

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR UN ÉVÉNEMENT AÉRONAUTIQUE
A0000279

SORTIE EN BOUT DE PISTE

INCIDENT SURVENU À L'ANTONOV 124-100 UR-82029
EXPLOITÉ PAR ANTONOV AIRLINES
À L'AÉROPORT DE WINDSOR (ONTARIO)
LE 18 DÉCEMBRE 2000

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 sur un événement aéronautique

Sortie en bout de piste

Incident survenu à l'Antonov 124-100 UR-82029
exploité par Antonov Airlines
à l'aéroport de Windsor (Ontario)
le 18 décembre 2000

Rapport numéro A0000279

Résumé

L'Antonov 124-100 portant l'indicatif d'appel ADB505F effectue un vol d'affrètement pour Air Foyle Ltd. L'avion doit transporter 40 tonnes de pièces d'automobile entre Windsor (Ontario) et Ostende (Belgique). L'avion est exploité par Antonov Design Bureau qui est également le propriétaire de l'appareil. L'équipage effectue une approche à l'aide du système d'atterrissage aux instruments (ILS) pour se poser sur la piste 25 de l'aéroport de Windsor. Vers 23 h 33, heure normale de l'Est, l'appareil touche des roues à quelque 3 400 pieds au-delà du seuil de piste. Pendant la course à l'atterrissage, l'appareil sort en bout de piste et s'immobilise à environ 340 pieds au-delà de l'extrémité de piste, à 20 pieds de la clôture de l'aéroport. Il n'y a pas de blessés. L'appareil subit des dommages légers. Les services d'intervention d'urgence arrivent sur les lieux environ 40 secondes après l'immobilisation de l'appareil.

This report is also available in English.

Table des matières

1.0	Renseignements de base.....	1
1.1	Déroulement du vol.....	1
1.2	Victimes.....	2
1.3	Domages à l'aéronef.....	2
1.4	Autres dommages.....	2
1.5	Renseignements sur le personnel.....	2
1.5.1	Généralités.....	2
1.5.2	Commandant de bord (pilote aux commandes).....	3
1.5.3	Premier officier (pilote non aux commandes).....	3
1.5.4	Autres membres de l'équipage.....	3
1.5.5	Formation de l'équipage.....	3
1.6	Renseignements sur l'aéronef.....	4
1.6.1	Masse et centrage.....	4
1.6.2	Données sur les performances de l'AN124-100.....	4
1.6.3	Systèmes.....	5
1.6.4	Circuit déporteurs.....	5
1.6.5	Roues et freins.....	5
1.7	Renseignements météorologiques.....	5
1.8	Aides à la navigation.....	6
1.9	Télécommunications.....	6
1.10	Renseignements sur l'aérodrome.....	7
1.11	Enregistreurs de bord.....	9
1.11.1	Enregistreur de la parole dans le poste de pilotage.....	9
1.11.2	Enregistreur de données de vol.....	9
1.12	Renseignements sur l'organisme et sur la gestion.....	10
2.0	Analyse.....	12
2.1	Introduction.....	12
2.2	Approche et atterrissage.....	12

2.3	Performances de freinage	12
2.4	Communications entre l'ATC et l'équipage de conduite	13
3.0	Conclusions	15
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	15
3.2	Faits établis quant aux risques.....	15
4.0	Annexes	
	Annexe A - Sortie en bout de piste et Aéroport de Windsor	16
	Annexe B - Liste des rapports de laboratoire	17
	Annexe C - Sigles et abréviations.....	18

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

Le 18 décembre 2000, l'Antonov 124 (AN124) portant l'indicatif d'appel ADB505F décolle pour effectuer un vol selon les règles de vol aux instruments (IFR) entre l'aéroport international de Montréal/Mirabel (Québec) et l'aéroport de Windsor (Ontario) où il doit prendre à son bord 40 tonnes de pièces d'automobile à destination d'Ostende, en Belgique. L'avion est exploité par Antonov Design Bureau qui est également le propriétaire de l'appareil. C'est la compagnie Air Foyle Ltd. basée au Royaume-Uni qui a affrété l'avion pour le vol de fret. L'avion transporte 20 membres d'équipage dont un agent des ventes d'Air Foyle Ltd.

L'avion fait un atterrissage sur la piste 25 de l'aéroport de Windsor au terme d'une approche à l'aide du système d'atterrissage aux instruments (ILS) dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC). À 23 h, heure normale de l'Est (HNE)¹, soit 33 minutes avant l'incident, les conditions météorologiques signalées sont les suivantes : vent du 080°V à 4 noeuds; visibilité de 1,5 mille terrestre (sm) dans de la neige légère; nuages fragmentés à 900 pieds au-dessus du sol (agl); ciel couvert à 1 300 pieds agl; température de -9°C; point de rosée de -10 °C; calage altimétrique de 29,83 pouces de mercure. Environ 20 minutes avant l'atterrissage de l'AN124, on avait signalé que, sur 120 pieds, la partie centrale de la piste était recouverte à 90 % de neige folle et à 10 % de plaques de glace. Sur les 80 pieds qui restaient, la piste était recouverte à 75 % d'un pouce de neige folle et à 25 % de plaques de glace. Juste avant l'arrivée de l'appareil, des opérations de déneigement et de balayage sont en cours. L'appareil touche des roues à quelque 3 400 pieds après le seuil de piste. Il reste 4 450 pieds de piste, mais l'équipage de conduite ne réussit pas à immobiliser l'appareil sur la piste. L'appareil sort en bout de piste et s'immobilise à quelque 340 pieds au-delà de l'extrémité de piste, à 20 pieds de la clôture de l'aéroport. Les pneus de l'appareil laissent des marques de dérapage sur les quelque 100 derniers pieds de la piste, légèrement à gauche de l'axe de piste. L'incident survient de nuit à 23 h 33.



¹

Les
indication contraire.

inq heures), sauf

1.2 *Victimes*

	Équipage	Passagers	Tiers	Total
Tués	-	-	-	-
Blessés graves	-	-	-	-
Blessés légers/indemnes	20	-	-	20
Total	20	-	-	20

1.3 *Dommmages à l'aéronef*

L'appareil a été légèrement endommagé; il a fallu réparer l'équerre de l'amortisseur oléopneumatique du train avant droit et remplacer le phare d'atterrissage droit.

1.4 *Autres dommages*

L'antenne et le réseau de surveillance de l'équipement ILS ont été endommagés. L'ILS est devenu inutilisable et a été remis en service le matin du 8 janvier 2001 après avoir été hors service pendant environ trois semaines. Trois feux d'extrémité de piste ont également été endommagés.

1.5 *Renseignements sur le personnel*

	Commandant de bord	Premier officier
Âge	37 ans	46 ans
Licence	Pilote de ligne	Pilote de ligne
Date d'expiration du certificat de validation	3 oct 2001	18 déc 2001
Heures de vol totales	8 000 h	10 500 h
Heures de vol sur type	2 000 h	200 h
Heures de vol dans les 90 derniers jours	150 h	200 h
Heures de vol sur type dans les 90 derniers jours	70 h	180 h
Heures de service avant l'événement	6 h	6 h
Heures libres avant la prise de service	18 h	18 h

1.5.1 *Généralités*

Les vols d'Antonov Design Bureau assurés par des AN124-100 se déroulent habituellement avec trois pilotes à bord (un commandant de bord, un premier officier et un troisième pilote qui se trouve dans la salle de repos), un navigateur, deux mécaniciens navigants (l'appareil compte deux postes de mécanicien navigant) et un

opérateur radio.

Au moment de l'incident, le commandant de bord était aux commandes en place gauche; le premier officier était en place droite. Le troisième pilote était assis dans la salle de repos et il n'a pas observé l'atterrissage.

Tous les membres de l'équipage avaient le même horaire. Au moment de l'incident, les membres de l'équipage étaient en service depuis environ six heures. Avant le vol, ils avaient bénéficié d'une période de repos d'environ 18 heures, à Montréal.

1.5.2 Commandant de bord (pilote aux commandes)

Le commandant de bord (le pilote aux commandes) avait obtenu sa licence de pilote en 1984. Il avait piloté plusieurs types d'appareil et il avait été pilote d'essais sur l'AN-26, l'AN-32, l'AN-38 et l'AN140. Il pilotait l'AN124-100 depuis environ 8 ans et il totalisait quelque 2 000 heures de vol sur cet appareil. Il était titulaire d'une licence de pilote de ligne en état de validité qui avait été délivrée par le ministère des Transports de l'Ukraine. Le commandant de bord avait atterri à l'aéroport de Windsor environ cinq fois au cours des deux années ayant précédé l'incident.

1.5.3 Premier officier (pilote non aux commandes)

Le premier officier (le pilote qui n'était pas aux commandes) avait obtenu sa licence de pilote en 1973 et il avait piloté de nombreux appareils russes. Il avait commencé à piloter l'AN124-100 en l'an 2000 et il totalisait 200 heures de vol sur cet appareil. Il était titulaire d'une licence de pilote de ligne en état de validité ayant été délivrée par le ministère des Transports de l'Ukraine.

1.5.4 Autres membres de l'équipage

Le navigateur, les deux mécaniciens navigants et l'opérateur radio étaient tous titulaires d'une licence en état de validité leur permettant d'exercer leurs fonctions et ayant été délivrée par le ministère des Transports de l'Ukraine.

1.5.5 Formation de l'équipage

Les lignes aériennes Antonov compte un chef pilote principal et un chef pilote pour chaque type d'appareil : AN-12, AN-22, AN-24, AN-26, AN-32, AN-38, AN124 et AN140. Quand un pilote est embauché par l'entreprise, chaque section effectue sa propre formation. Une fois la formation terminée, un autre pilote vérificateur de la compagnie effectue l'entraînement en ligne et le dernier vol de contrôle de compétence. Le personnel de formation et les pilotes ont affirmé que l'AN124 était très facile à manoeuvrer pour un appareil de cette taille. Les commandes de l'AN124 ont tendance à être très douces.

Les lignes aériennes Antonov ont un programme élaboré de formation en simulateur pour assurer la formation initiale et périodique sur l'AN124. Le simulateur est également utilisé pour entraîner les membres d'équipage aux procédures au sol. L'entraînement en simulateur, qui est un simulateur avec système de mouvement complet, porte sur toutes les procédures d'urgence, avec l'appareil en différentes configurations dans des conditions météorologiques de vol à vue (VMC) et dans des conditions météorologiques de vol aux instruments (IMC). Le programme d'entraînement en simulateur de la compagnie aérienne a une politique et une procédure utilisant une « approche surveillée ».

Des cours d'anglais sont donnés aux membres d'équipage de conduite de la compagnie aérienne. Les pilotes, les navigateurs et les opérateurs radio doivent tous satisfaire aux normes minimales de compréhension et de conversation avant de pouvoir effectuer des vols internationaux. Les communications radio sont assurées par les opérateurs radio, et ces derniers sont censés mieux maîtriser la langue anglaise que les pilotes.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Antonov Design Bureau
Type et modèle	AN124-100
Année de construction	1991
Numéro de série	19530502630
Certificat de navigabilité	20 novembre 2000
Heures totales de vol cellule	5 844 h
Moteurs	4 moteurs Lotarev D-18T
Masse maximale autorisée au décollage	392 000 kg
Type de carburant recommandé	Jet A-1
Type de carburant utilisé	Jet A-1

1.6.1 Masse et centrage

La masse maximale autorisée au décollage pour l'appareil est de 336 000 kg. La masse calculée à l'atterrissage à Windsor était de 290 000 kg (290 t). Pendant le vol, le centre de gravité est demeuré dans la plage normale comprise entre 30 et 41 % de la corde aérodynamique moyenne.

1.6.2 Données sur les performances de l'AN124-100

Le manuel de vol de l'AN124-100 fournit des tableaux permettant aux équipages de calculer les distances d'atterrissage pour différentes masses et conditions météorologiques. Ces tableaux fournissent une estimation de la longueur de piste nécessaire pour effectuer un arrêt complet à partir d'une hauteur de franchissement du seuil de piste établie à 50 pieds, avec un facteur de 1,67. D'après le tableau du manuel de vol et les conditions météorologiques qui prévalaient au moment de la sortie de piste, y compris le vent arrière qui soufflait à 4 noeuds, le commandant de bord a calculé une distance d'atterrissage pondérée de 6 890 pieds. Pour les calculs, on considère que le point normal de toucher des roues se trouve à 984 pieds du seuil.

Un autre tableau des distances d'atterrissage dans le manuel de vol de l'avion présente des données sur la distance nécessaire à un arrêt complet de l'appareil à partir du point de toucher des roues. Le commandant de bord avait fait des calculs et évalué la distance d'arrêt à environ 3 280 pieds. Aucun facteur de sécurité n'a été appliqué, et aucune correction n'a été apportée pour tenir compte de l'efficacité réduite du freinage attribuable à la présence de neige et de glace sur la piste. Selon le tableau des coefficients de frottement minimaux admissibles lors du freinage de l'AN124, la valeur minimale admissible pour l'atterrissage était de 0,40.

L'approche ILS a été effectuée avec les volets à 30° (pleins volets) et les becs de bord d'attaque à 17°. La vitesse normale pour l'approche est de 145 noeuds. L'équipage de conduite avait l'intention de voler à 148 noeuds pendant l'approche. La vitesse de 148 noeuds a été réglée au moyen d'un « curseur » sur l'anémomètre des pilotes, mais l'approche finale a été effectuée à la vitesse indiquée de 151 noeuds. La plupart du temps, entre la hauteur de décision et le franchissement du seuil, la vitesse d'approche a été supérieure à la vitesse normale de 145 noeuds.

1.6.3 Systèmes

Les mécaniciens navigants ont indiqué que, pendant le vol et l'atterrissage, les systèmes avaient fonctionné normalement et qu'ils n'avaient observé aucune anomalie sur l'écran de surveillance des systèmes. Selon l'information recueillie, l'atterrissage à Windsor s'est déroulé normalement et en douceur. Les contacts du train principal génèrent un signal qui indique que l'appareil est au sol. Pour que les freins et les déporteurs automatiques fonctionnent, l'appareil doit être en mode sol.

1.6.4 Circuit déporteurs

Le circuit des déporteurs comporte 16 panneaux à commande hydraulique situés dans la partie arrière des ailes. Si ce circuit est armé, les 8 panneaux extérieurs sortent automatiquement à 45° au toucher des roues (lorsque le contact sol du train principal est actionné). Lorsque la position 60° est sélectionnée, grâce à un déplacement additionnel du dispositif de fin de course de sécurité et du levier déporteurs, les 8 panneaux intérieurs se déploient également. Peu après le toucher des roues, le commandant de bord a ordonné la sortie manuelle à 60° de tous les déporteurs. Pendant l'atterrissage à Windsor, les déporteurs ont fonctionné normalement, conformément à la sélection faite au moyen du levier.

1.6.5 Roues et freins

Les 20 roues du train principal sont munies de freins antidérapants. Les pédales de frein ont deux positions : normale et maximale. On obtient un freinage normal en enfonçant la pédale aux deux tiers environ où l'on sent un cran; on obtient un freinage maximal en mettant du pied à fond. Le circuit de freinage antidérapant a fonctionné normalement, et l'équipage de conduite n'a signalé aucun problème de maîtrise en direction pendant la course à l'atterrissage. Quelques 44 secondes se sont écoulées entre le toucher des roues et la sortie en bout de piste, au cours desquelles les freins ont été serrés à fond. Aucun pneu n'a été usé au-delà de son indicateur d'usure. D'importantes marques de dérapage ont été relevées un peu à gauche de l'axe de piste, sur les 100 derniers pieds de la piste environ.

1.7 Renseignements météorologiques

Le bulletin météorologique de 22 h pour Windsor (METAR CYQG 190300UTC) faisait état des conditions suivantes : vent du 040°V à 3 noeuds; visibilité de 1,5 sm dans de la neige légère; nuages épars à 600 pieds agl, plafond à 1 100 pieds avec nuages fragmentés, ciel couvert à 2 000 pieds; température de -9 °C, point de rosée de moins 11 °C; calage altimétrique de 29,87 pouces de mercure.

Le bulletin météorologique émis à 23 h pour Windsor (METAR CYQG 190400UTC) faisait état des conditions suivantes : vent du 080°V à 4 noeuds; visibilité de 1,5 sm dans de la neige légère; plafond à 900 pieds avec nuages fragmentés, ciel couvert à 1 300 pieds; température de -9 °C, point de rosée de -10 °C; calage

altimétrique de 29,83 pouces de mercure. L'équipage de conduite a reçu ce bulletin environ 28 minutes avant l'atterrissage.

Une observation spéciale émise à 23 h 12 pour Windsor faisait état des conditions suivantes : vent du 090°V à 4 noeuds; visibilité de 2 sm dans de la neige légère; quelques nuages à 800 pieds, ciel couvert à 1 300 pieds.

Le bulletin pour Windsor émis à 23 h par le service automatique d'information de région terminale (ATIS) faisait état des conditions suivantes : vent du 080°M à 4 noeuds; visibilité de 1,5 sm dans de la neige légère; ciel couvert à 1 300 pieds; température de -9 °C, point de rosée de -10°C; calage altimétrique de 29,83 pouces de mercure. L'équipage de conduite a reçu ce rapport 16 minutes avant l'atterrissage.

Au moment où l'équipage de conduite signalait son passage en finale au-dessus du radiophare non directionnel (NDB) de Windsor, situé à 3,8 milles marins, en vue d'atterrir (une minute et 14 secondes avant le toucher des roues), la tour a transmis à l'équipage un dernier bulletin météorologique qui faisait état des conditions suivantes : vent du 100°M à 6 noeuds, calage altimétrique de 29,82 pouces de mercure et aucun autre changement par rapport au message précédent.

1.8 Aides à la navigation

Rien n'indique qu'il y ait eu des problèmes avec l'ILS de Windsor. Au cours des 30 minutes qui ont précédé l'incident, l'ILS a été utilisé par trois appareils (dont celui en cause dans l'incident).

1.9 Télécommunications

Les communications radio entre l'équipage de conduite et le contrôle de la circulation aérienne (ATC) se sont déroulées normalement pendant tout le vol. Pendant le vol en croisière, 17 minutes avant le toucher des roues, l'ATC a informé l'équipage de conduite de l'AN124 que l'équipage d'un Hercules C-130 qui avait atterri 22 minutes avant l'AN124 avait signalé que le freinage était « modéré ». L'ATC a également informé l'équipage de l'AN124 qu'un spécialiste de l'entretien aéroportuaire vérifierait l'indice de freinage de la piste sur laquelle l'AN124 devait atterrir et qu'un rapport sur le coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI) lui serait transmis avant son arrivée. L'ATC a de plus signalé à l'équipage qu'un rapport de freinage serait demandé à l'Airbus A319 qui devait atterrir 10 minutes avant l'arrivée de l'AN124. L'équipage de conduite de l'AN124 a répondu à l'ATC qu'il écouterait la fréquence pour connaître les mises à jour.

Seize minutes avant l'atterrissage de l'AN124, le spécialiste de l'entretien aéroportuaire a transmis à l'ATC un rapport faisant état d'un CRFI de 0,30. L'ATC a ensuite transmis cette information à l'équipage de conduite de l'Airbus, mais il n'y a eu aucune communication directe de cette information entre le contrôleur ou un pilote et l'équipage de conduite de l'AN124. De plus, l'ATC n'a pas demandé de rapport de freinage à l'équipage de conduite de l'Airbus qui avait atterri 10 minutes avant l'incident. Cependant, 50 minutes avant l'atterrissage, un rapport sur l'état de la surface de la piste avait été transmis à l'équipage de conduite de l'AN124. Ce rapport indiquait que la piste 25 avait été déneigée et balayée sur 200 pieds, qu'elle était recouverte à 100 % de moins d'un huitième de pouce de neige folle et que des opérations de déneigement et de balayage étaient en cours.

Une fois l'appareil immobilisé en bout de piste, quelque 30 secondes se sont écoulées avant que l'ATC ne détermine que l'appareil était sorti de piste. Une intervention code rouge de niveau 1 a immédiatement été déclenchée pour dépêcher les services d'intervention d'urgence sur les lieux.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

L'aéroport de Windsor est certifié par Transports Canada et est exploité par Serco Aviation Services Inc. L'altitude de l'aérodrome est de 622 pieds au-dessus du niveau de la mer (asl). L'aéroport possède deux pistes sécantes, la 07/25 et la 12/30, mais seule la piste 07/25 peut accueillir les gros avions. L'AN124 a atterri sur la piste 25 qui mesure 7 850 pieds de long et 200 pieds de large; la surface de la piste est asphaltée et offre une distance d'atterrissage utilisable de 7 850 pieds.

À l'aéroport de Windsor, seule la piste 25 permet une approche ILS. La hauteur de franchissement du seuil pour une approche ILS est de 50 pieds et elle est publiée dans le *Canada Air Pilot* et sur les cartes aéronautiques utilisées par les équipages de conduite. L'alignement de descente ILS a un angle de 3°. Le cap de piste est au 249°M, et la variation magnétique à Windsor est de 6° ouest.

De nombreux aéroports au Canada, y compris l'aéroport de Windsor, sont équipés de décéléromètres mécaniques et électroniques utilisés pour obtenir une valeur moyenne des indices de freinage sur piste. La valeur moyenne mesurée au décéléromètre sur chaque piste est transmise comme CRFI. En raison de limites mécaniques et opérationnelles, les indices de freinage sur piste mesurés au décéléromètre peuvent être erronés pour certaines conditions de piste.

Les distances d'atterrissage recommandées à la figure 2 tiennent compte de la réduction des distances d'atterrissage lors de l'utilisation des inverseurs de poussée. Des valeurs représentatives peu élevées de poussée inversée ont été utilisées; ces données peuvent s'avérer des données prudentes pour les atterrissages effectués correctement par certains appareils équipés d'inverseurs de poussée très efficaces.

Les distances d'atterrissage recommandées dans le tableau des CRFI sont basées sur des techniques couramment utilisées par les pilotes pour effectuer des atterrissages sur des distances minimales à partir d'une hauteur de 50 pieds, comme une approche sur un alignement de descente de 3°, un toucher des roues ferme, un délai minimum avant l'abaissement du nez, un délai minimum avant la sortie des déporteurs sol, un délai minimum avant le serrage des freins et l'utilisation des inverseurs de poussée ainsi que le maintien du freinage antidérapant maximal jusqu'à l'immobilisation de l'appareil. Si l'une des techniques énumérées ci-dessus est « mal utilisée », la distance nécessaire pour l'atterrissage augmente.

Vingt minutes avant l'atterrissage de l'AN124, les conditions de la piste étaient les suivantes : la partie centrale de la piste était recouverte à 90 % de neige folle et à 10 % de plaques de glace sur 120 pieds; sur les 40 pieds qui restaient, de part et d'autre de l'axe de piste, la piste était recouverte à 75 % d'un pouce de neige folle et à 25 % de plaques de glace. Quinze minutes avant l'atterrissage de l'AN124, un spécialiste de l'entretien aéroportuaire a effectué trois passages à différents endroits de la piste pour mesurer le CRFI. Il a été établi que l'indice moyen mesuré sur cette piste était de 0,30, mais cette information n'a pas été transmise à l'équipage de conduite de l'AN124. Cependant, trois minutes avant l'atterrissage, l'ATC a informé l'équipage de l'AN124 que la piste était recouverte de neige folle. Peu après l'incident, des membres de l'équipage ont inspecté la piste à pied et ont indiqué qu'elle était glissante. Après l'incident, il est tombé une petite neige légère.

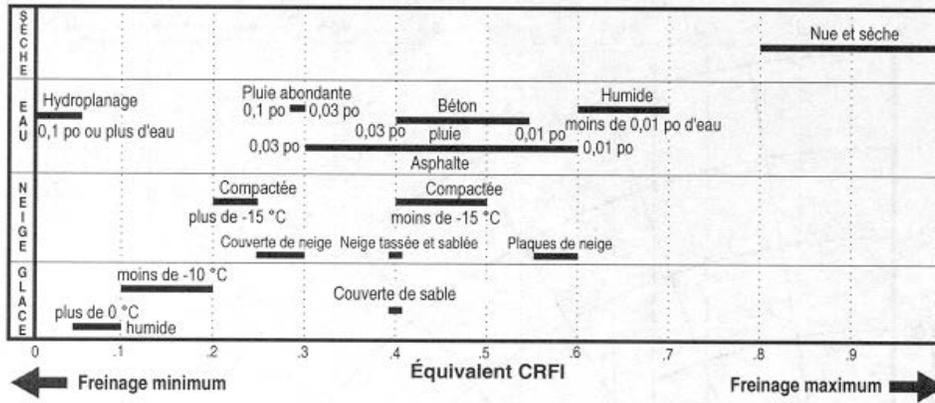
TABLEAU 2

**Coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI)
Distances d'atterrissage recommandées
(Avec inversion de poussée)**

Coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI) donné														
Distance d'atterrissage	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,27	0,25	0,22	0,20	0,18	Longueur de piste d'atterrissage	Longueur de piste d'atterrissage
Piste dégagée et sèche													Piste dégagée et sèche	Piste dégagée et sèche
Non pondérée													Pondérée 60 %	Pondérée 70 %
	Distances d'atterrissage recommandées (avec inversion de poussée)													
1800	3130	3200	3270	3350	3450	3560	3690	3790	3860	3970	4060	4150	3000	2571
2000	3500	3580	3660	3760	3870	4000	4160	4270	4350	4480	4580	4700	3333	2857
2200	3740	3830	3930	4040	4160	4310	4480	4600	4690	4840	4950	5080	3667	3143
2400	4130	4220	4330	4460	4590	4760	4950	5080	5180	5340	5460	5600	4000	3429
2600	4480	4590	4710	4840	4990	5170	5380	5520	5630	5810	5940	6080	4333	3714
2800	4740	4860	4990	5130	5300	5490	5710	5860	5970	6160	6300	6450	4667	4000
3000	5100	5230	5370	5530	5710	5920	6170	6340	6460	6670	6820	6990	5000	4286
3200	5480	5620	5780	5960	6160	6390	6660	6840	6980	7210	7380	7560	5333	4571
3400	5780	5930	6100	6290	6510	6750	7040	7250	7390	7640	7820	8020	5667	4857
3600	6080	6250	6430	6630	6860	7130	7440	7660	7820	8080	8270	8490	6000	5143
3800	6380	6560	6750	6970	7210	7500	7830	8060	8230	8510	8720	8940	6333	5429
4000	6590	6770	6970	7200	7450	7750	8100	8330	8510	8800	9010	9250	6667	5714

Les CRFI de 0,40 ou moins, qui correspondent à des indices de freinage faibles, doivent être signalés au moyen d'un NOTAM spécial. Aucun NOTAM spécial n'a été publié pour le CRFI de 0,30 obtenu 16 minutes avant la sortie en bout de piste parce que l'aéroport de Windsor a été fermé immédiatement après l'incident.

TABLEAU 4
ÉTAT DE LA SURFACE DES PISTES ET ÉQUIVALENT CRFI



1.11 *Enregistreurs de bord*

1.11.1 *Enregistreur de la parole dans le poste de pilotage*

La bande de l'enregistreur de la parole dans le poste de pilotage (CVR) AN124 a été récupérée et envoyée au Laboratoire technique du BST pour analyse. La bande contenait l'enregistrement des deux dernières heures de vol sur six pistes : l'interphone du pilote, celui du premier officier, celui de chacun des deux mécaniciens navigants, celui du navigateur et celui de l'opérateur radio. La transmission du CRFI par l'ATC à l'équipage de conduite de l'Airbus n'a pas été enregistrée sur le CVR de l'AN124.

Jusqu'à ce que l'appareil se trouve à une hauteur inférieure à la hauteur de décision de 200 pieds agl, le vol et les procédures se sont déroulées normalement. À partir de 60 mètres (environ 200 pieds) jusqu'au toucher des roues, il s'est écoulé quelque 24 secondes.

Rien n'indique que les systèmes de bord aient mal fonctionné.

1.11.2 *Enregistreur de données de vol*

L'AN124 était équipé d'un enregistreur numérique de données de vol (DFDR) portant le numéro de série 0412884. Les enquêteurs du BST ont expédié le DFDR au Laboratoire technique du BST mais comme ce laboratoire n'était pas équipé pour lire la bande du DFDR, le tout a été envoyé en Ukraine. Les données fournies par le DFDR ont été renvoyées par voie électronique au BST pour analyse. Le Laboratoire technique du BST a fait une reconstitution du vol sur ordinateur pour pouvoir analyser les données plus facilement.

Le DFDR contenait quelque trois heures de données et avait enregistré environ 200 paramètres. Les données n'ont révélé aucune anomalie des systèmes de bord. À la hauteur de décision (200 pieds agl), la vitesse de l'appareil était de 151 noeuds, c'est-à-dire 6 noeuds de plus que la vitesse recommandée de 145 noeuds. L'avion a franchi le seuil de piste à une hauteur de 70 pieds agl environ à une vitesse de 147 noeuds. La hauteur de franchissement du seuil publiée est de 50 pieds agl.

D'après la reconstitution du vol, l'appareil a flotté pendant l'arrondi, puis il a effectué un toucher des roues ferme (avec une accélération verticale de 1,7 g) à 133 noeuds, à quelque 3 400 pieds au-delà du seuil de piste, alors qu'il restait environ 4 450 pieds de piste pour s'immobiliser avant l'extrémité de piste. La distance d'atterrissage nécessaire calculée par le commandant de bord était de 6 890 pieds. Cette distance avait été calculée avec une hauteur de franchissement du seuil de 50 pieds agl et un point de toucher des roues situé à 984 pieds au-delà du seuil de piste.

Les freins de roues ont été serrés et la poussée a été inversée 1,4 seconde après le toucher des roues. Les inverseurs de poussée ont été déployés 4,3 secondes après le toucher des roues. L'appareil se trouvait alors à quelque 4 400 pieds du seuil et il volait à 125 noeuds. Environ 14 secondes après la sélection de l'inversion de poussée², alors que l'appareil volait à 76 noeuds, conformément aux procédures d'utilisation normalisées (SOP), les manettes de poussée ont été placées à la position ralenti poussée inverse. La décélération longitudinale moyenne à l'atterrissage a été de moins 0,15 g pendant toute la course à l'atterrissage. Les données de décélération longitudinale enregistrées indiquent que le circuit de freinage de l'appareil fonctionnait. Quinze secondes après la désactivation des inverseurs de poussée, l'appareil est sorti en bout de piste à environ 30 noeuds.

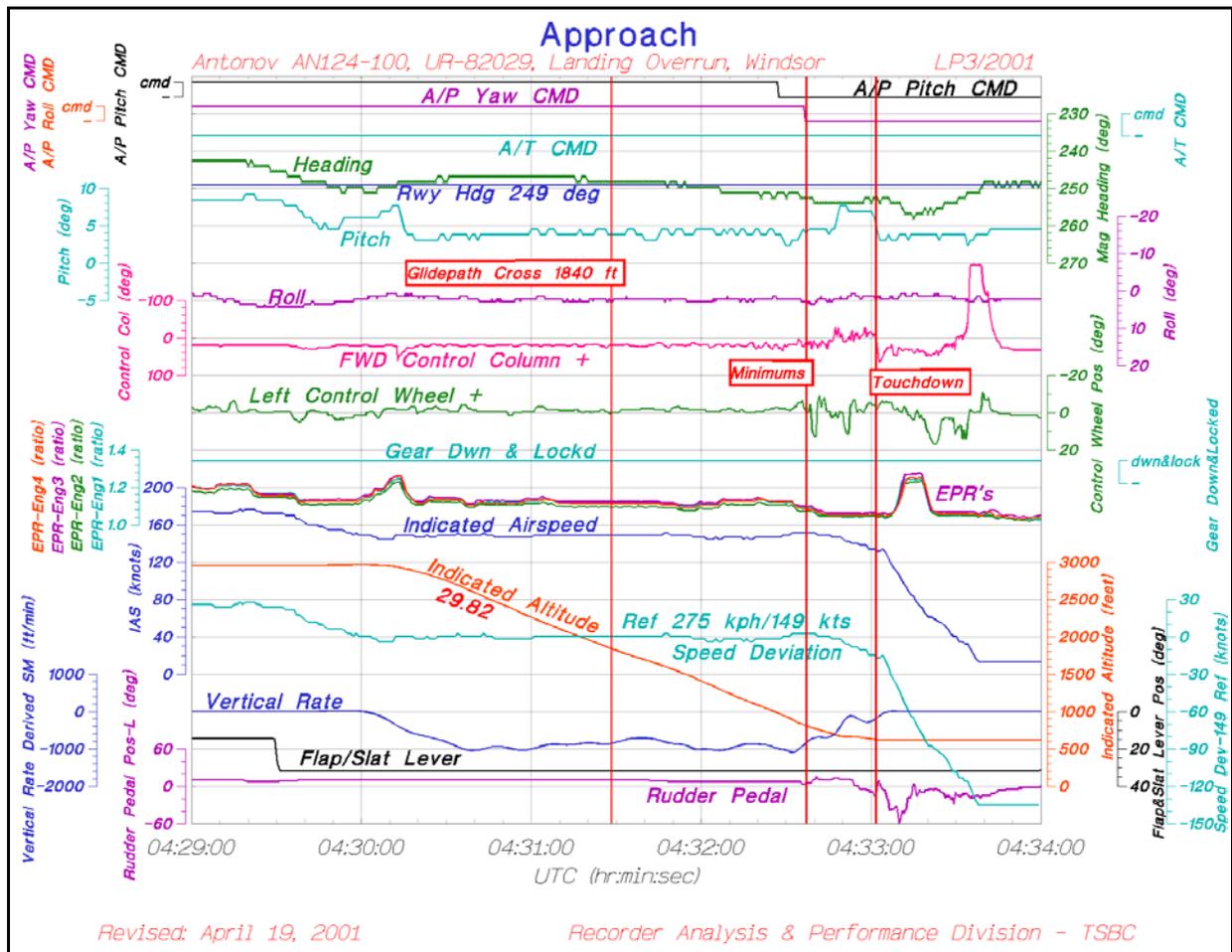
²

Pour ne pas endommager les moteurs, on sélectionne le ralenti poussée inverse à 76 noeuds.

Après l'immobilisation de l'appareil, les manettes de poussée ont été placées à la position de ralenti poussée normale.

1.12 Renseignements sur l'organisme et sur la gestion

Pour voler au Canada, tous les exploitants aériens étrangers doivent être titulaires d'un certificat d'exploitant aérien étranger en état de validité délivré par Transports Canada, conformément au *Règlement de l'aviation canadien*. Antonov Design Bureau était titulaire d'un certificat d'exploitant aérien étranger en état de validité depuis février 1991.



Note : Ce graphique élaboré par le Laboratoire technique du BST le 19 avril 2001 n'existe pas en français.

Voir le lexique anglais-français ci-après.

Lexique anglais-français des termes utilisés dans la figure 4 (en ordre alphabétique)

A/P :	Pilote automatique
A/T :	Automanette
Approach :	Approche
EPR :	Rapport de pression moteur
Flap/Slat Lever :	Levier des volets et des becs
Fwd Control Column :	Manche vers l'avant
Gear Dwn & Lockd :	Train sorti et verrouillé
Glidepath Cross 1840 ft :	Interception de l'alignement de descente 1 840 pieds
Heading : Cap	
Indicated Airspeed :	Vitesse indiquée
Indicated Altitude :	Altitude indiquée
Landing Overrun :	Sortie en bout de piste à l'atterrissage
Left Control Wheel :	Demi-volant gauche
Pitch :	Tangage, inclinaison longitudinale
Roll :	Roulis
Rudder Pedal :	Pédale de direction
Rwy Hdg :	Cap de piste
Speed Deviation :	Écart de vitesse
Touchdown :	Toucher des roues
Vertical Rate :	Vitesse ascensionnelle, taux de montée
Yaw :	Lacet

2.0 *Analyse*

2.1 *Introduction*

L'appareil est sorti en bout de piste à environ 30 noeuds et s'est immobilisé à quelque 340 pieds au-delà de l'extrémité de la piste 25. Du fait que le sol au-delà de l'extrémité de piste était meuble, l'appareil a décélééré rapidement. L'avion a subi peu de dommages.

L'analyse portera sur les causes probables de la sortie de piste. Elle examinera entre autres l'atterrissage long, l'effet de la neige sur la piste, l'efficacité du freinage, les techniques utilisées par l'équipage et les communications entre l'équipage et le contrôleur de la tour de Windsor.

2.2 *Approche et atterrissage*

À l'aéroport de Windsor, le plafond était si bas et la visibilité si faible que si l'équipage n'avait pas fait une approche de précision, il est probable qu'il aurait été impossible d'atterrir. Le vent favorisait la piste 07, mais seule une approche indirecte de non-précision au NDB pouvait être effectuée sur cette piste. L'équipage a donc décidé d'effectuer une approche ILS sur la piste 25 et d'atterrir avec un vent arrière de 4 noeuds. Le fait d'atterrir avec un vent arrière a rallongé la distance d'atterrissage. L'équipage de conduite a effectué une approche stabilisée jusqu'à la hauteur de décision. Compte tenu de tous les paramètres d'atterrissage, y compris du vent arrière, les tableaux de performances révèlent que l'avion aurait pu s'immobiliser sur la piste si elle avait été dégagée et sèche, si l'avion avait touché des roues au point de toucher normal à quelque 1 000 pieds du seuil. L'atterrissage long a contribué directement à la sortie en bout de piste.

De nombreux éléments ont contribué au toucher tardif des roues. À partir de la hauteur de décision, hauteur à laquelle le pilote automatique a été débrayé conformément aux SOP, l'avion a volé en moyenne à une vitesse supérieure de 6 noeuds à la vitesse d'approche normale et il a survolé le seuil à quelque 20 pieds plus haut que la hauteur normale établie à 50 pieds agl. L'atterrissage a été plus difficile en raison des conditions IMC, de l'obscurité et du fait que l'équipage de conduite ne connaissait pas très bien l'aérodrome.

2.3 *Performances de freinage*

Lorsque le commandant de bord a utilisé les tableaux de performances pour calculer la distance d'atterrissage nécessaire, il a présumé que le freinage serait normal. Avec le point de toucher des roues à 984 pieds du seuil, le délai minimum pour abaisser le nez de l'avion, le déploiement des déporteurs, le déploiement des inverseurs de poussée et le maintien du freinage antidérapant maximal jusqu'à l'immobilisation de l'appareil, la distance d'atterrissage pondérée calculée était de 6 890 pieds. Même si l'appareil a effectué un atterrissage long, d'après les calculs du commandant de bord pour un atterrissage sur une piste dégagée et sèche, l'appareil aurait dû pouvoir s'immobiliser sur la longueur de piste disponible car la distance d'arrêt non pondérée était de 3 280 pieds. Cependant, d'après le tableau 2 des CRFI (figure 2), la distance d'atterrissage non pondérée de 4 125 pieds (distance d'atterrissage pondérée calculée de 6 890 pieds divisée par 1,67) est plus que doublée avec un CRFI de 0,30; la distance passe à environ 8 350 pieds.

La piste 25 offre une distance d'atterrissage utilisable de 7 850 pieds. D'après cette distance et si l'on considère que l'appareil s'est immobilisé à 340 pieds au-delà de l'extrémité de piste, le freinage de l'appareil a été relativement efficace. Cette affirmation est étayée par le fait que deux gros avions (un Hercules C-130 et un

Airbus A319) ont atterri dans des conditions similaires dans les 22 minutes qui ont précédé l'incident (l'un d'entre eux ayant signalé un freinage « modéré ») ainsi que par le fait que, juste avant la sortie de piste, un spécialiste de l'entretien aéroportuaire avait effectué trois passages pour mesurer le freinage et que la moyenne des indices mesurés avait été de 0,30.

Rien ne permet de penser que les freins de l'appareil n'ont pas fonctionné normalement. Même si la partie centrale de la piste était recouverte sur 120 pieds de neige folle qui rendait le freinage moins efficace, la décélération longitudinale moyenne de l'appareil a été de moins 0,15 g pendant toute la course à l'atterrissage, et ce même après la désactivation des inverseurs de poussée, ce qui laisse croire que le freinage de l'appareil a été relativement efficace. Avant de sortir en bout de piste, l'AN124 a laissé d'importantes traces de dérapage sur quelque 100 pieds, ce qui laisse également croire que le freinage a été relativement efficace.

2.4 *Communications entre l'ATC et l'équipage de conduite*

Le terme « modéré » ne fait pas partie de la terminologie normalisée utilisée pour décrire le freinage. Il est utilisé pour décrire une condition météorologique associée aux précipitations, au givrage et à la turbulence. Les procédures de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) destinées aux services de la navigation aérienne stipulent que pour la transmission des renseignements d'aérodrome, les termes utilisés pour le freinage devraient être : bon, moyen, faible, incertain, ou une combinaison de ces termes. Même si le *Manuel d'exploitation du Contrôle de la circulation aérienne* (MANOPS ATC) recommande de transmettre les rapports à mesure qu'on les reçoit, il est possible que l'utilisation du terme non normalisé « modéré » entre l'équipage de conduite du Hercules C130 et l'équipage de conduite de l'AN124 ait semé la confusion ou ait été mal interprété par l'équipage de conduite de l'AN124 qui ne parlait pas anglais couramment. Il semble que les renseignements transmis antérieurement à l'équipage sur l'état de la piste et à propos des autres appareils qui avaient atterri sans incident aient laissé croire à l'équipage que le freinage était efficace pour effectuer une approche normale et un atterrissage normal.

L'ATC n'a pas demandé de rapport de freinage à l'Airbus qui avait atterri 10 minutes avant l'AN124 et n'a pas donné suite à la demande de l'équipage de conduite de l'AN124 qui s'attendait à ce qu'un rapport de freinage soit demandé à cet équipage. Ce rapport devait être transmis à l'équipage de conduite de l'AN124 pour lui donner une meilleure idée de la situation et de l'état de la piste. L'équipage de conduite savait que la piste était recouverte de neige, que la visibilité était réduite à cause de la neige légère et qu'il y avait un faible vent arrière; cependant, il n'est pas possible de déterminer si l'absence de rapport de freinage en provenance de l'Airbus peut avoir contribué à l'incident.

La consigne provisoire 9709 du MANOPS ATC complétant l'article 169 de la partie I mentionne que l'ATC doit informer les appareils concernés des conditions et de l'état des pistes pouvant avoir un effet sur la sécurité des vols et qu'il doit communiquer les rapports les plus récents faisant état des conditions de la surface des pistes pertinentes à mesure qu'il les reçoit en provenance de l'autorité aéroportuaire responsable. Le rapport qui faisait état d'un CRFI de 0,30 qui a été transmis à l'ATC par le spécialiste de l'entretien aéroportuaire 16 minutes avant l'incident n'a pas été transmis à l'équipage de conduite de l'AN124; il a cependant été transmis à l'équipage de conduite de l'Airbus. L'enquête n'a pas permis d'établir pourquoi cette communication n'a pas été enregistrée par le CVR de l'AN124, même si l'opérateur radio avait informé l'ATC qu'il écouterait la fréquence. L'équipage de conduite de l'AN124 a indiqué que, s'il avait su que le CRFI était inférieur à 0,40, il se serait dérouteré sur l'aéroport de dégivrage.

3.0 *Conclusions*

3.1 *Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs*

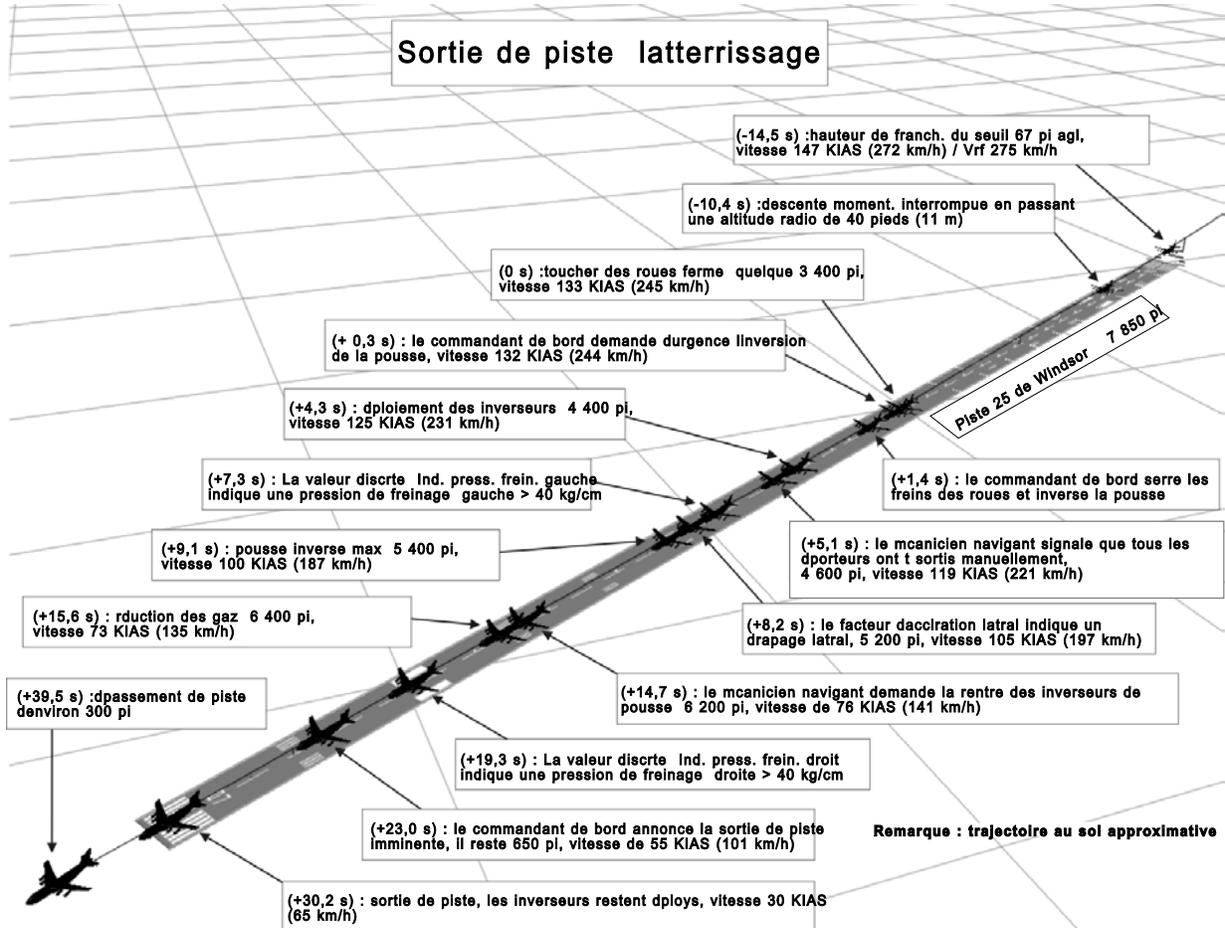
1. L'appareil a touché des roues à quelque 3 400 pieds au-delà du seuil de la piste 25 et il a été impossible de l'immobiliser sur les 4 450 pieds de piste qui restaient.
2. À cause des minima météorologiques de la piste 07, l'appareil a atterri sur la piste 25 avec une composante vent arrière de 4 noeuds. L'avion a survolé le seuil de la piste 25 à quelque 20 pieds au-dessus de la hauteur recommandée et à une vitesse supérieure d'environ 6 noeuds à la vitesse recommandée. L'avion a donc touché des roues bien au-delà du point de toucher normal.
3. La piste était recouverte d'une mince couche de neige folle qui a réduit l'efficacité du freinage et rallongé la course à l'atterrissage.
4. Le rapport qui faisait état d'un coefficient canadien de frottement sur piste (CRFI) de 0,30, qui a été transmis au contrôle de la circulation aérienne (ATC) par le spécialiste de l'entretien aéroportuaire, n'a pas été transmis à l'équipage de conduite de l'AN124. Résultat : l'équipage de conduite de l'AN124 a décidé d'atterrir à Windsor. S'il avait été au courant du CRFI, l'équipage de l'AN124 se serait dérouté sur l'aéroport de dégagement.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

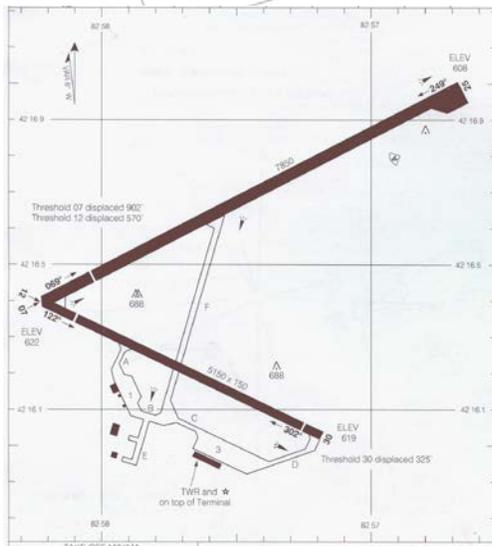
1. À l'atterrissage, on a donné une seule information à l'équipage de conduite de l'AN124 sur le freinage; on lui a dit que le freinage était « modéré »; ce terme n'est pas un terme normalisé et peut même porter à confusion. L'ATC n'a pas transmis à l'équipage de conduite de l'AN124 le CRFI de 0,30 ni l'indice de freinage sur piste de l'Airbus.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet incident. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 8 janvier 2002.

Annexe A - Sortie en bout de piste et aéroport de Windsor



Dossier technique LP003/2001



Annexe B - Liste des rapports de laboratoire

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

LP003/2001 - *CVR and FDR Flight Recorders* (Enregistreurs de bord CVR et FDR).

On peut obtenir ce rapport en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

Annexe C - Sigles et abréviations

agl	au-dessus du sol
asl	au-dessus du niveau de la mer
ATC	contrôle de la circulation aérienne
ATIS	service automatique d'information de région terminale
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CRFI	coefficient canadien de frottement sur piste
CVR	enregistreur de la parole dans le poste de pilotage
DFDR	enregistreur numérique de données de vol
HNE	heure normale de l'Est
g	facteur de charge
h	heure
IFR	règles de vol aux instruments
ILS	système d'atterrissage aux instruments
IMC	conditions météorologiques de vol aux instruments
kg	kilogramme
MANOPS ATC	<i>Manuel d'exploitation du Contrôle de la circulation aérienne</i>
NDB	radiophare non directionnel
NOTAM	avis aux aviateurs
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
sm	mille terrestre
SOP	procédures d'utilisation normalisées
t	tonne
UTC	temps universel coordonné
VMC	conditions météorologiques de vol à vue
°	degré
°C	degré Celsius
°M	degré magnétique
°V	degré vrai