



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR ACCIDENT AÉRONAUTIQUE

SORTIE EN BOUT DE PISTE

AIR BC
BRITISH AEROSPACE BAE 146-200 C-FBAB
TERRACE (COLOMBIE-BRITANNIQUE)
21 JANVIER 1994

RAPPORT NUMÉRO A94P0016

MISSION DU BST

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* établit les paramètres juridiques qui régissent les activités du Bureau de la sécurité des transports du Canada.

La mission du BST consiste essentiellement à promouvoir la sécurité du transport maritime, ferroviaire et aérien, ainsi que du transport par productoduc :

- en procédant à des enquêtes indépendantes et, au besoin, à des enquêtes publiques sur les événements de transport, afin d'en dégager les causes et les facteurs;
- en publiant des rapports rendant compte de ses enquêtes, publiques ou non, et en présentant les conclusions qu'il en tire;
- en constatant les manquements à la sécurité mis en évidence par de tels événements;
- en formulant des recommandations sur les moyens d'éliminer ou de réduire ces manquements;
- en menant des enquêtes et des études spéciales sur des questions touchant la sécurité des transports.

Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

INDÉPENDANCE

Pour favoriser la confiance du public à l'endroit du processus d'enquête sur les accidents de transport, l'organisme d'enquête doit non seulement être objectif, indépendant et libre de tout conflit d'intérêts, mais aussi perçu comme tel. La principale caractéristique du BST est son indépendance. Le Bureau relève du Parlement par l'intermédiaire du président du Conseil privé de la Reine pour le Canada et il est indépendant des autres organismes gouvernementaux et des ministères. Son indépendance assure la parfaite objectivité de ses conclusions et de ses recommandations. Elle repose sur sa compétence, sa transparence et son intégrité, ainsi que sur l'équité de ses méthodes.

Visitez le site Internet du BST
<http://bst-tsb.gc.ca/>

Les rapports d'enquête publiés par le BST depuis janvier 1995 y sont maintenant disponibles. Les rapports seront ajoutés au fur et à mesure qu'ils seront publiés.

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet accident 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 accident aéronautique

Sortie en bout de piste

Air BC

British Aerospace BAe 146-200 C-FBAB

Terrace (Colombie-Britannique)

21 janvier 1994

Rapport numéro A94P0016

Résumé

L'équipage a exécuté une approche indirecte sur la piste 15 de Terrace (Colombie-Britannique). L'avion a touché des roues à une distance mesurée de 1 650 pieds après le seuil de piste. Il a poursuivi sa course sur la piste et est sorti en bout de piste à une vitesse avoisinant les 25 noeuds. L'appareil s'est immobilisé à 315 pieds environ de l'extrémité de la surface en dur. L'avion n'a pas été endommagé. Personne n'a été blessé.

Le Bureau a déterminé que l'équipage a effectué un circuit d'atterrissage dans une vallée étroite par mauvais temps qui a donné lieu à une approche non stabilisée sur la piste glissante et contaminée. Résultat : la course à l'atterrissage et l'atterrissage ont été plus longs que la normale. Ont contribué à l'incident : la présence d'une composante vent arrière, le fait que les tableaux JBI (indice de freinage James) n'étaient pas précis, les décisions prises par l'équipage, l'utilisation par la compagnie de tableaux de performances à l'atterrissage sur pistes contaminées différents de ceux publiés par l'avionneur.

This report is also available in English.

Table des matières

	Page
1.0 Renseignements de base	1
1.1 Déroulement du vol	1
1.2 Victimes	2
1.3 Dommages à l'aéronef	2
1.4 Autres dommages	2
1.5 Renseignements sur le personnel	2
1.6 Renseignements sur l'aéronef	3
1.7 Renseignements météorologiques	4
1.8 Évaluation par l'équipage de la longueur de piste nécessaire à l'atterrissage	4
1.9 Approche et atterrissage	4
1.10 Décisions prises par l'équipage	5
1.11 Indice de freinage James (JBI) et information sur l'état de la piste	6
1.12 Services d'intervention d'urgence	7
1.13 Aides à la navigation	7
1.14 Renseignements sur l'aéroport de Terrace	7
1.15 Diagrammes de performances du BAe 146 d'Air BC	7
1.16 Tableaux JBI	9
1.17 Information fournie par l'avionneur	10
1.18 Enregistreurs de bord	11
2.0 Analyse	13
2.1 Introduction	13
2.2 L'approche et l'atterrissage	13
2.3 Décisions prises par l'équipage	13
2.4 Calcul du JBI	14
2.5 Comparaison des performances à l'atterrissage sur piste contaminée et des JBI	15

3.0	Conclusions	17
3.1	Faits établis	17
3.2	Causes	18
4.0	Mesures de sécurité	19
4.1	Mesures prises	19
4.1.1	Tableaux JBI	19
4.1.2	Mesures prises par l'exploitant	19
5.0	Annexes	
	Annexe A - Liste des rapports pertinents	21
	Annexe B - Sigles et abréviations	23

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroulement du vol

Le BAe 146-200 de British Aerospace, exploité par Air BC sous l'indicatif de vol ABL597, effectuait un vol régulier selon les règles de vol aux instruments (IFR)¹ entre Vancouver (Colombie-Britannique) et Terrace (Colombie-Britannique). L'avion transportait deux pilotes, deux agents de bord et 12 passagers. Avant d'exécuter l'approche sur Terrace, les pilotes avaient décidé de suivre le profil d'approche LOC/NDB C (radiophare d'alignement de piste/radiophare non directionnel) vers Terrace et de faire une approche indirecte pour se poser sur la piste 33 ou sur la piste 15. Ils ont effectué l'approche et sont sortis des nuages à quelque 500 pieds-sol² au nord-est de l'aéroport. Ils ont alors décidé de suivre l'approche indirecte gauche vers la piste 15 car ils n'avaient pas les repères visuels nécessaires pour se poser sur la piste 33. Le mauvais temps a forcé l'équipage à contourner des nuages bas en courte finale; toutefois, l'équipage a suivi le signal visuel de l'indicateur de trajectoire d'approche de précision (PAPI) et a établi l'appareil sur la pente de descente avant d'atterrir.

L'avion a touché des roues sur la piste 15 à 1 650 pieds environ après le seuil de piste (c'est ce que révèlent les mesures prises par le personnel de l'aéroport). Il a poursuivi sa course sur la piste et est sorti en bout de piste à quelque 25 noeuds. L'appareil a poursuivi sa course sur l'aire de dépassement de piste avant de s'immobiliser à peu près à 315 pieds de l'extrémité de la surface en dur. Le nez de l'avion se trouvait alors à 39 pieds à droite du prolongement de l'axe de piste. L'avion s'est immobilisé au cap de 154 degrés magnétique, à 7 degrés à droite du cap de piste. L'appareil n'a pas été endommagé. Personne n'a été blessé. Les passagers et l'équipage ont évacué l'avion par l'escalier escamotable avant et sont rentrés à l'aérogare par autobus dans les 30 minutes qui ont suivi l'incident.

L'incident est survenu par 54° 27' 59" de latitude Nord et 128° 34' 39" de longitude Ouest, vers 8 h 35, heure normale du Pacifique (HNP)³, le jour.

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

² Les unités correspondent à celles des manuels officiels, des documents, des rapports et des instructions utilisés ou reçus par l'équipage.

³ Les heures sont exprimées en HNP (temps universel coordonné [UTC] moins huit heures), sauf indication contraire.

1.2 Victimes

	Équipage	Passagers	Tiers	Total
Tués	-	-	-	-
Blessés graves	-	-	-	-
Blessés légers/Indemnes	4	12	-	16
Total	4	12	-	16

1.3 Dommages à l'aéronef

L'avion n'a pas été endommagé.

1.4 Autres dommages

Aucun.

1.5 Renseignements sur le personnel

	Commandant	Premier officier
Âge	41 ans	29 ans
Licence	pilote de ligne	pilote de ligne
Date d'expiration du certificat de validation	10 février 1994	1 ^{er} janvier 1995
Nombre total d'heures de vol	12 152	8 450
Nombre total d'heures de vol sur type en cause	2 463	2 730
Nombre total d'heures de vol dans les 90 derniers jours	127	230
Nombre total d'heures de vol sur type en cause dans les 90 derniers jours	127	230
Nombre d'heures de service avant l'événement	3	3
Nombre d'heures libres avant la prise de service	18	72

Les membres de l'équipage de conduite possédaient les licences et les qualifications nécessaires au vol et

en vertu de la réglementation en vigueur.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	British Aerospace
Type et modèle	BAe 146-200
Année de construction	1988
Numéro de série	E2090
Certificat de navigabilité	valide
Nombre total d'heures de vol cellule	13 674
Type de moteur (nombre)	Lycoming ALF-502R-5 (4)
Type d'hélice (nombre)	sans objet
Masse maximale autorisée au décollage	93 000 lb
Type(s) de carburant recommandé(s)	Jet A, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet B

L'appareil était certifié, équipé et avait été entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. La masse et le centrage de l'appareil se trouvaient dans les limites prescrites.

L'avion était équipé de freins anti-dérapants. L'avion n'était pas équipé d'inverseurs de poussée, ce qui n'était pas obligatoire en vertu de ses normes d'homologation. Le train d'atterrissage principal gauche de l'avion a une voie de 15 pieds et six pouces de largeur.

L'examen de l'avion après l'incident n'a révélé ni dommage ni défectuosité ni problème qui aurait pu contribuer à l'incident. Les freins fonctionnaient normalement, et les pneus du train principal ne portaient aucune dentelure ou marque de roussissement qui aurait pu être causée par l'hydroplanage.

1.7 Renseignements météorologiques

Les prévisions d'aérodrome pour Terrace entre 3 h et 15 h faisaient état des conditions suivantes : nuages épars à 500 pieds-sol, nuages fragmentés à 2 000 pieds-sol, visibilité de 4 milles dans la neige légère, vent du 360 degrés vrai à 20 noeuds avec rafales de 30 noeuds; nuages fragmentés à 500 pieds-sol par intermittence, ciel couvert à 2 000 pieds-sol, et visibilité réduite à un mille dans la bruine verglaçante et le brouillard.

À 8 h, à l'aéroport de Terrace, soit 35 minutes avant l'incident, les conditions suivantes prévalaient : plafond mesuré à 500 pieds-sol, ciel couvert, visibilité de deux milles et demi dans un peu de bruine verglaçante, neige légère et un peu de grésil, température de moins 2 degrés Celsius, point de rosée de moins 3 degrés Celsius, vent du 010 degrés vrai à 7 noeuds, calage altimétrique de 29,94 pouces de mercure.

Avant l'atterrissage, la FSS a signalé à l'équipage que le vent de surface soufflait du 350 degrés magnétique à 5 noeuds.

À 8 h 42, soit 7 minutes après l'incident, les conditions suivantes prévalaient : plafond mesuré à 500 pieds-sol avec nuages fragmentés, ciel couvert à 1 200 pieds-sol, visibilité de 3 milles dans très peu de bruine verglaçante et un peu de grésil, vent du 020 degrés vrai à 6 noeuds.

1.8 Évaluation par l'équipage de la longueur de piste nécessaire à l'atterrissage

Avant l'atterrissage, l'équipage a consulté les diagrammes du *Quick Reference Handbook* du BAe 146 d'Air BC pour calculer la distance d'atterrissage nécessaire. Les pilotes ont choisi le diagramme intitulé *Landing Field Length - Dry Paved Runway* (distance d'atterrissage sur piste sèche en dur) pour calculer la distance d'atterrissage sur piste sèche, en tenant compte du vent arrière existant. Ils ont ensuite entré la distance résultante dans le diagramme intitulé *Landing Distance Required Corrected for JBI 60% Factor* (distance d'atterrissage nécessaire compensée pour un facteur JBI de 60 %). Ce diagramme a révélé qu'il fallait une piste de 4 750 pieds de longueur pour se poser si le JBI (indice de freinage James) était de 0,25, et que l'avion pouvait se poser sur la piste de Terrace même si le JBI était de 0,20. Ces calculs ont été faits en présumant que le toucher des roues aurait lieu pas plus de 1 000 pieds après le seuil de piste. D'après cette information, les pilotes étaient certains que l'avion pourrait atterrir et s'immobiliser en toute sécurité sur la piste de 6 000 pieds de Terrace.

1.9 Approche et atterrissage

Le *Pilot's Handbook* du BAe 146 d'Air BC stipule qu'une «approche stabilisée» est une approche au cours de laquelle la vitesse et le taux de descente sont stables et le profil de descente est constant. Le manuel d'utilisation du BAe 146 stipule qu'il est essentiel de survoler le seuil de piste à la vitesse de référence d'atterrissage (V_{ref}) 33 avec les manettes de poussée ramenées à la poussée de ralenti de vol, pour que le toucher des roues ait lieu à quelque 1 000 pieds après le seuil de piste à la V_{ref} 33 - 7 noeuds. L'avion a

touché des roues à 1 650 pieds après le seuil de piste, ce qui est environ 650 pieds plus loin que le point idéal de toucher des roues. Selon le copilote, il est difficile d'effectuer une approche stabilisée à Terrace parce que la zone est exigüe et que le secteur est montagneux, et c'est encore plus difficile s'il fait mauvais.

Les pilotes avaient l'intention de se poser dans le vent sur la piste 33, ce qui aurait nécessité un léger virage à gauche de la trajectoire d'approche, si l'équipage avait établi le contact visuel avec la piste avant d'atteindre le point d'approche interrompue. Les pilotes avaient également décidé d'exécuter une approche indirecte sur la piste 15 s'il ne pouvait atterrir sur la piste 33.

Lorsque l'avion est arrivé au point d'approche interrompue, l'avion ne pouvait se poser sur la piste 33 parce qu'il faisait mauvais. Les pilotes ont alors poursuivi le vol en vue d'exécuter une approche indirecte vers la piste 15. Le copilote était aux commandes et en place droite. Il a perdu la piste de vue pendant cette approche. Le commandant n'a pas repris les commandes, mais il a guidé le copilote jusqu'à la trajectoire d'approche finale. L'enregistreur de données de vol (FDR) révèle que l'avion a survolé l'axe de piste pendant le virage entre l'étape de base et l'approche finale et que l'inclinaison latérale de l'avion a dû être portée jusqu'à 24 degrés pour contourner les nuages bas en approche finale.

Les pilotes ont déclaré que l'avion a été établi sur la pente de descente du PAPI avant l'atterrissage. L'équipage a sorti les aérofreins avant le toucher des roues, ce qui est une procédure normale.

L'avion a touché des roues sur l'axe de piste à 108 noeuds environ et à une distance mesurée de 1 650 pieds après le seuil de piste. Les déporteurs étaient sortis au toucher des roues. Le copilote a freiné immédiatement après le toucher des roues, mais en vain. Voyant que l'avion ne ralentissait pas comme prévu, le commandant de bord a coupé les deux moteurs extérieurs. L'appareil est sorti en bout de piste à quelque 25 noeuds. Il y avait six pouces de neige molle environ sur l'aire de dépassement de piste. Les occupants n'ont ressenti qu'une légère secousse au moment où l'avion a quitté la piste. Des passagers ont déclaré avoir entendu un bruit pendant la course à l'atterrissage. Ce bruit a été identifié comme étant le système antiblocage qui fonctionnait par intermittence.

1.10 Décisions prises par l'équipage

Quand l'équipage a décidé de continuer et de suivre une procédure d'approche indirecte gauche vers la piste 15, le copilote a gardé les commandes. Toutefois, comme la piste se trouvait sur sa gauche et au-dessous de son champ de vision directe dans le poste de

pilotage, il ne pouvait pas évaluer le virage qu'il fallait effectuer pour aligner l'avion sur la trajectoire d'approche finale et il a dû se fier aux instructions du commandant de bord. Il n'est pas rare que le pilote qui voit clairement la piste pendant une approche indirecte prennent les commandes et exécute l'atterrissage.

Vers la fin de l'approche, à trois reprises, le commandant a déclaré qu'il craignait que l'atterrissage ne réussisse pas, et il a suggéré une remise des gaz, mais il n'a pas insisté. Le copilote a déclaré qu'il n'était pas certain de pouvoir établir de nouveau le contact visuel avec la piste si une autre approche était tentée, et il a poursuivi l'approche et effectuer l'atterrissage.

1.11 Indice de freinage James (JBI) et information sur l'état de la piste

Le JBI est la mesure de l'efficacité du freinage sur une piste; 0,8 étant le meilleur freinage possible, et 0,0 un freinage nul.

Le JBI a été mesuré à l'aide d'un décéléromètre reconnu par Transports Canada à bord d'un camion homologué. Les mesures ont été prises tous les 1 000 pieds environ et à une trentaine de pieds de part et d'autre de l'axe de piste, conformément aux procédures normalisées.

L'équipement utilisé pour mesurer le JBI a été examiné et testé, et aucune défaillance n'a été relevée. La méthode de mesure du JBI ainsi que les qualifications des personnes qui ont pris ces mesures ont fait l'objet d'un examen qui a révélé que tout était dans les normes.

L'urée est un produit chimique que l'on répand sur la piste pour faire fondre la glace. On l'applique du centre de la piste vers l'extérieur.

Le jour de l'incident, le dégagement des pistes a débuté peu après 6 h, heure à laquelle le personnel de l'aéroport a commencé à balayer la neige et à répandre de l'urée. À 6 h 20, la surface de la piste 15 était entièrement recouverte de glace, et le JBI était de 0,26.

À 8 h 20, soit 15 minutes avant l'incident, le pilote d'un MU-2, avion dont l'empattement mesure un peu moins de 8 pieds, s'est posé sur la piste 33. Il a déclaré que le freinage était moyen et que la surface de la piste n'était pas recouverte de névasse, mais qu'elle était humide et granuleuse comme une chaussée mouillée et que la piste était plus mouillée et plus dégagée vers le centre.

À 8 h 28, soit 7 minutes avant l'incident, la surface de la piste était entièrement recouverte de glace, et il y avait un peu de névasse sur une distance de 60 pieds au centre. Le JBI moyen était de 0,36, et de 0,24 à 0,29 à l'extrémité sud de la piste. À 8 h 29, la station d'information

de vol (FSS) de Terrace a relayé l'information suivante à l'équipage du BAe 146 : surface de la piste entièrement recouverte de glace, un peu de névase sur 60 pieds au centre, JBI moyen de 0,36 et réduit à 0,29 environ à l'extrémité sud de la piste. Le chiffre 0,24 n'était pas mentionné dans le rapport qui a été transmis à l'équipage.

À 8 h 42, soit 7 minutes après l'incident, le JBI moyen était de 0,35, et de 0,24 à l'extrémité sud. Peu après l'incident, le commandant du BAe 146 a marché sur l'extrémité sud de la piste 15; il a remarqué que le centre de la piste était glacé et recouvert d'environ 1/16 de pouce d'eau et que la piste était très glissante.

1.12 Services d'intervention d'urgence

L'équipe de secours est arrivée sur les lieux en quelques minutes. Puisqu'il n'y avait ni incendie, ni dommages, ni blessé, on n'avait pas besoin de leurs services, sauf pour aider au transfert des passagers vers l'aérogare principal.

1.13 Aides à la navigation

Toutes les aides à la navigation fonctionnaient normalement.

1.14 Renseignements sur l'aéroport de Terrace

La piste 15 de l'aéroport de Terrace présente une pente descendante de 0,28 %, elle est orientée au 147 degrés magnétique, et sa surface est asphaltée. Elle mesure 6 000 pieds de longueur sur 150 pieds de largeur. L'aéroport est situé au bout d'une vallée et est entouré sur trois côtés de montagnes qui culminent à plus de 10 000 pieds-mer. L'altitude de l'aérodrome est de 713 pieds-mer.

1.15 Diagrammes de performances du BAe 146 d'Air BC

L'annexe C-3 du *Pilot's Handbook* du BAe 146 d'Air BC précise que, lorsqu'on prévoit que la piste sera mouillée ou glissante ou si elle l'est effectivement, on applique la méthode de calcul de la distance d'atterrissage sur piste mouillée (distance d'atterrissage sur piste sèche majorée de 15 %), à moins que le JBI prévu ou réel ne soit inférieur à 0,28. Si le JBI prévu ou réel est inférieur à 0,28, il faut calculer la distance d'atterrissage sur piste sèche corrigée en fonction du JBI. Cette distance ne peut pas être inférieure à la distance d'atterrissage sur piste mouillée calculée précédemment.

Les diagrammes de distances d'atterrissage sur piste sèche ou humide dans le *Pilot's Handbook* du BAe 146 d'Air BC et dans le *Quick Reference Handbook* utilisés par l'équipage de conduite ont été préparés par l'avionneur (British Aerospace) et ont été acceptés par Transports Canada pendant le processus d'homologation de l'avion en vue de son exploitation au Canada en 1984. À ce moment-là, la réglementation n'exigeait pas que l'on tienne compte de la distance d'atterrissage sur piste contaminée. La procédure normalisée au Canada pour évaluer la distance d'atterrissage sur piste contaminée consistait à utiliser les distances d'atterrissage sur piste sèche relevées dans les tableaux JBI. Les

tableaux JBI augmentaient alors cette distance pour tenir compte de la diminution de l'efficacité de freinage sur piste glissante.

Les valeurs sur piste sèche tiennent compte du «facteur de 60 %», ce qui signifie que la distance d'atterrissage démontrée de l'avion correspondait à 60 % de la longueur de piste d'atterrissage calculée, comme l'exige la réglementation. Par exemple, si la distance d'atterrissage sur piste sèche est de 5 000 pieds, l'avion peut s'immobiliser sur 60 % de cette distance, soit 3 000 pieds. Les 2 000 pieds qui restent est la marge de sécurité qui permet de tenir compte des techniques de pilotage et de l'état de la piste (s'il est moins qu'idéal).

Lorsque la distance d'atterrissage sur piste sèche est modifiée dans les tableaux JBI à cause de JBI réduits, 40 % de la marge de sécurité sont déjà pris en considération. Par conséquent, les valeurs inscrites sur les tableaux JBI ne commencent qu'à un JBI de 0,35 ou moins, c'est-à-dire lorsque l'avion se trouve déjà dans la marge de sécurité de 40 %. Les distances d'atterrissage dans les tableaux JBI sont donc des distances d'arrêt minimales qui ne comportent aucune marge de sécurité. Pour immobiliser un avion sur ces distances, l'atterrissage doit pour ainsi dire être «parfait», c'est-à-dire trajectoire d'approche et toucher des roues réussis, bonne vitesse d'approche, et utilisation opportune et maximale des freins et des destructeurs de portance. Le moindre facteur de pilotage ou de performance qui serait moins qu'idéal rallonge la distance d'atterrissage, c'est-à-dire que la distance sera plus longue que celles qui figurent dans les tableaux JBI.

Le facteur de 60 % n'est pas expliqué dans la *Publication d'information aéronautique* (A.I.P. Canada). Pendant la formation des pilotes de BAe 146 d'Air BC, on ne précise pas que les tableaux JBI ne tiennent pas compte du facteur de 60 %. Les pilotes ainsi formés utilisent donc les valeurs JBI comme la prévision exacte des performances d'atterrissage d'un BAe 146 sur pistes contaminées.

Selon Air BC, au cours des six années d'exploitation du BAe 146 sur pistes contaminées, les performances de l'avion ont toujours été conformes à celles qui figurent dans les diagrammes de distances d'atterrissage et les tableaux JBI. Air BC a déclaré que l'avion est sorti en bout de piste parce que le JBI au centre de la piste était inférieur à celui qui a été mesuré à 30 pieds de chaque côté de l'axe de piste.

1.16 Tableaux JBI

Le rapport LP 44/94 du Laboratoire technique du BST, intitulé *Calculation of Stopping Distances on Contaminated Runways using James Brake Index (JBI)* (Calcul des distances d'arrêt sur pistes contaminées à l'aide de l'indice de freinage James), précise ce qui suit :

- 1) La méthode utilisée pour mesurer le JBI est raisonnable.
- 2) Le tableau JBI de l'A.I.P. Canada devrait être accompagné d'un avertissement indiquant que les distances sont fondées sur un atterrissage «parfait» et qu'elles ne comportent pas la marge de sécurité assurée par le facteur de 60 %.
- 3) Le calcul des JBI ne tient pas compte de la diminution de l'efficacité du freinage aux faibles JBI, et ces données ne sont pas des données prudentes.

Le tableau JBI a été créé en 1973. Transports Canada ne possède toutefois aucune donnée technique en dossier pour valider les valeurs qui y figurent. En 1993, afin de confirmer les valeurs JBI, Transports Canada a mené une étude sur la validité et l'applicabilité du JBI en matière de performances des avions à l'atterrissage. On s'est aperçu que les distances d'atterrissage réelles pouvaient être jusqu'à 18 % supérieures à celles du tableau JBI et que le facteur de sécurité de 60 % n'était pas pris en considération. L'enquête a révélé qu'au moment de l'incident, l'information sur le JBI publiée dans l'A.I.P. Canada n'avait pas été modifiée.

Le paragraphe 1.6.4 de la partie AIR de l'A.I.P. Canada stipule que les JBI ne sont précis qu'en cas de neige compactée ou de glace, et non s'il y a de la neige fondante ou de la neige mouillée sur la piste. Il stipule également que cette information n'a pas été vérifiée officiellement dans le cadre d'un nombre suffisant de vols d'essai, mais elle devrait tout de même permettre aux pilotes d'évaluer les performances de leur avion sur des pistes contaminées.

Le tableau B «Distance d'arrêt requise corrigée par l'indice JBI avec le facteur de 60 %» du paragraphe 1.6.6 de l'A.I.P. Canada précise ce qui suit :

... il est destiné aux avions dont le manuel d'utilisation prévoit déjà le facteur de 60 % exigé par les règlements. Il ne contient pas de données pour les pistes dont l'indice JBI est supérieur à 0,4 car dans ce cas le facteur de 60 % constitue déjà une marge de sécurité suffisante.

Bien que le tableau JBI de l'A.I.P. Canada ne tienne pas compte de la marge de sécurité prévue par le facteur de 60 %, cela n'est pas indiqué clairement dans cette publication. L'A.I.P. Canada n'explique pas et ne définit pas le facteur de 60 %. Des entretiens avec des utilisateurs des tableaux JBI ont permis de constater que tous les utilisateurs n'étaient pas au courant du fait que l'A.I.P. Canada ne tient pas compte du facteur de 60 %.

Le *Pilot's Handbook* du BAe 146 d'Air BC avertit les pilotes que les tableaux et les diagrammes ne constituent qu'une partie de la solution du calcul des distances d'atterrissage. Ce manuel précise en outre que les pilotes devraient tenir compte d'autres facteurs qui ont une incidence sur les atterrissages sur piste mouillée ou glissante. Le manuel les avertit également de l'importance de suivre les profils d'approche à la bonne vitesse pour ne pas réduire la longueur de piste utilisable. Il précise aussi que les distances d'atterrissage tirées des tableaux JBI ne sont que des approximations et qu'elles ne doivent servir que de guide. Le manuel ne donne aucune consigne sur la manière d'utiliser ces approximations comme guide pour le calcul des distances d'atterrissage. Rien n'indique non plus que les valeurs JBI ne sont valides que sur neige compactée et sur la glace, comme il est mentionné dans l'A.I.P. Canada, ni que la marge de sécurité prévue dans le facteur de 60 % est déjà prise en considération. L'homologation ne se base pas sur l'utilisation de l'inversion de poussée pour le calcul des distances d'atterrissage, mais la plupart des aéronefs gros porteurs sont équipés d'inverseurs de poussée, et les pilotes de ces aéronefs utilisent ces dispositifs pour atterrir. L'utilisation de l'inversion de poussée pendant l'atterrissage permet d'améliorer les performances d'arrêt sur piste glissante; toutefois, les avions BAe 146 ne sont pas équipés d'inverseurs de poussée.

1.17 Information fournie par l'avionneur

L'avionneur [British Aerospace (BAe)] a été consulté à propos de cet incident. Selon lui, la méthode servant à évaluer les performances du BAe 146 sur piste glissante est inacceptable et tout à fait incohérente par rapport aux valeurs de BAe. BAe cite en référence le paragraphe 9.10.11 du manuel d'utilisation du BAe 146 (à propos du pilotage dans des conditions normales, glacées et pluvieuses). Selon ce paragraphe, compte tenu des circonstances qui prévalaient le jour de la sortie en bout de piste, l'avion avait besoin d'une distance d'environ 4 550 pieds pour s'immobiliser. Si l'on ajoute cette distance aux 1 650 pieds de piste qu'a survolés l'avion en atterrissant, il aurait fallu que la piste soit 200 pieds plus longue (la piste de Terrace mesure 6 000 pieds). De plus, la distance d'atterrissage requise aurait été plus longue à cause de la composante vent arrière et de la pente descendante de la piste.

L'information fournie dans le paragraphe 9.10.11 du manuel d'utilisation du BAe 146 est répétée dans le manuel de vol du BAe 146, et Transports Canada aurait pu obtenir cette information pendant l'homologation du BAe 146. Cette information a été mise à la disposition d'Air BC à l'automne de 1993. Les performances à l'atterrissage consignées par BAe sont différentes de celles d'Air BC.

1.18 *Enregistreurs de bord*

Au moment de l'incident, l'avion était équipé d'un enregistreur de données de vol (FDR) et d'un enregistreur phonique (CVR). Les deux enregistreurs ont été retirés de l'appareil pour permettre au Laboratoire technique du BST de les dépouiller et d'en faire l'analyse.

Le FDR a révélé que l'avion n'était pas en approche stabilisée avant l'atterrissage. L'appareil a survolé le prolongement d'axe de piste en virant en finale d'approche parce que l'équipage a dû contourner des nuages bas; des inclinaisons latérales allant jusqu'à 24 degrés ont été enregistrées en courte finale. L'avion a tout d'abord touché la piste avec le train gauche, à 1 500 pieds du seuil de piste⁴, et les déporteurs se sont déployés au repère 1 900 pieds. Le commandant de bord a coupé les moteurs extérieurs 4 200 pieds après avoir survolé le seuil de piste. L'avion est sorti en bout de piste à une vitesse avoisinant les 25 noeuds, environ 42 secondes après le toucher des roues.

La vitesse d'approche finale visée était de 118 noeuds, mais le FDR révèle que la véritable vitesse d'approche finale se situe entre 114 et 120 noeuds. La vitesse visée à l'arrondi était de 113 noeuds, mais le FDR révèle qu'elle a été de 117 noeuds. La vitesse prévue au toucher des roues était de 106 noeuds, mais le FDR révèle qu'elle a été de 108 noeuds.

Le CVR contient un ruban à boucle sans fin qui a enregistré, dans ce cas-ci, 33 minutes et 39 secondes des communications les plus récentes dans le poste de pilotage. Comme le CVR a été alimenté jusqu'à ce que l'équipage coupe l'alimentation électrique 32 minutes environ après l'atterrissage, il ne restait qu'une minute et 39 secondes de communications pour les besoins de l'enquête.

⁴ D'après toutes les informations cependant, il a été conclu que l'avion a touché la piste à 1 650 pieds.

2.0 *Analyse*

2.1 *Introduction*

L'enquête n'a révélé aucune anomalie mécanique qui aurait pu contribuer à l'incident. L'analyse porte donc sur les facteurs qui une fois réunis ont causé la sortie en bout de piste.

2.2 *L'approche et l'atterrissage*

Si la météo n'avait pas forcé les pilotes à contourner des nuages bas en courte finale, l'avion se serait probablement retrouvé en approche stabilisée. Le copilote aurait alors pu se poser avant l'endroit où il l'a fait (il s'est posé à 1 650 pieds après le seuil) et il aurait pu immobiliser l'avion sur le reste de la piste.

La composante vent arrière pendant l'approche et l'atterrissage a contribué à rallonger la distance d'atterrissage et la course à l'atterrissage.

2.3 *Décisions prises par l'équipage*

Quand l'avion est sorti des nuages, l'équipage s'est rendu compte qu'il n'était pas possible de faire une approche directe. Les pilotes avaient discuté de cette possibilité et avaient décidé de faire une approche indirecte avec un virage à gauche à l'autre extrémité de la piste. Plusieurs facteurs ont contribué à déstabiliser l'approche. La procédure d'approche indirecte à vue a dû être exécutée par visibilité réduite dans une zone exigüe en présence de précipitations givrantes. L'équipage a dû faire attention au relief parce qu'il se trouvait dans un secteur montagneux. Il y avait une composante vent arrière, et l'avion devait contourner des nuages bas proches du seuil de piste. Le BAe-46 doit se fier à ses freins et à ses destructeurs de portance pour décélérer. Il est possible que ces dispositifs soient moins efficaces que l'inversion de poussée quand l'aéronef roule à haute vitesse au début de la course à l'atterrissage sur une surface glissante.

Le commandant de bord avait le choix entre laisser le copilote se servir de son jugement dans des circonstances difficiles ou reprendre les commandes. Quand le copilote a perdu la piste de vue parce que la piste ne se trouvait pas dans son champ de vision directe dans le poste de pilotage, le commandant de bord aurait été en droit de reprendre les commandes. À trois reprises pendant l'approche finale, le commandant a suggéré au copilote de faire une remise des gaz, mais il a laissé le copilote décider s'il voulait interrompre l'approche. Le copilote a déclaré qu'il n'était pas certain de pouvoir établir de nouveau le contact visuel avec la piste si une autre approche était tentée, et il a poursuivi l'approche et effectué l'atterrissage.

Après l'atterrissage, les membres de l'équipage ont rencontré des conditions imprévues. La surface de la piste était plus glissante que prévu. D'une part, les pilotes se sont trop fiés aux JBI qu'on leur avait transmis et au rapport du pilote du MU-2. Les mesures JBI ont été prises à l'extérieur du trajet suivi par les roues de l'avion et sur une surface probablement moins glissante. Le MU-2 a une voie serrée et il se pourrait qu'il ait rencontré des conditions différentes de celles du BAe-146 à l'atterrissage. D'autre part,

les valeurs JBI publiées n'indiquent pas clairement que le facteur de sécurité qui est normalement compris dans les distances d'atterrissage n'est pas compris dans les JBI faibles. Il n'est pas indiqué non plus qu'en raison de la diminution de l'efficacité du freinage aux faibles JBI, les valeurs ne sont pas des données prudentes. Un message d'avertissement précise que les données JBI ne doivent être utilisés qu'à titre de guide. Le manuel d'utilisation du BAe du constructeur, s'il avait été consulté, aurait montré qu'essayer de rester sur la piste aurait posé des problèmes graves. Les données relatives au BAe ont été fournies à Air BC en 1993 et sont devenues un amendement au manuel de vol.

Il s'agissait d'une situation où l'équipage ne pouvait presque pas s'éloigner du profil d'atterrissage idéal, et les effets de plusieurs facteurs ont rallongé la course à l'atterrissage au point que l'avion est sorti en bout de piste. Les pilotes auraient pu et auraient dû être conscients de certains de ces effets, mais ils ne pouvaient d'aucune façon savoir qu'il y avait d'autres facteurs, y compris le fait que les valeurs JBI présentent une marge d'erreur pouvant atteindre les 18 %, et que pour la distance d'atterrissage, le facteur de sécurité est réduit. L'avion a touché des roues 1 650 pieds après le seuil de piste, soit 650 pieds plus loin que le point idéal de toucher des roues.

2.4 *Calcul du JBI*

Comme l'on répend de l'urée d'abord au centre de la piste, il est possible que cet endroit ait été plus mouillé que la surface située à 30 pieds de part et d'autre de l'axe de piste, où le JBI avait été mesuré. Le JBI au centre de la piste, là où le BAe 146 s'est posé, était probablement plus faible que celui qui a été signalé. C'est ce qui explique l'inefficacité du freinage dont a parlé le copilote.

En outre, puisque les JBI ne sont précis qu'en cas de neige compactée ou de glace, et non s'il y a de la neige fondante ou de la neige mouillée sur la piste, les pilotes n'auraient pas dû se fier au tableau JBI pour calculer la distance d'arrêt de l'avion.

Les valeurs JBI publiées dans l'A.I.P. Canada par Transports Canada ne servent qu'à guider les pilotes. L'information qui s'y trouve est trompeuse car elle ne donne aucun avertissement suffisant à propos du caractère non officiel des distances d'arrêt requises aux faibles JBI, ni en ce qui concerne les imprécisions pouvant aller jusqu'à 18 %.

Les avions de la catégorie transport comme le BAe 146 reçoivent une homologation de type précisant qu'ils doivent pouvoir s'arrêter sur les 60 % de la distance d'atterrissage prévue. Or, le tableau JBI permet aux pilotes de se poser légalement sur une piste contaminée, même

si le tableau JBI prévoit que l'avion devra utiliser toute la longueur de la piste, sans marge de sécurité. Par conséquent, la marge de sécurité de 40 % disparaît à un moment où elle serait le plus nécessaire, c'est-à-dire lorsque la piste est contaminée et qu'il n'est pas possible de prévoir la distance d'arrêt. Certains pilotes ne sont pas au courant des limites du tableau JBI et croient que le facteur de sécurité de 60 % est pris en considération.

2.5 Comparaison des performances à l'atterrissage sur piste contaminée et des JBI

Les membres de l'équipage de conduite se sont trop fiés aux JBI. Ils ne se sont pas rendu compte que la marge de sécurité assurée par le facteur de 60 % n'était pas pris en considération, que l'imprécision des JBI peut atteindre 18 % et que les JBI sont des approximations et qu'ils doivent être utilisés uniquement comme guides.

Le calcul de la distance d'atterrissage effectué à partir des valeurs tirées du paragraphe 9.10.11 du manuel d'utilisation du BAe 146 a montré que l'avion sortirait en bout de piste dans les conditions existantes. Toutefois, Air BC ne forme pas ses pilotes à utiliser le manuel d'utilisation de l'avion pour déterminer les distances d'atterrissage et ne les oblige pas à le faire.

Les distances d'atterrissage obtenues des tableaux du manuel d'utilisation de l'avion et d'Air BC sont plus longues que celles avancées par le tableau JBI. Il a cependant été impossible de déterminer la cause de ces divergences, puisque les données techniques sur lesquelles s'appuie le tableau JBI ne sont pas disponibles.

3.0 Conclusions

3.1 Faits établis

1. L'équipage a dû contourner des nuages bas en courte finale pour ne pas perdre la piste de vue.
2. L'avion a touché des roues 1 650 pieds après le seuil de piste, soit 650 pieds environ après le point idéal de toucher des roues.
3. L'avion s'est posé en présence d'une composante vent arrière sur une piste présentant une pente descendante.
4. L'avion est sorti en bout de piste à une vitesse avoisinant les 25 noeuds.
5. Lors de l'atterrissage, il y avait des nuages bas, des précipitations verglaçantes et un vent arrière.
6. Le commandant de bord a suggéré au copilote de remettre les gaz, mais le copilote a déclaré qu'il n'était pas certain de pouvoir établir de nouveau le contact visuel avec la piste si une autre approche était tentée, et il poursuivi l'approche et effectuer l'atterrissage.
7. Le tableau JBI ne tient pas compte du facteur de 60 %, et cela n'est pas indiqué clairement dans l'A.I.P. Canada.
8. Les JBI sont obtenus uniquement pour certaines parties de la piste.
9. Transports Canada ne possède aucune donnée technique en dossier pour valider les valeurs qui figurent au tableau JBI. Une étude récente effectuée par Transports Canada a démontré que les distances d'atterrissage réelles pouvaient être jusqu'à 18 % supérieures à celles de l'A.I.P. Canada.
10. Les pilotes se sont trop fiés au tableau JBI.
11. Les performances à l'atterrissage relatives au BAe 146 consignées par BAe étaient différentes de celles d'Air BC.
12. L'avion a été entretenu conformément à la réglementation en vigueur. La masse et le centrage de l'avion se trouvaient dans les limites.
13. Les membres de l'équipage de conduite possédaient les licences et les qualifications nécessaires au vol et en vertu de la réglementation en vigueur.
14. Le BAe 146 n'est pas équipé d'inverseurs de poussée et doit se fier à ses freins et à ses destructeurs de portance qui sont moins efficaces sur des surfaces glissantes.

3.2 *Causes*

L'équipage a effectué un circuit d'atterrissage dans une vallée étroite par mauvais temps qui a donné lieu à une approche non stabilisée sur la piste glissante et contaminée. Résultat : la course à l'atterrissage et l'atterrissage ont été plus longs que la normale. Ont contribué à l'incident : la présence d'une composante vent arrière, le fait que les tableaux JBI (indice de freinage James) n'étaient pas précis, les décisions prises par l'équipage, l'utilisation par la compagnie de tableaux de performances à l'atterrissage sur pistes contaminées différents de ceux publiés par l'avionneur.

4.0 *Mesures de sécurité*

4.1 *Mesures prises*

4.1.1 *Tableaux JBI*

Le 19 avril 1995, le BST a envoyé un premier avis de sécurité aérienne (n° 950056) à Transports Canada dans lequel il suggérait à Transports Canada d'évaluer de nouveau les tableaux JBI et d'examiner l'information relative aux JBI dans l'A.I.P. Canada. Dans cet avis, il suggérait également à Transports Canada d'envisager, comme mesure provisoire, d'informer le monde de l'aviation des lacunes apparentes que présentent les tableaux JBI.

Après l'avis de sécurité, Air BC a signalé d'autres préoccupations qu'il avait concernant l'utilisation des distances d'atterrissage basées sur le JBI, notamment le bien-fondé des endroits de la piste où l'on mesure le JBI, la nécessité de corriger le JBI pour qu'il se prête à tous les états de la piste possibles, et les effets néfastes possibles de la neige fondante sur les distances d'arrêt lorsque de l'urée a été répandue sur la piste. Le BST a transmis ces préoccupations à Transports Canada. En août 1996, le BST a envoyé un deuxième avis de sécurité aérienne (n° 960084) à Transports Canada concernant le fait qu'il n'est pas indiqué clairement que les tableaux JBI ne tiennent pas compte du facteur de sécurité de 60 % dans les distances d'atterrissage sur pistes contaminées.

Transports Canada a répondu qu'il attendait de connaître les résultats du programme de tests sur les pistes en hiver entrepris par la National Aeronautics and Space Administration (NASA), la Federal Aviation Administration (FAA) et Transports Canada et que les tableaux JBI ne seraient pas modifiés avant cela.

4.1.2 *Mesures prises par l'exploitant*

Air BC a fait savoir que jusqu'à ce que les données JBI soient validées, un facteur de 20 % sera ajouté à toutes les distances d'atterrissage chaque fois qu'un facteur de correction JBI sera utilisé à partir du tableau figurant dans l'A.I.P. Canada.

Le présent rapport met fin à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports sur cet incident. La publication de ce rapport a été autorisée le 12 novembre 1996 par le Bureau qui est composé du Président Benoît Bouchard et des membres Maurice Harquail et W.A. Tadros.

Annexe A - Liste des rapports pertinents

L'enquête a donné lieu aux rapports de laboratoire suivants :

LP 10/94 - *Flight Recorder Analysis* (Analyse des enregistreurs de bord);

LP 11/94 - *Cockpit Voice Recorder/ Air Traffic Control Tape Analysis* (Analyse de l'enregistreur phonique de bord et de la bande d'enregistrement du contrôle de la circulation aérienne);

LP 44/94 - *Calculation of Stopping Distances on Contaminated Runways using James Brake Index (JBI)* (Calcul des distances d'arrêt sur pistes contaminées à l'aide de l'indice de freinage James).

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

Annexe B - Sigles et abréviations

A.I.P.	Publication d'information aéronautique
BAe	British Aerospace
BST	Bureau de la sécurité des transports du Canada
CVR	enregistreur phonique
FAA	Federal Aviation Administration
FDR	enregistreur de données de vol
FSS	station d'information de vol
HNP	heure normale du Pacifique
IFR	règles de vol aux instruments
h	heure(s)
JBI	indice de freinage James
lb	livre(s)
LOC	radiophare d'alignement de piste
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NDB	radiophare non directionnel
PAPI	indicateur de trajectoire d'approche de précision
UTC	temps universel coordonné
'	minute(s)
"	seconde(s)
°	degré(s)