées pour juger leur propre niveau de fatigue et les effets de celle-ci sur leur rendement¹⁴.

Système de gestion des risques liés à la fatigue

Au moment de l'événement, Enerjet ne disposait pas d'un système de gestion des risques liés à la fatigue et n'était pas tenue par la réglementation d'en disposer. Le système de gestion de la sécurité d'Enerjet ne traitait pas du risque lié à la fatigue de l'équipage de conduite. Une demande a donc été déposée auprès de Transports Canada visant à obtenir l'autorisation de procéder à des repos aux commandes au poste de pilotage, conformément à la spécification d'exploitation n° 95, demande qui a été approuvée. L'article 720.23 - Repos aux commandes au poste de pilotage, des *Normes de service aérien commercial (NSAC)*, exige que tous les membres d'équipage de conduite qui participent au programme aient reçu une formation sur le programme ainsi qu'une formation sur les principes généraux de fatigue et de mesures de prévention de la fatigue. Les sections 2.58 et 2.59 du manuel d'exploitation d'Enerjet contiennent de l'information et des SOP relativement au repos aux commandes au poste de pilotage. C'est le seul endroit dans ce manuel où l'on trouve des directives sur l'évaluation de la fatigue de l'équipage de conduite. En outre, la section 2.59 (F) comporte une liste de vérifications du degré de vigilance, outil que les membres de l'équipage peuvent utiliser pour évaluer la probabilité d'éprouver de la fatigue au travail (Annexe D).

Le commandant de bord connaissait cette liste de vérifications, mais ne l'a pas utilisée avant de se présenter au travail le jour de l'événement. La dernière formation sur la fatigue et les mesures de prévention de celle-ci offerte par Enerjet remonte à octobre 2009, soit avant l'embauche du commandant de bord.

Les compagnies aériennes peuvent maintenant établir les horaires de travail en utilisant des outils de prévision de plus en plus accessibles afin d'intégrer des données scientifiques sur la fatigue humaine dans leurs prises de décision, et ce, pour mieux relever et gérer les risques liés à la fatigue. La Civil Aviation Safety Authority en Australie a rédigé un rapport¹⁵ sur l'efficacité de ces outils. Voici une partie de son résumé à cet effet :

[traduction] Les modèles de fatigue biomathématiques ont leurs limites qui doivent être bien évaluées. Les décisions opérationnelles de gestion des risques liés à la fatigue ne peuvent pas être prises uniquement en fonction de prévisions fondées sur des modèles de

¹³ D. Dinges et R. Graeber, « Crew fatigue and monitoring », *Flight Safety Foundation: Flight Safety Digest*, octobre, 65-75, 1989.

¹⁴ L. Johnson, C. Freeman, C. Spinweber et S. Gomez, « The relationship between subjective and objective measures of sleepiness », rapport no 88-50, Naval Health Research Center, San Diego, CA, 1988.

¹⁵ Civil Aviation Safety Authority, *Biomathematical Fatigue Modelling in Civil Aviation Fatigue Risk Management – Application Guide*, 2010.

fatigue. Parmi les limites des modèles de fatigue utilisés actuellement on compte la prévision des probabilités de risque pour une population moyenne plutôt que du niveau de fatigue ponctuelle d'une personne donnée, une description incomplète de tous les facteurs physiologiques de la fatigue, des données qualitatives interprétées faussement comme des données quantitatives et la validation limitée des données par rapport à des données spécifiques à l'aviation. Une approche prudente doit être adoptée et un système de gestion des risques liés à la fatigue doit être conçu comme un système multivolets complet dans lequel les modèles biomathématiques, le cas échéant, sont des éléments de soutien.

Ce rapport fait également état des tendances futures concernant la rétroaction individuelle, où les données recueillies permettraient d'établir des prévisions personnalisées sur la fatigue. Ces outils sont disponibles actuellement et peuvent permettre d'améliorer les prévisions sur la fatigue d'une personne. Ce ne sont toutefois que des estimations de la probabilité de la fatigue, et non des mesures absolues des risques de fatigue.

Approches stabilisées

Le groupe de travail sur la réduction des accidents en approche et à l'atterrissage (ALAR) de la Flight Safety Foundation¹⁶ a constaté que les approches non stabilisées (c.-à-d. les approches lentes à faible altitude et les approches rapides à haute altitude) étaient un facteur de causalité dans 66 % des 76 accidents et incidents importants en approche et à l'atterrissage, survenus à l'échelle globale de 1984 à 1997. Le groupe de travail a relevé plusieurs facteurs qui contribuent à des approches non stabilisées :

- l'équipage de conduite éprouve de la fatigue;
- l'équipage de conduite ne détecte pas les déviations ou n'adhère pas aux limites de déviation excessive par rapport aux paramètres;
- l'équipage de conduite a la conviction que l'aéronef sera stabilisé à la hauteur minimale de stabilisation, ou peu après celle-ci;
- le pilote qui n'est pas aux commandes est fortement convaincu que le pilote aux commandes réussira à stabiliser l'aéronef à temps;
- les membres de l'équipage tiennent trop pour acquis qu'un des autres membres se chargera d'annoncer des écarts excessifs ou d'annoncer une remise des gaz.

Renseignements météorologiques

Le bulletin météorologique horaire pour l'aéroport de Fort Nelson fourni 17 minutes avant l'événement indiquait des vents calmes, une visibilité de 30 milles terrestres, quelques nuages à 6000 pieds agl, des nuages épars à 14 000 pieds agl et des nuages fragmentés à 21 000 pieds agl. La température était de -10 °C, et le point de rosée, à -14 °C. Le calage altimétrique était de 29,42 pouces de mercure.

¹⁶ Flight Safety Foundation ALAR toolkit Briefing Note 7.1. Stabilized Approach, Flight Safety Foundation: *Flight Safety Digest*, août-novembre, 133-138, 2000.

Les prévisions des vents en altitude au moment de l'événement faisaient état de vents de 25 nœuds à 3000 pieds asl de 290 °V, et de vents de 27 nœuds à 6000 pieds asl de 280 °V, avec une température de -7 °C.

État de la surface de la piste

Le commandant de bord a obtenu un plan de vol exploitation, un bulletin météorologique et un avis aux aviateurs (NOTAM) transmis à 4 h 11 par une tierce entreprise de planification de vols. Ces documents contenaient un compte rendu de l'état de la surface de la piste de Fort Nelson produit le 8 janvier 2012 à 15 h 35. Ce rapport indiquait ce qui suit : 120 pieds sur l'axe de piste, givre à 70 %, plaques de glace à 30 % et largeur restante couverte à 100 % de neige sèche d'une épaisseur de 1/4 pouce. Le coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI) était de 0,46 à -6 °C; ces 2 observations ont été prises à 15 h 35.

Avant d'entreprendre le vol, le commandant de bord a informé le copilote de ces conditions et que la piste était assez longue pour la masse maximale à l'atterrissage avec un CRFI de 0,46. L'équipage de conduite n'a pas obtenu, à quelque moment que ce soit, de mise à jour sur l'état de la surface de la piste ou sur le CRFI avant l'approche vers Fort Nelson.

Le 9 janvier 2012, l'aéroport de Fort Nelson a produit les rapports de CRFI suivants :

Heure	Coefficient canadien de frottement sur piste
7 h 56	0,21 (la piste a été balayée pour y enlever le givre)
8 h 41	0,42
9 h 13	0,42 (compte rendu de l'état de la surface de la piste transmis verbalement au spécialiste de l'information de vol)
10 h 30	0,43 (compte rendu de l'état de la surface de la piste transmis verbalement au spécialiste de l'information de vol)
11 h 30	0,45 (pris 10 minutes après que le vol ENJ401 est sorti de la piste; la lecture la plus basse parmi les 12 lectures était de 0,33)

La méthode pour obtenir les comptes rendus de l'état de la surface de la piste et les rapports de CRFI était conforme aux normes et aux pratiques en vigueur. La dernière inspection annuelle du décéléromètre utilisé pour faire les lectures de CRFI à l'aéroport de Fort Nelson remontait au 22 mai 2011. L'examen, par le Laboratoire du BST, de la décélération longitudinale à la course à l'atterrissage consignée dans l'enregistreur de données de vol a confirmé un freinage adéquat. L'enquête a révélé que les forces de décélération correspondaient à celles d'une piste nue et sèche.

Performance à l'atterrissage

La page 24 du bulletin B11-08, intitulé « B737-700 22K Performance », du manuel d'exploitation d'Enerjet comporte un tableau de CRFI et de valeurs correspondantes pour évaluer le freinage par rapport au CRFI. Lorsque le CRFI se situe entre 0,27 et 0,49, le niveau de freinage

correspondant se situerait dans la moyenne. Le CRFI était de 0,45 lorsqu'il a été mesuré 10 minutes après l'événement.

Avant le départ de Calgary, le commandant de bord a calculé une distance d'atterrissage réelle fondée sur un freinage moyen et sur une masse à l'atterrissage de 60 000 kg, avec les volets réglés à 40° et le freinage automatique à 3, sans vent. Cette distance était de 5463 pieds (1665 m) (Annexe E – Tableau des distances d'atterrissage (Performance du B737-700 22K)). Cette distance est calculée en fonction d'un survol du seuil de piste à une hauteur de 50 pieds et d'un atterrissage à moins de 1000 pieds (305 m)¹⁷ du seuil. La distance d'atterrissage¹⁸ du plan de vol exploitation pour la configuration susmentionnée était de 5744 pieds pour une piste mouillée.

Compte tenu des conditions météorologiques et de la configuration de l'aéronef au moment de l'événement, la distance d'atterrissage réelle requise était de 6368 pieds (1941 m)¹⁹ selon le tableau des distances d'atterrissage de Boeing. L'écart entre la distance d'atterrissage calculée avant le départ et la distance d'atterrissage réelle requise est attribuable à la vitesse d'atterrissage plus élevée, sans inversion de poussée. L'aéronef s'est posé à 1800 pieds du seuil de piste, plutôt qu'à 1000 pieds comme il est indiqué dans le tableau. Dans de telles conditions, l'aéronef aurait nécessité 7168 pieds depuis le seuil de piste pour s'arrêter. L'aéronef s'est arrêté à 6632 pieds du seuil de piste.

Une autre méthode pour déterminer la distance d'atterrissage est d'utiliser la distance établie pour une piste sèche du manuel de Boeing, qui indique les distances réelles, puis le Tableau 1, « Coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI), Distances d'atterrissage recommandées (sans effet de disque/inversion de poussée) », du *Supplément de vol - Canada*. Le calcul donne une distance d'atterrissage sur piste sèche de 3035 pieds ce qui, avec un CRFI de 0,45, donnerait une distance de 5650 pieds. En ajoutant les 800 pieds de piste pour l'arrondi, la distance requise serait de 6450 pieds.

Sorties en bout de piste – Étude de Boeing

Pour assurer une approche stabilisée et pour respecter les distances d'atterrissage indiquées dans les tableaux de performance, le manuel de formation des équipages de conduite de Boeing

¹⁷ Le tableau des distances d'atterrissage de Boeing a été mis au point pour les pilotes comme complément d'information aux distances d'atterrissage indiquées sur les plans de vol exploitation, à consulter pendant le vol. Les pilotes doivent ajouter au besoin la distance supplémentaire qui peut être survolée du seuil de piste jusqu'au point de poser. L'utilisation de 1000 pieds visait à faciliter le calcul.

¹⁸ L'article 705.60 – *Limites de régulation - Atterrissage à un aéroport de destination et à un aéroport de dégivrage* du RAC exige (en se fondant sur la pression et la masse) que la distance d'atterrissage réelle soit sur au plus 60 % de la distance d'atterrissage utilisable. La distance d'atterrissage utilisable pour une piste mouillée est 15 % plus élevée que pour une piste sèche.

¹⁹ Poids de 55 400 kg, température ISA de -23 °C, altitude barométrique de 1730 pieds, freinage moyen (CRFI de 0,45), point de poser à VREF40 + 10 nœuds, inclinaison de 0°, vent calme, volets à 40°, freinage – max. manuel, inverseur de poussée – rien d'attribuable en raison de l'utilisation tardive de l'inversion de poussée.

recommande une $V_{ref} + 5$ dans des conditions sans rafale de vent et un atterrissage à une distance de 1000 à 2000 pieds du seuil de piste.

Boeing a procédé à l'étude de 29 sorties en bout de piste mineures survenues entre 2003 et le milieu de l'année 2011 afin de cerner les facteurs contributifs (Boeing désigne une sortie en bout de piste mineure comme une sortie qui ne provoque aucune blessure ni dommage)²⁰. Cette étude a permis de relever 4 variables :

- Approche et arrondi
- Vitesse
- Dispositifs d'arrêt
- État et longueur de la piste

L'étude conclut que si l'une de ces variables avait été modifiée ou supprimée, la sortie en bout de piste n'aurait pas eu lieu.

Huit des 29 événements étudiés étaient des approches instables. L'étude conclut que la discipline de l'équipage de conduite quant au recours à une remise des gaz est essentielle lorsqu'il a été établi que l'approche est instable. Changer la mentalité des équipages de conduite, convaincus qu'ils doivent atterrir et qu'ils peuvent atterrir, représente un défi de taille.

De plus, l'étude a révélé que l'utilisation retardée de l'inversion de poussée et des freins aérodynamiques contribuait à l'accroissement des distances d'atterrissage. Dans 10 des 29 cas étudiés, l'inversion de poussée avait été retardée ou les freins aérodynamiques n'avaient pas été actionnés.

Boeing recommande d'utiliser l'inversion de poussée comme suit :

[traduction] Après le poser des roues, avec les manettes de poussée en position de ralenti, levez rapidement vers l'arrière les manettes d'inversion de poussée pour les mettre en position d'interverrouillage, puis placez-les en position d'inversion de poussée. Maintenez, au besoin, l'inversion de poussée jusqu'au maximum jusqu'à ce que la vitesse indiquée s'approche de 60 nœuds. À ce moment, commencez à réduire l'inversion de poussée de manière que les manettes d'inversion de poussée s'abaissent suivant le taux de décélération de l'avion. Les manettes de poussée doivent être en position de ralenti poussée inverse à l'atteinte de la vitesse de roulage, puis en position rentrée après que les moteurs ont décéléré à un régime de ralenti.

L'utilisation tardive de l'inversion de poussée cause le régime des moteurs de descendre au régime de ralenti sol. Lorsque les moteurs sont au régime de ralenti sol, il faut beaucoup plus de temps pour atteindre une inversion de poussée efficace. Il peut s'agir de 8 à 12 secondes de plus.

Boeing a constaté ce qui suit à propos des freins aérodynamiques :

²⁰ Paul Giesman et le capitaine Sam Goodwil, « Understanding Runway Overruns », Présentation PowerPoint de Boeing Flight Services présentée au 24e Annual European Aviation Safety Seminar (EASS), 29 février - 1 mars 2012, Dublin, Irlande.

[traduction] Le manque de freinage aérodynamique est plus marqué à haute vitesse [...] la décélération à 120 nœuds sans inversion de poussée et sans déploiement des freins aérodynamiques²¹ réduit la décélération de 60 à 70 % avec les résultats qu'on attendrait sur la distance de piste requise.

Pour résumer, Boeing insiste sur ce qui suit :

[traduction] Depuis des années, la formation des équipages de conduite sur la performance des aéronefs a été réduite en raison de manque de temps et des coûts. Souvent, la formation sur la performance est axée essentiellement sur l'atteinte de chiffres, sans préciser nécessairement ce que signifient ces chiffres et comment l'avion doit être piloté pour l'atteinte de la performance indiquée. Finalement, il n'y a pas de problème à remettre les gaz!

Liste de surveillance du BST – Sorties de piste

En mars 2010 et encore en juin 2012, le BST a publié sa Liste de surveillance qui abordait notamment les accidents d'atterrissage et les sorties de piste. Le BST a fait enquête sur de nombreux accidents et incidents à l'atterrissage et a cerné des lacunes, établi des faits et publié des communications de sécurité au sujet, par exemple, d'exigences relatives aux comptes rendus de l'état de la surface des pistes, et formulé des recommandations sur les aires de sécurité d'extrémité de piste.

Au cours des 10 dernières années, le BST a publié 1 recommandation et 4 communications de sécurité à ce sujet; toutefois, d'autres mesures s'imposent pour s'assurer que les atterrissages sont effectués en toute sécurité²². Cet événement rappelle le besoin pour les aéroports de disposer d'aires de sécurité d'extrémité de piste adéquates ou d'autres systèmes et structures techniques afin que les avions qui sortent en bout de piste puissent s'arrêter de façon sécuritaire.

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

LP009/2012 *Flight Data Recorder Analysis and Animation* (analyse de l'enregistreur de données de vol et animation)

²¹ Lorsque les freins aérodynamiques sont actionnés au sol, les déporteurs-sol et les déporteurs-vol se déploient sur les surfaces supérieures des ailes afin de réduire rapidement la portance. Ainsi, le poids total de l'aéronef est transféré des ailes au train d'atterrissage afin d'obtenir un freinage maximal.

²² Recommandation A07-06 (rapport d'enquête aéronautique A05H0002), avis de sécurité aérienne A020014 et A020016 (rapport d'enquête aéronautique A02A0038), lettres d'information sur la sécurité A060029 (rapport d'enquête aéronautique A06P0036) et A07A0029 (rapport d'enquête aéronautique A07A0029).

Analyse

Les dossiers indiquent que l'aéronef était certifié, équipé et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées, et que l'équipage de conduite possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur.

L'analyse portera sur les variables que l'on trouve couramment dans la plupart des sorties en bout de piste, soit la stabilité de l'approche, les dispositifs d'arrêt, l'état de la surface de la piste et la longueur de la piste. De plus, l'analyse traitera de la fatigue comme facteur contributif.

Stabilité de l'approche et sortie en bout de piste

D'après la définition d'approche stabilisée que donne Enerjet, le vol ENJ401 n'était pas stabilisé au cours de l'approche finale, car l'alignement de descente n'était pas de 3°. L'équipage de conduite a reconnu cette situation après que le système d'avertissement de proximité du sol amélioré (EGPWS) a émis à 2 reprises une alerte sonore d'alignement de descente. L'équipage a décidé de poursuivre, car la vitesse de l'aéronef était stable, la trajectoire verticale se rapprochait de l'alignement de descente et les volets se positionnaient en configuration d'atterrissage. L'équipage de conduite a jugé que l'approche était récupérable.

En courte finale et au cours de l'arrondi, l'aéronef volait à 140 KIAS, soit à une vitesse $V_{ref} + 12$. La vitesse accrue au-dessus du seuil de piste a prolongé l'arrondi, et l'aéronef s'est posé à une distance de 800 pieds au-delà de la distance de 1000 pieds²³ recommandée comme point de poser dans le tableau des distances d'atterrissage de Boeing.

Avec le système d'automanette (A/T) en fonction et en mode MCP SPD, la poussée a augmenté peu de temps après le point de poser afin de maintenir la vitesse sélectionnée de 133 nœuds. Comme les manettes de poussée étaient placées en avant de la position de ralenti, les freins aérodynamiques n'ont pas été déployés; ainsi, puisque le train d'atterrissage ne portait pas le poids complet de l'aéronef, la traînée a été réduite et l'effet de freinage exercé par les freins de roues était limité. En outre, le délai à mettre les manettes de poussée en position de ralenti a contribué au déploiement tardif des inverseurs de poussée. Comme 2 des 3 dispositifs d'arrêt n'étaient pas utilisés de façon optimale, une plus grande distance de piste a été parcourue avant qu'une décélération importante ne soit réalisée.

La longueur de la piste était suffisante, mais laissait peu de place aux écarts de vitesse pendant l'atterrissage et en ce qui concerne le point de poser. L'état de la surface de la piste était tel qu'indiqué et offrait peut-être plus de frottement au freinage étant donné les forces de décélération exercées dans les derniers 2500 pieds de la course à l'atterrissage, ce qui explique pourquoi l'aéronef s'est arrêté à 6632 pieds, plutôt qu'à 7168 pieds comme le prévoyait le tableau des distances d'atterrissage.

²³

Comme dans le tableau d'Enerjet à l'Annexe E

Fatigue

Le commandant de bord était fatigué, ce qui a pu avoir une conséquence négative sur son jugement, ainsi que sa capacité à bien évaluer et gérer les risques opérationnels.

Le Vol Enerjet 401 est arrivé à une altitude de 1000 pieds au-dessus de l'aérodrome dans une configuration instable attribuable à des décisions antérieures, qui reflétaient une baisse d'attention du commandant de bord en raison de son manque de sommeil au cours des 24 heures précédant le vol. Ces décisions étaient les suivantes :

- choisir l'altitude de l'aérodrome au panneau de commande de mode, alors qu'habituellement, une altitude de 1000 pieds au-dessus de l'altitude de l'aérodrome est utilisée;
- survoler le repère d'approche final avec l'aéronef dans une configuration à l'extérieur des limites d'une approche stabilisée (critères d'approche stabilisée d'Enerjet).

La décision de l'équipage de conduite de poursuivre l'approche même si l'aéronef n'était pas configuré pour une approche stabilisée reflète un état de fatigue. Cet état a réduit la faculté de prévoyance et a mené l'équipage de conduite à tenter de poursuivre l'approche en cherchant à reprendre l'alignement de descente par une prise d'altitude. Les événements se sont déroulés comme suit :

- poursuite de l'approche sous 1000 pieds, même si l'alignement de descente n'était pas de 3° (critères d'approche stabilisée d'Enerjet);
- sélection de 1900 pieds au panneau de commande de mode, plutôt que de l'altitude d'approche interrompue indiquée;
- désactivation du pilote automatique juste avant que le système automatique n'intercepte et ne suive l'alignement de descente;
- intervention du copilote à la place du commandant de bord pour l'appel des freins aérodynamiques dans la liste de vérifications avant l'atterrissage, en raison du fait que le commandant de bord portait toute son attention sur le pilotage manuel de l'avion et qu'il n'a donc pas répondu au copilote qui parcourait la liste de vérifications;
- maintien du fonctionnement du système d'automanette (A/T) à une hauteur inférieure à 50 pieds au-dessus de l'aérodrome.

Le commandant de bord a décidé de se présenter au travail ce matin-là, même s'il n'avait presque pas dormi la nuit précédente. Bien qu'il connaissait l'outil d'évaluation de la vigilance contenu dans le manuel d'exploitation de la compagnie, le commandant de bord ne l'a pas utilisé et n'a pas reçu non plus de formation d'Enerjet sur la fatigue et les mesures de prévention de celle-ci.

Liste de vérifications du degré de vigilance

L'auto-évaluation de la fatigue n'est pas une méthode fiable; il est peu probable qu'on reconnaisse alors les effets de la fatigue au cours d'un vol. Les personnes fatiguées ne se rendent

pas compte que leur temps de réaction peut être réduit, qu'elles portent parfois attention à une seule tâche en négligeant leurs autres responsabilités et que leur capacité d'évaluer la portée de leurs décisions peut être réduite. Comme s'évaluer soi-même est très difficile, la liste de vérifications fournie par Enerjet peut fonctionner à contre-courant.

Répondre « Oui » à n'importe quelle des questions de la première section portant sur l'évaluation des risques donne une indication relativement objective de la probabilité de fatigue.

Les résultats obtenus dans la deuxième section portant sur l'échelle de somnolence Stanford peuvent dépendre du contexte. Si cette évaluation s'effectue dans un contexte motivant tel que le premier vol en tant que commandant de bord, alors l'état d'enthousiasme accru peut masquer les risques sous-jacents à court terme associés à la fatigue.

La dernière section sur la liste de vérifications des signes et des symptômes exige que la personne évalue ses paramètres de rendement dans le poste de pilotage, de même que sa perception subjective de la somnolence. Ces dernières évaluations sont ultérieures aux vols et peuvent constituer des indicateurs utiles pour les prochains vols, mais ne sont pas utiles pour les vols au cours desquels ces symptômes se sont manifestés.

Finalement, la section sur la prise de mesures se fonde entièrement sur la perception de sa capacité à composer avec la fatigue relevée dans la liste de vérifications. Les personnes concernées sont mal placées pour juger leur niveau de fatigue et les effets de celle-ci sur leur rendement. En outre, lorsqu'on répond à des questions du type « Demandez-vous en premier lieu si vous êtes en état de vous acquitter de vos tâches? » ou « Que pouvez-vous faire pour demeurer alerte? », d'autres facteurs tels que le sens des responsabilités à l'égard de la compagnie ou le besoin de conserver son emploi peuvent jouer dans l'évaluation de son degré de fatigue. Se fier aux pilotes pour qu'ils évaluent leur fatigue ne permet pas toujours de relever un niveau de fatigue inacceptable.

Des outils de gestion des risques liés à la fatigue permettent d'établir objectivement des comportements attribuables à la fatigue et d'évaluer la vigilance de l'équipage de conduite avant les vols. Toutefois, les limites de ces outils exigent de recourir à une approche à plusieurs niveaux pour gérer les risques liés à la fatigue.

Faits établis

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le commandant de bord n'avait presque pas dormi au cours des 24 heures précédant le vol et il était fatigué, ce qui a probablement engendré une baisse d'attention.
2. Le commandant de bord a poursuivi l'approche même si l'aéronef n'était pas configuré pour une approche stabilisée, ce qui reflète un état de fatigue. Cet état a réduit sa prévoyance, et son attention portait alors sur la poursuite de l'atterrissage.
3. En courte finale, le commandant de bord a fait piquer l'aéronef du nez afin de tenter d'acquiescer l'alignement de descente qui se situait sous la trajectoire de vol. Cette position de piqué a accru la vitesse indiquée, ce qui a prolongé l'arrondi et fait que le point de poser se trouvait au-delà de la distance recommandée de 1000 pieds, réduisant ainsi la longueur de piste disponible pour arrêter l'aéronef.
4. Le système d'automanette n'a pas été désactivé à une hauteur de moins de 50 pieds, et ce système a donc augmenté la poussée afin de maintenir la vitesse indiquée sélectionnée. L'augmentation de la poussée a retardé le déploiement des freins aérodynamiques et des inverseurs de poussée, et la longueur de piste qui restait était insuffisante pour que l'aéronef puisse s'arrêter.

Faits établis quant aux risques

1. Si les équipages de conduite ne reçoivent pas de formation sur la fatigue et les mesures de prévention de celle-ci, ils risquent de ne pas disposer des outils requis pour gérer la fatigue.
2. Si les membres d'équipage de conduite sont tenus d'évaluer eux-mêmes leur degré de fatigue et les effets de celle-ci sur leur rendement, il est possible qu'ils ne relèvent pas avec justesse un niveau de fatigue inacceptable.

Autres faits établis

1. L'état de la surface de la piste à l'atterrissage était équivalent, sinon supérieur à celui indiqué sur le compte rendu de l'état de la surface de la piste et par les lectures du coefficient canadien de frottement sur piste.

Mesures de sécurité

Mesures de sécurité prises

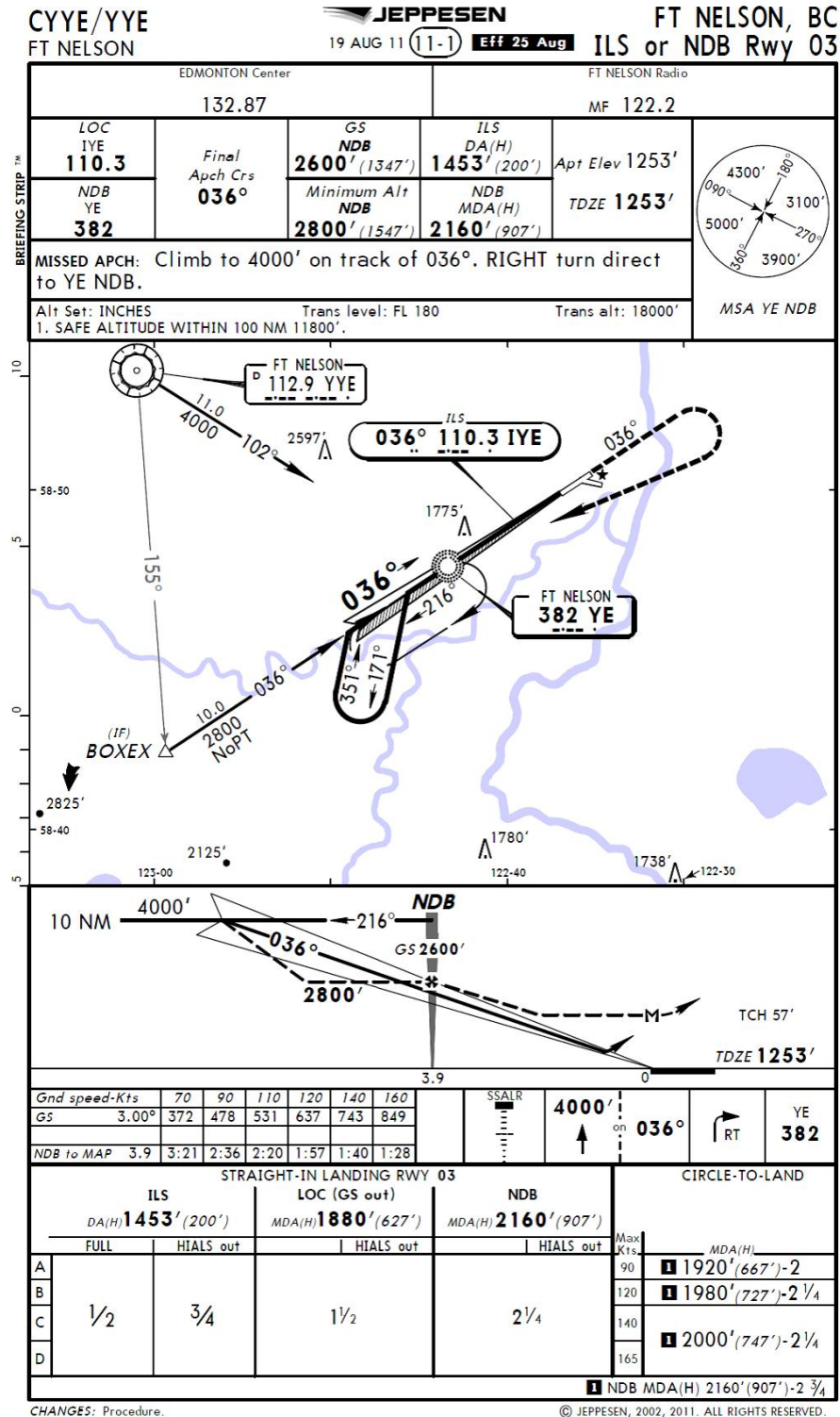
Enerjet

En mai 2012, Enerjet a publié, à l'intention de tous les membres d'équipage de conduite, un communiqué avec un examen avec documentation sur les sections 2.58 et 2.59 du manuel d'exploitation de la compagnie. Au cours d'une réunion tenue en juin 2012 à laquelle participaient tous les pilotes, on a procédé à la correction de l'examen. Cette initiative visait à mieux faire connaître l'outil d'auto-évaluation de la fatigue contenu dans le manuel d'exploitation et à confirmer de nouveau l'importance d'évaluer de façon juste et honnête sa capacité à s'acquitter de ses tâches, et que le fait de ne pas se présenter au travail pour cause de fatigue, de maladie ou de stress ne donnait pas lieu à des mesures disciplinaires.

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 6 mars 2013. Il est paru officiellement le 25 avril 2013.

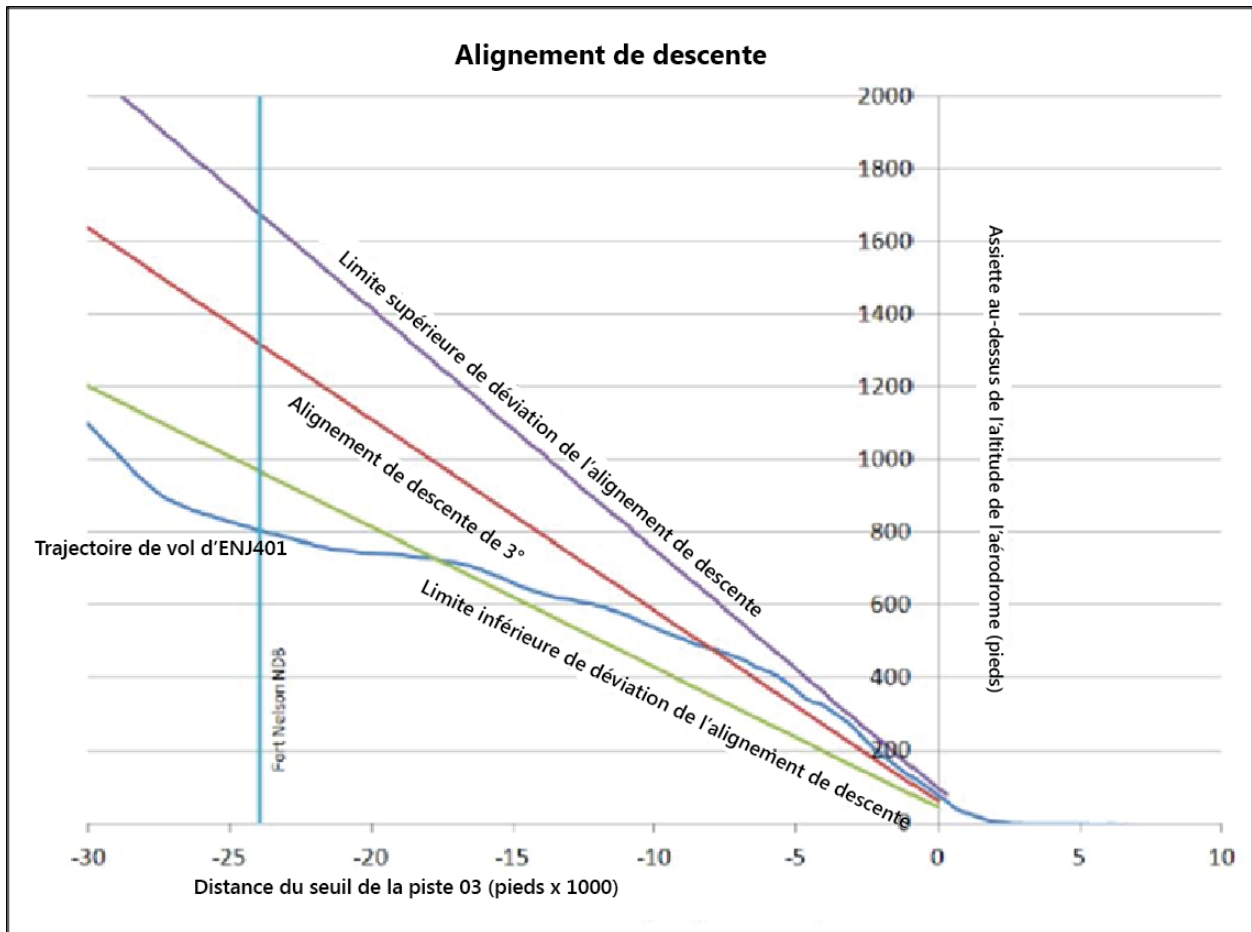
Pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits, visitez son site Web (www.bst-tsb.gc.ca). Vous y trouverez également la Liste de surveillance qui décrit les problèmes de sécurité dans les transports présentant les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a établi que les mesures prises jusqu'à présent sont inadéquates, et que tant l'industrie que les organismes de réglementation doivent prendre de nouvelles mesures concrètes pour éliminer ces risques.

Annexe A- ILS ou radiophare non directionnel (NDB) de la piste 03, Fort Nelson, C.-B. (en anglais seulement)

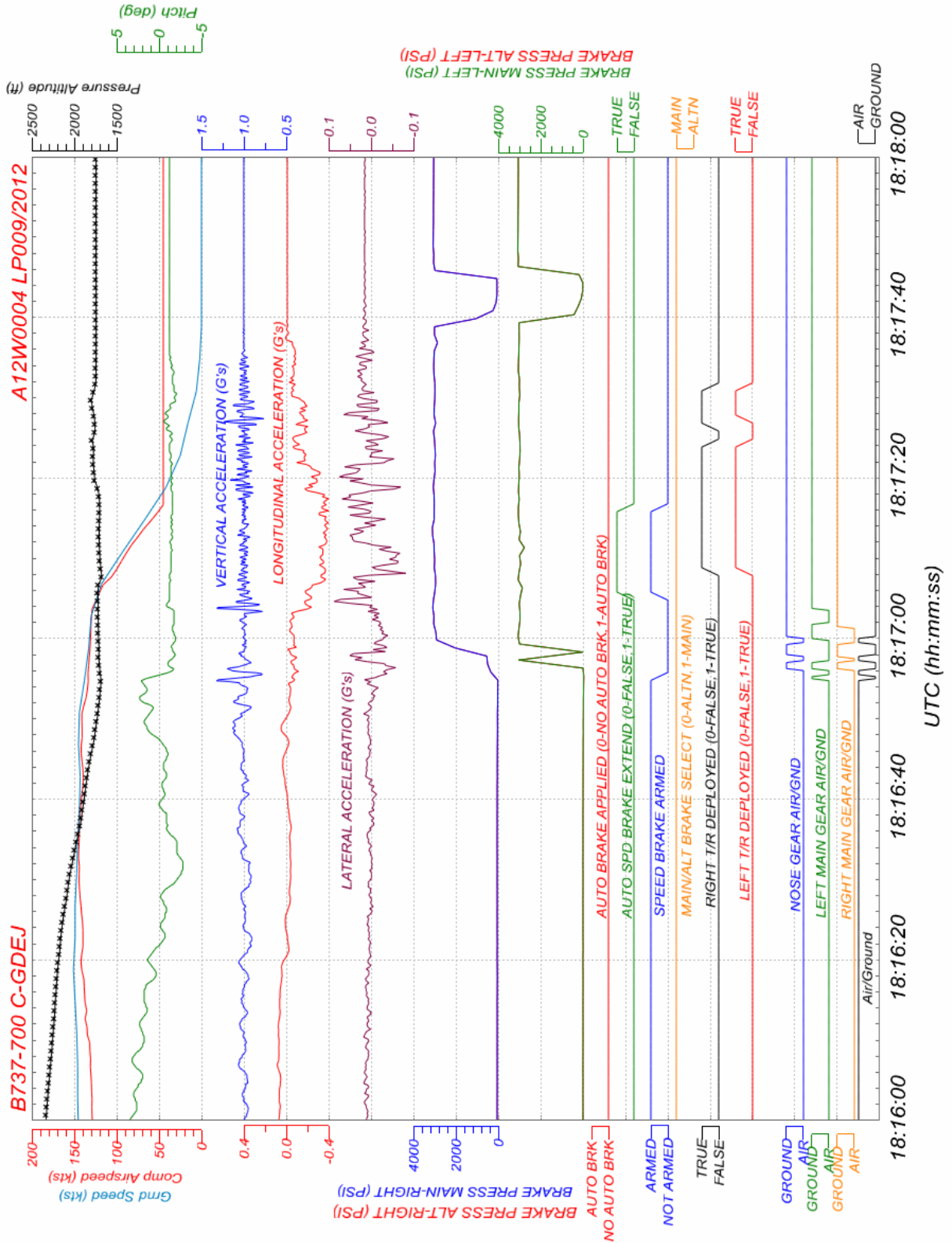


NE DOIT PAS ÊTRE UTILISÉ POUR LA NAVIGATION

Annexe B – Écart par rapport à l'alignement de descente



Annexe C – Tracé de la course à l'atterrissage consigné dans l'enregistreur de données de vol (en anglais seulement)



Annexe D – Liste de vérifications du degré de vigilance d’Enerjet

[Traduction]

Évaluez les risques	O/N	Au cours de la dernière nuit, avez-vous dormi deux heures de moins que le nombre d’heures dont vous avez habituellement besoin (p. ex. vous avez besoin de huit heures, mais vous n’avez dormi que six heures)?
	O/N	Avez-vous eu de la difficulté à vous endormir ou à demeurer endormi?
	O/N	Avez-vous des heures de sommeil à récupérer? Pour évaluer en gros le nombre d’heures de sommeil à récupérer : <ul style="list-style-type: none"> • Considérez combien d’heures vous devez dormir chaque nuit pour être complètement alerte le jour suivant (nous avons besoin en moyenne de huit heures de sommeil). • Quelle est la dernière fois que vous avez eu deux pleines nuits de sommeil de suite? • Depuis, pour chaque nuit, indiquez le nombre d’heures de sommeil que vous avez perdues. Le résultat correspond au nombre d’heures de sommeil à récupérer.
	O/N	Est-ce que vous serez en service pendant l’un des deux creux circadiens (de 3 à 6 h ou de 15 à 17 h)?
	O/N	À la fin de votre période de service, aurez-vous été éveillé plus de 17 heures?
	O/N	Au cours des trois derniers jours, avez-vous voyagé vers l’est en traversant deux fuseaux horaires ou plus, en devant vous présenter tôt au travail par la suite?
	O/N	Au cours des trois derniers jours, avez-vous traversé trois fuseaux horaires ou plus dans une direction, puis vous a-t-on attribué toutes vos périodes de repos dans les nouveaux fuseaux horaires?

Où vous situez-vous sur l’échelle de somnolence Stanford?	Évaluation	Degré de somnolence
	1	Se sentir actif, en forme, alerte et pleinement éveillé
	2	Fonctionner à un niveau élevé, mais pas à son meilleur, et capable de se concentrer
	3	Être éveillé, mais détendu, et être apte à réagir, mais ne pas être entièrement alerte
	4	Avoir les idées un peu embrouillées et manquer d’énergie

	5	Avoir les idées embrouillées, ne pas être motivé à demeurer éveillé et être au ralenti
	6	Se sentir endormi et étourdi, combattre le sommeil et souhaiter s'étendre
	7	Ne plus combattre le sommeil, être sur le point de s'endormir et avoir des pensées qui s'apparentent à des rêves
	8	Être endormi

Parcourez la liste de vérification des signes et des symptômes	Cochez tout ce qui s'applique	
		Je n'arrive pas à me concentrer.
		J'ai manqué un appel radio.
		Mon temps de réaction est plus lent.
		J'ai perdu ma faculté de jugement.
		J'apporte trop de corrections.
		Je suis d'humeur changeante et je m'emporte facilement.
		J'oublie des choses.
		Je suis dans la lune ou je fixe sans arrêt le panneau de commande.
		Je bâille.
		Je me sens endormi ou fatigué.
		J'ai perdu le fil au cours des dernières secondes.
		Je cogne des clous.
	O/N	Actuellement, manifestez-vous certains de ces signes ou symptômes? (Si oui, notez-en le nombre - plus il y a de signes ou de symptômes, plus votre vigilance est réduite.)

Prenez des mesures

Avez-vous répondu par l'affirmative à l'un de ces points? À plus d'un point? Si oui :

- Demandez-vous en premier lieu : êtes-vous en état de vous acquitter de vos tâches?
- Que pouvez-vous faire pour demeurer alerte?
- Évaluez régulièrement votre vigilance et votre rendement.
- Faites part de votre manque de vigilance aux autres membres de l'équipage.
- Recourez à la gestion des ressources en équipe pour être à l'affût des signes et des symptômes de fatigue.

Annexe E – Tableau des distances d’atterrissage (Performance du B737-700 22K) (en anglais seulement)

Normal Configuration Landing Distances

Flaps 40

BRAKING CONFIGURATION	LANDING DISTANCE AND ADJUSTMENT (M)											
	REF DIST	WT ADJ	ALT ADJ	WIND ADJ PER 10 KTS		SLOPE ADJ PER 1%		TEMP ADJ PER 10°C		APP SPD ADJ	REVERSE THRUST ADJ	
				HEAD WIND	TAIL WIND	DOWN HILL	UP HILL	ABV ISA	BLW ISA		ONE REV	NO REV
	60000 KG LANDING WEIGHT	PER 5000 KG ABOVE/BELOW 60000 KG	PER 1000 FT STD/HIGH*							PER 10 KTS ABOVE VREF40		

Dry Runway

MAX MANUAL	875	60/-40	20/25	-30	115	15	-5	20	-15	70	20	40
MAX AUTO	1050	60/-50	25/35	-35	135	5	0	25	-20	105	0	10
AUTOBRAKE 3	1440	95/-90	40/55	-60	220	0	0	40	-35	165	0	0
AUTOBRAKE 2	1850	130/-125	55/75	-85	310	25	-30	55	-50	165	35	35
AUTOBRAKE 1	2070	155/-150	65/95	-100	365	55	-55	60	-55	160	155	200

Good Reported Braking Action

MAX MANUAL	1170	75/-65	35/40	-50	190	30	-20	30	-25	95	60	130
MAX AUTO	1275	80/-70	35/50	-50	200	25	-15	30	-25	110	65	145
AUTOBRAKE 3	1445	95/-90	40/55	-60	230	10	0	40	-35	165	5	20
AUTOBRAKE 2	1850	130/-125	55/90	-85	310	25	-30	55	-50	165	35	35

Medium Reported Braking Action

MAX MANUAL	1580	115/-100	50/70	-85	315	75	-55	40	-35	125	160	375
MAX AUTO	1640	115/-105	50/70	-85	315	65	-45	40	-35	145	155	370
AUTOBRAKE 3	1665	115/-105	50/65	-85	315	55	-35	45	-40	165	140	370
AUTOBRAKE 2	1900	135/-130	55/80	-95	355	50	-45	55	-50	165	75	185

Poor Reported Braking Action

MAX MANUAL	2045	155/-145	65/95	-125	495	175	-110	55	-50	145	335	875
MAX AUTO	2130	155/-145	65/95	-120	490	175	-105	55	-50	145	340	885
AUTOBRAKE 3	2130	160/-145	70/95	-125	495	175	-105	55	-50	160	335	880
AUTOBRAKE 2	2165	165/-150	70/100	-130	505	160	-100	60	-55	165	270	800

Reference distance is for sea level, standard day, no wind or slope, VREF40 approach speed and two engine detent reverse thrust.

Max manual braking data valid for auto speedbrakes. Autobrake data valid for both auto and manual speedbrakes.

For max manual braking and manual speedbrakes, increase reference landing distance by 55 m.

Actual (unfactored) distances are shown.

Includes distance from 50 ft above threshold (305 m of air distance).

*For landing distance at or below 8000 ft pressure altitude, apply the STD adjustment. For altitudes higher than 8000 ft, first apply the STD adjustment to derive a new reference landing distance for 8000 ft then apply the HIGH adjustment to this new reference distance.

305 m =
1000 pieds