



**RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A12P0008**



**PERTE DE PUISSANCE DU MOTEUR ET ATERRISSAGE
BRUTAL**

**DE L'HÉLICOPTÈRE EUROCOPTER AS 350 B3, C-FMPG
EXPLOITÉ PAR LA GENDARMERIE ROYALE DU CANADA
À 1,5 NM À L'EST DE CULTUS LAKE (COLOMBIE-
BRITANNIQUE)
LE 17 JANVIER 2012**

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 A12P0008

Perte de puissance du moteur et atterrissage brutal

de l'hélicoptère Eurocopter AS 350 B3, C-FMPG
exploité par la Gendarmerie royale du Canada
à 1,5 nm à l'est de Cultus Lake (Colombie-
Britannique)
le 17 janvier 2012

Résumé

À 13 h 51 (heure normale du Pacifique), Air 5, hélicoptère Eurocopter AS 350 B3 exploité par la Gendarmerie royale du Canada (portant l'immatriculation C-FMPG et le numéro de série 3082), à bord duquel se trouve seulement le pilote, décolle d'un champ libre près de Cultus Lake (Colombie-Britannique) aux abords de la ville de Chilliwack. L'hélicoptère se déplace lentement sur près de 260 pieds vers le nord, puis fait approximativement 30 secondes de vol stationnaire à une altitude d'environ 80 pieds au-dessus du sol. Soudainement, le moteur produit un bruit anormal et une bouffée de vapeur gris blanchâtre, puis le nombre de rotations par minute du rotor diminue rapidement. L'hélicoptère perd vite de l'altitude, et en quelques secondes, atterrit brutalement sur le relief enneigé. Au contact avec le sol, le fuselage de l'hélicoptère s'affaisse et le réservoir de carburant est éventré. Il n'y a aucun incendie. L'hélicoptère est détruit et le pilote subit des blessures mortelles. La radiobalise de localisation d'urgence s'active et le système de recherche et sauvetage assisté par satellite en capte le signal. L'accident survient en plein jour par 49°04'13" N et 121°56'08" W, à une élévation approximative de 650 pieds au-dessus du niveau de la mer.

This report is also available in English.

Table des matières

1.0	<i>Renseignements de base</i>	4
1.1	Déroulement du vol.....	4
1.2	Tués et blessés	5
1.3	Dommages à l'aéronef.....	6
1.4	Autres dommages.....	6
1.5	Renseignements sur le pilote.....	6
1.6	Renseignements sur l'aéronef	7
1.6.1	Hélicoptère Eurocopter AS 350 B3, C-FMPG	7
1.6.2	Moteur Turbomeca Arriel 2B.....	8
1.7	Renseignements sur la météo	8
1.8	Aides à la navigation	8
1.9	Communications	9
1.10	Renseignements sur l'aérodrome	9
1.11	Enregistreurs de bord.....	9
1.12	Renseignements sur l'épave	9
1.13	Renseignements médicaux et pathologiques.....	9
1.14	Incendie	10
1.15	Questions relatives à la survie des occupants.....	10
1.16	Essais et recherches.....	10
1.16.1	Examen du moteur.....	10
1.16.2	Examens du système de surveillance des paramètres moteur et du dispositif de régulation numérique du moteur	10
1.16.3	Essai au banc du moteur	11
1.16.4	Dommages aux aubes du compresseur du moteur.....	11
1.16.5	Consommation d'air du moteur Turbomeca Arriel	12
1.16.6	Ministère de la Défense : essais de certification de givrage d'entrée d'air des moteurs Arriel (1977)	12
1.16.7	Turbomeca : essais d'ingestion d'eau et de neige des moteurs Arriel.....	12
1.16.8	Lettre de service d'Eurocopter n° 1270-00-96 (décembre 2006)	14
1.16.9	Exploitation par temps froid de l'hélicoptère AS 350 B3.....	15
1.16.10	Prélèvement d'air P2.....	16
1.16.11	Avis d'information d'Eurocopter n° 2030-I-00 (janvier 2009)	16

1.16.12	Avis d'information d'Eurocopter n° 2302-I-00 (avril 2011)	17
1.16.13	Résumé des renseignements des fabricants.....	18
1.16.14	Exploitation d'hélicoptères en conditions hivernales	18
1.16.15	Événements antérieurs liés à une perte semblable de la puissance du moteur .	18
1.17	Renseignements sur les organismes et sur la gestion	20
1.17.1	Sous-direction du service de l'air de la GRC.....	20
1.17.2	Système de transport humain externe.....	20
1.17.3	Maintenance par la GRC	20
1.17.4	Masse et centrage de l'hélicoptère	21
1.17.5	Diffusion interne de l'information de la Sous-direction du service de l'air.....	21
1.17.6	Système de gestion de la sécurité de la Sous-direction du service de l'air	22
1.17.7	Surveillance par Transports Canada	22
1.18	Renseignements supplémentaires	22
1.18.1	Atterrissages à la suite d'une perte de puissance du moteur de l'hélicoptère ...	22
1.18.2	Domaine altitude-vitesse.....	24
1.18.3	Exigences de certification des aéronefs de Transports Canada.....	24
1.18.4	Circuits d'autoallumage et d'allumage continu.....	25
1.18.5	Activités liées au système de transport humain externe	26
1.19	Techniques d'enquête utiles ou efficaces.....	27
1.19.1	Analyse structurale de la cellule et des dommages aux sièges.....	27
1.19.2	Essai d'accumulation de neige et de température du plénum.....	28
1.19.3	Exemples d'opérations hivernales des exploitants d'hélicoptères AS 350.....	29
2.0	Analyse	30
2.1	Généralités	30
2.2	Exposition aux intempéries	30
2.3	Démarrage et fonctionnement du moteur	31
2.4	Perte de la puissance du moteur.....	32
2.5	Domaine de vol de l'accident	33
2.6	Surveillance de la part de la direction.....	33
2.7	Circuits d'autoallumage.....	34
2.8	Activités liées au système de transport humain externe	34
3.0	Faits établis	35
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	35
3.2	Faits établis quant aux risques	35

4.0	<i>Mesures de sécurité</i>	37
4.1	Mesures de sécurité prises	37
4.1.1	Gendarmerie royale du Canada.....	37
4.1.2	Transports Canada.....	38
4.1.3	Eurocopter	38
4.2	Préoccupations du Bureau en matière de sécurité	39
	<i>Annexes</i>	41
	Annexe A – Liste des rapports de laboratoire du BST.....	41
	Annexe B – AS 350 – Graphiques de domaine altitude-vitesse du manuel de vol de giravion....	42
	Annexe C – Consigne de navigabilité CF-2001-03R1 de Transports Canada (extrait).....	43
	Annexe D – Liste de tous les documents et essais d’ingestion de neige, de glace et d’eau.....	45
	Annexe E – Paragraphes de la lettre de service d’Eurocopter n° 1270-00-96 : Protection and use of helicopters in cold weather and in damp conditions [protection et utilisation d’hélicoptères par temps froid et humide].....	48
	Annexe F – Avis de sécurité d’Eurocopter n° 2645-S-30	51
	Annexe G – Règlements et normes pour le transport des charges externes de classe D.....	53

1.0 Renseignements de base

1.1 Déroutement du vol

Le jour de l'accident, Air 5, l'hélicoptère Eurocopter AS 350 B3 de la Gendarmerie royale du Canada (GRC), a décollé de l'aéroport international de Vancouver (CYVR) à 9 h 6¹ et a atterri sur une propriété du ministère de la Défense nationale, environ 1,5 mille marin (nm) à l'est de Cultus Lake (Colombie-Britannique), à 9 h 30. À 11 h 45, l'hélicoptère a décollé et a effectué un vol d'entraînement avec le système de transport humain externe (HETS) (illustré à la photo 1 et décrit à la section 1.17.2) au-dessus d'un terrain dégagé et partiellement boisé. Le vol s'est déroulé durant des périodes de légères chutes intermittentes de neige. Environ 35 minutes plus tard, l'hélicoptère est retourné au lieu d'atterrissage et le moteur a été coupé afin que le pilote puisse prendre son repas et se préparer pour les vols d'entraînement de l'après-midi.

Lorsque le moteur de l'hélicoptère a été coupé pour la période du dîner, il ne neigeait pas et les housses d'entrée d'air du moteur, qui étaient à bord, n'ont pas été installées. Pendant la pause-repas, il s'est mis à neiger abondamment pendant environ 15 à 20 minutes. Le pilote n'est pas retourné à l'hélicoptère pour installer les housses d'entrée d'air du moteur. À 13 h 15, le pilote a décidé d'annuler le reste de l'entraînement et de retourner à CYVR. Depuis l'arrêt, il semblait s'être accumulé une quantité importante de neige sur l'hélicoptère; cependant, la chute de neige avait alors diminué, voire cessé complètement. La température était d'environ -10 °C.

Après la reconfiguration de l'hélicoptère pour le vol à destination de CYVR, le pilote est entré dans le poste de pilotage et s'est préparé pour le démarrage. Au même moment, 2 membres du personnel au sol ont enlevé la neige qui s'était accumulée sur les 2 pare-brise avant. À 13 h 49, le pilote a démarré l'hélicoptère, et la rotation a balayé la neige des pales. Une quantité importante de neige est demeurée sur les surfaces supérieures du fuselage et de la poutre-fuselage (photo 2).

L'hélicoptère a décollé en vol stationnaire; il est ensuite monté jusqu'à environ 50 pieds au-dessus du sol (agl), puis s'est déplacé lentement vers l'avant en ligne droite sur une distance de quelque 260 pieds en montant avant de faire approximativement 30 secondes de vol stationnaire à une altitude de 80 pieds agl. Peu de temps après, un bruit sourd s'est fait entendre, la zone d'échappement a libéré une bouffée de vapeur gris blanchâtre et le régime du rotor (exprimé en tours par minute ou tr/min) a subi une baisse



Photo 1. Vol d'entraînement avec le système de transport humain externe (HETS) (Source : GRC)

¹ Les heures sont exprimées en heure normale du Pacifique (temps universel coordonné moins 8 heures).

immédiate. Au même moment, les sons habituels et familiers du moteur ont rapidement cessé de se faire entendre et le claquement régulier des pales du rotor s'est estompé considérablement. L'hélicoptère a commencé à perdre de l'altitude, a viré rapidement d'environ 150° à droite et a brièvement piqué du nez, puis sa descente s'est accélérée. Dans les derniers moments du vol, l'hélicoptère est descendu presque à la verticale, heurtant le relief en piqué et incliné à la droite. En tout, l'hélicoptère avait fonctionné environ 3 minutes.

Moins de 30 secondes après l'impact, plusieurs membres du personnel au sol sont arrivés à l'hélicoptère. Le pilote avait perdu son casque et était inconscient. Les membres du personnel au sol ont sorti le pilote du poste de pilotage et lui ont administré les premiers soins. Même si les réservoirs de carburant ont été éventrés à l'impact et que du carburant s'était



Photo 2. C-FMPG, quelques instants avant le dernier décollage (Source : GRC)

écoulé sous l'épave, il n'y a pas eu d'incendie. La radiobalise de localisation d'urgence (ELT) de 406 MHz (mégaHertz) à bord s'est activée au moment de l'impact et a transmis un signal au système de recherche et sauvetage assisté par satellite (SARSAT). L'ELT a été désactivée plus tard par les premiers intervenants. Malgré la rapidité de l'intervention et des soins des techniciens ambulanciers sur les lieux, le pilote n'a pas repris connaissance et est décédé des graves blessures subies.

1.2 Tués et blessés

Tableau 1. Tués et blessés

	Équipage	Passagers	Autres	Total
Tués	1	–	–	1
Blessés graves	–	–	–	–
Blessés légers/indemnes	–	–	–	–
Total	1	–	–	1

1.3 Dommages à l'aéronef

En raison de la force de l'impact avec le sol, le patin d'atterrissage droit s'est brisé; la cabine, le plateau du moteur et de la boîte de transmission ainsi que la structure de la cellule principale se sont affaissés (photo 3). Au contact avec le sol, le réservoir interne de carburant a aussi été détruit par le dispositif d'élingue et crochet de charge installé. La poutre-fuselage et les pales du rotor de queue ont heurté le sol, faisant flamber la structure au complet. Deux des pales du rotor principal étaient intactes et présentaient peu de dommages, tandis que l'impact avec le sol a causé d'importants dommages à la troisième pale. Les 2 pales du rotor de queue ont été endommagées. Une pale ne présentait aucun dommage, hormis la présence de bois dans sa languette de butée. L'autre pale était presque complètement fracturée près de son pied ou moyeu. Les dommages aux pales du rotor principal et du rotor de queue étaient caractéristiques d'un régime extrêmement faible au moment de l'impact. Cependant, il n'y a eu aucun signe de défaillance mécanique des systèmes de commande de vol ou d'entraînement du rotor de l'hélicoptère avant l'accident qui aurait pu contribuer à une perte de maîtrise de l'hélicoptère. Le siège du pilote, qui était de type atténuateur d'impact, s'était affaissé et avait déformé le plancher.

Les faits établis par l'examen du moteur sont inclus plus loin dans le présent rapport.

1.4 Autres dommages

Des arbres en bordure du lieu de l'impact présentaient des dommages correspondant à un cisaillement vertical des branches à mesure que le fuselage descendait vers le sol. Il n'y avait aucun signe d'impact des pales du rotor principal ou du rotor de queue. Le sol sous l'hélicoptère était contaminé par le carburéacteur qui s'était échappé du réservoir éventré. Après l'enlèvement de l'épave, des travaux d'assainissement des sols ont été exécutés.



Photo 3. Épave (Source : GRC)

1.5 Renseignements sur le pilote

Tableau 2. Renseignements sur le pilote

Licence canadienne de pilote	Professionnel - hélicoptère
Date d'expiration du certificat de validation	Mai 2012

Nombre total d'heures de vol	8900
Heures de vol sur type	3000
Heures de vol dans les 90 jours précédents	67
Heures de vol sur type dans les 90 jours précédents	10
Heures de service avant l'événement	7
Heures hors service avant l'événement	12

Le pilote possédait les attestations et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, conformément à la réglementation en vigueur. Le pilote avait commencé à travailler pour l'exploitant en juin 2006 et avait satisfait à toutes ses exigences en matière de formation périodique au sol et en vol. Le pilote avait de l'expérience avec l'AS 350 et plusieurs autres types d'hélicoptères dans des conditions hivernales semblables à celles qui prévalaient le jour de l'accident. Le jour de l'accident, avant sa prise de service, le pilote était bien reposé; le pilote était reconnu comme un pilote compétent ayant beaucoup d'expérience.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Hélicoptère Eurocopter AS 350 B3, C-FMPG

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Eurocopter (France)
Modèle	AS 350 B3
Année de construction	Décembre 1997
Numéro de série	3082
Nombre total d'heures de vol cellule	6995 heures
Modèle de moteur	Turbomeca Arriel 2B
Masse maximale au décollage	4961 livres
Carburant recommandé	Jet A-1

La GRC exploitait l'hélicoptère depuis sa mise en service initiale. L'enquête a permis de déterminer qu'il était équipé, modifié et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées, et qu'il était exploité en deçà de ses limites de masse et de centrage. Cependant, un examen des divers dossiers de l'aéronef C-FMPG a révélé plusieurs documents de masse et de centrage différents, et les valeurs d'aucun de ceux-ci ne correspondaient à celles utilisées par le pilote.

L'entrée d'air de l'hélicoptère avait été équipée d'un séparateur de particules de l'air Eurocopter (QB0550), plus communément appelé filtre anti-sable, pour protéger le moteur contre

l'ingestion de particules en suspension dans l'air. De par sa conception, aucune partie du circuit d'entrée d'air n'est chauffée.

L'hélicoptère était doté d'un système de surveillance des paramètres moteur (VEMD). Le VEMD est conçu principalement pour afficher les lectures et les paramètres du moteur et des systèmes sous forme numérique et graphique, remplaçant les jauges et les indicateurs classiques. Le VEMD intègre des fonctions supplémentaires telles que le comptage de cycles du moteur, des vérifications de la puissance du moteur et des calculs de la performance du moteur. En outre, une fonction de maintenance permet de récupérer des données des pannes de circuit, des vérifications de la puissance du moteur, des registres de dépassement des limites et du temps de vol antérieur. Dans une certaine mesure, le VEMD communique avec le dispositif de régulation numérique du moteur (DECU), et enregistre des pannes ou des anomalies particulières.

1.6.2 Moteur Turbomeca Arriel 2B

Le moteur installé dans l'hélicoptère en cause était un moteur à turbine à gaz de modèle Arriel 2B de Turbomeca (numéro de série 22007), d'une puissance nominale de 747 hp sur l'arbre. Le débit de carburant, entre autres, est réglé par un DECU, qui assure le bon fonctionnement du moteur selon les spécifications de performance opérationnelle et qui a pour principales fonctions le démarrage, la commande de vitesse du rotor et la protection des limites opérationnelles. Le moteur Arriel n'a pas de fonction de rallumage automatique, et cette fonction n'est pas exigée par la réglementation. Par conséquent, si le moteur Arriel s'éteint, il s'ensuit une perte totale de la puissance. La section 1.18.4 comporte une description des systèmes de rallumage automatique.

D'après les carnets de maintenance du moteur, celui-ci avait cumulé un total de 7779 heures de fonctionnement depuis sa mise en service initiale. Le moteur était homologué et entretenu conformément à la réglementation en vigueur et aux procédures approuvées. La durée de vie et le cycle de tous les composants respectaient les limites approuvées du fabricant du moteur.

1.7 Renseignements sur la météo

La température n'a pas été enregistrée officiellement sur le lieu de l'accident, mais l'observation météorologique horaire de 13 h de l'aéroport municipal de Chilliwack (6 nm au nord) indiquait une température de -10 °C sous un ciel dégagé. La température sur le lieu de l'accident, qui se trouvait à une altitude d'environ 600 pieds, aurait été légèrement inférieure. Plusieurs véhicules stationnés dans les zones d'atterrissage avaient enregistré une température ambiante d'environ -10 °C. Des enregistrements vidéo montrent que le ciel était obscurci. Aucune mesure de visibilité précise n'a été enregistrée durant le décollage.

1.8 Aides à la navigation

Rien n'indique que les aides à la navigation disponibles aient présenté des problèmes.

1.9 Communications

Aucun problème en ce qui a trait à la qualité des messages radio n'a été constaté.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet dans le cas de l'événement en cause.

1.11 Enregistreurs de bord

L'hélicoptère n'était doté ni d'un enregistreur de données de vol ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage et n'était pas tenu de l'être, selon la réglementation en vigueur. Par conséquent, de précieuses données de vol n'étaient pas disponibles lors de l'enquête. L'hélicoptère était cependant doté de systèmes de positionnement mondial (GPS) de bord qui fonctionnaient, de même que d'un système de surveillance de vol par satellite. Les données récupérées de ces dispositifs correspondaient à l'information connue sur la trajectoire de vol.

1.12 Renseignements sur l'épave

Les restes de la cellule ont été examinés, et ne présentaient aucun signe d'anomalie ou de défectuosité antérieures à l'accident des commandes de vol, de la chaîne dynamique ou de tout autre système de l'hélicoptère qui auraient pu contribuer à l'accident.

Un examen visuel de la section d'admission d'air du moteur a révélé des dommages à 1 des aubes du compresseur (photo 4). L'enquête a permis de déterminer que l'aube a subi une torsion pendant la perte de puissance. Cependant, rien n'empêchait d'effectuer des essais au banc du moteur après l'événement.



Photo 4. Aubes du compresseur

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Rien n'indiquait que des facteurs physiologiques ou une incapacité aient perturbé le rendement du pilote. Un examen des activités récentes du pilote ne donne aucune indication au fait que la fatigue ou tout autre facteur humain ait pu jouer un rôle dans l'accident.

1.14 Incendie

Il n'y a pas eu d'incendie.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Le pilote a subi des blessures mortelles à l'impact. Les renseignements médicaux recueillis et les types de blessures observés indiquent que le pilote portait un casque et le système complet de retenue et de baudrier du siège. Les forces de décélération présentes au moment de l'écrasement étaient au-delà de la tolérance humaine.

En général, le casque était en bon état, hormis l'attache de la mentonnière, qui était très usée. Il y avait aussi une petite entaille sur le levier de blocage, caractéristique d'un impact avec un objet dur (vraisemblablement la cellule). La disposition de l'entaille laisse penser que l'attache a reçu un coup vers le bas, soit le sens de libération de l'attache.

Un examen de la fonction de blocage de l'attache a permis de déterminer que l'effort requis pour ouvrir le levier de blocage était environ 7 fois moindre que celui requis dans le cas d'une nouvelle attache. Le levier de blocage et la tige connexe présentaient tous deux une usure importante, caractéristique d'une utilisation répétée du fermoir de la mentonnière.

1.16 Essais et recherches

1.16.1 Examen du moteur

Le moteur a été retiré de l'hélicoptère en cause et examiné à l'atelier régional d'examen des épaves du Bureau de la sécurité des transports (BST). Dans le cadre de cet examen, le DECU et le VEMD ont été retirés et soumis à un examen et à une analyse plus approfondis.

L'extérieur du carter de l'arbre de sortie avait subi des dommages mineurs; mis à part ces dommages, le moteur était intact et a pu être examiné en détail. L'examen du compresseur, de la turbine et de la boîte d'engrenages a révélé que le régime du moteur au moment de l'impact était considérablement plus bas que le régime lui permettant de continuer à tourner. Après l'examen à l'atelier régional d'examen des épaves du BST, le moteur a été envoyé à un atelier de révision de moteurs approuvé à Grande Prairie (Texas), où il a été examiné, mis sur un banc d'essai et démonté sous la supervision directe du National Transportation Safety Board (NTSB) des États-Unis.

1.16.2 Examens du système de surveillance des paramètres moteur et du dispositif de régulation numérique du moteur

Le VEMD de l'accident a été envoyé au Bureau d'Enquêtes et d'Analyses (BEA) pour la sécurité de l'aviation civile, l'organisme français d'enquêtes sur les accidents d'aviation, afin de l'examiner et d'en extraire des données de panne possiblement enregistrées. Le VEMD n'avait enregistré aucune donnée pertinente de panne du VEMD ou du DECU.

Le DECU a été examiné par Turbomeca sous la supervision du BEA. Les données récupérées ont été analysées, et l'analyse a révélé la corruption de certaines de celles-ci. Par conséquent, il n'a pas été possible d'extraire d'information pertinente du DECU relative aux circonstances de l'accident.

1.16.3 Essai au banc du moteur

L'inspection préliminaire du moteur n'a rien révélé qui aurait pu nuire à son fonctionnement normal, et aucune contamination n'a été trouvée dans les filtres avant, pendant ou après l'essai au banc. En plus des dommages décelés sur 1 des aubes du compresseur axial (photo 4), on a noté de légers dommages à la position de 6 heures de l'aube directrice d'entrée. Un examen endoscopique n'a rien révélé d'anormal dans le compresseur centrifuge ni dans la turbine haute pression.

À l'exception du DECU, le moteur a été soumis à un essai de fonctionnement dans l'état qu'il était sur les lieux de l'accident. On l'a fait fonctionner pendant un total de 1 heure et 22 minutes sur 2 bancs d'essai distincts. Les résultats ont permis de conclure que la performance du moteur était conforme à toutes les spécifications techniques, et on n'a rien trouvé qui puisse expliquer la perte soudaine de la puissance.

La seule anomalie était le long bruit aigu entendu sur toute la plage d'exploitation, et particulièrement marqué entre 80 % et 90 % NG (régime générateur de gaz). Ce bruit était causé par l'aube déformée du compresseur axial. Le son était à ce point distinctif que le pilote et le personnel au sol auraient tous deux été alertés s'ils avaient entendu un tel bruit inhabituel lors du démarrage et du décollage. Des enregistrements vidéo du dernier démarrage et du dernier décollage captent les sons normaux du moteur, sans bruit inhabituel.

1.16.4 Dommages aux aubes du compresseur du moteur

Le Laboratoire du BST a examiné les composants du compresseur du moteur dans le but de déceler la cause des dommages aux aubes observés au moment de l'examen initial du moteur et de l'essai au banc subséquent.

Toutes les aubes du compresseur étaient pliées vers l'avant du plan de rotation vertical normalement parcouru par les extrémités des aubes, mais seulement 1 aube l'était considérablement et de manière très apparente.

L'examen en laboratoire de l'aube nettement tordue du compresseur n'a pas révélé de signe habituel de dommage par corps étrangers, tel que des entailles prononcées, des rainures, des déchirures ou des transferts de matériau. L'examen a permis de déterminer que l'apparence de l'aube déformée était semblable à celle des aubes déformées durant les essais d'ingestion instantanée d'eau, de neige et de glace menés lors de la certification du moteur. En raison des similitudes des dommages aux aubes, le rapport du laboratoire a conclu que les dommages à l'aube du compresseur axial, ainsi que l'extinction du moteur, sont le résultat de l'ingestion de neige ou de glace accumulées, ou des deux, dans le compresseur du moteur après le décollage.

Les dommages paraissaient semblables à la déformation des aubes de compresseur axial durant les essais de certification lorsque de la neige ou de la glace était intentionnellement admise dans

le moteur fonctionnant à la puissance maximale continue. La déformation de l'aube du compresseur en cause était légèrement plus prononcée que celle constatée dans le cas des aubes faisant l'objet d'essais; par conséquent, le BST a conclu que le moteur de l'hélicoptère C-FMPG fonctionnait à une puissance élevée semblable au moment de l'ingestion.

1.16.5 *Consommation d'air du moteur Turbomeca Arriel*

Selon le fabricant, le moteur à turbine à gaz Turbomeca Arriel 2B consomme environ 5 livres d'air par seconde, ce qui se traduit par un débit d'air d'environ 330 pieds par seconde dans le disque du compresseur axial du moteur. Si le conduit d'admission d'air du moteur (d'un diamètre d'environ 5,75 pouces) est bloqué, il pourrait s'ensuivre une perte de puissance.

En outre, en raison du débit de l'écoulement d'air pénétrant dans le plénum et l'entrée d'air du moteur, la température de l'air diminue lorsque l'air se déplace à travers le plénum d'air d'entrée du moteur vers le compresseur du moteur. Les résultats des calculs de Turbomeca indiquent que la température à la bouche du moteur serait d'environ -12 °C.

1.16.6 *Ministère de la Défense : essais de certification de givrage d'entrée d'air des moteurs Arriel (1977)*

À la fin de 1976 et au début de 1977, le ministère français de la Défense a effectué une série d'essais visant à homologuer l'entrée d'air dans des conditions givrantes pour le moteur Arriel installé sur l'hélicoptère AS 350. Les essais incorporaient plusieurs grilles d'entrée d'air différentes, avec et sans filtre anti-sable. Les essais ont permis de déterminer que la grille d'entrée d'air et le filtre anti-sable utilisés ensemble offraient une protection adéquate contre la glace et la neige avec une perte de puissance du moteur mineure et acceptable.

1.16.7 *Turbomeca : essais d'ingestion d'eau et de neige des moteurs Arriel*

1.16.7.1 *Généralités*

En avril 1985, le motoriste (Turbomeca) a effectué une série d'essais pour étudier les effets de l'ingestion d'eau et de neige sur le moteur Arriel 1B. Le rapport de l'étude (n° 6329) indique qu'il suffit de 30 grammes d'eau ou de neige pour causer l'extinction du moteur Arriel 1B, peu importe le régime de vol. En outre, les essais ont révélé que les aubes du compresseur étaient portées à tordre à la suite de l'ingestion de neige. D'autres essais par le motoriste ont permis de déterminer qu'une quantité supérieure à 40 grammes entraînait une extinction du moteur Arriel 1D et que cette quantité était de 45 grammes dans le cas du moteur Arriel 2B.

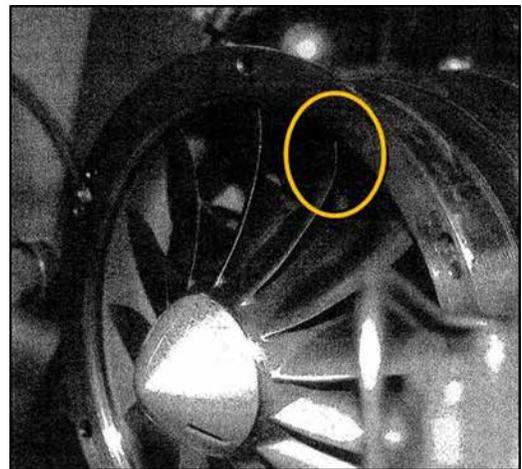


Photo 5. Dommages au moteur de l'essai de givrage

En 2002, Turbomeca a préparé un rapport technique (note technique n° 218-2002) portant sur les essais d'ingestion de glace et de rendement du moteur Arriel 2C2, afin de vérifier la conformité

aux exigences de certification des *Joint Aviation Regulations* (JAR)². Selon le rapport, la quantité de glace ingérée requise pour entraîner l'extinction du moteur est d'environ 83 grammes. Comme dans le cadre de la présente enquête, on a observé des dommages à 1 des aubes du compresseur axial (photo 5). On a déterminé que ces dommages étaient une conséquence directe de l'ingestion de glace et de l'extinction du moteur. Lorsque l'on compare ces dommages à ceux constatés sur l'aube du moteur de l'hélicoptère C-FMPG (photo 4), on observe qu'ils présentent des caractéristiques très semblables.

1.16.7.2 Aérospatiale : Bulletin de service 30.04 – Protection contre le givre et la pluie (1985)

En 1985, la Société nationale industrielle aérospatiale (Aérospatiale), le fabricant d'origine du moteur AS 350, a publié un bulletin de service sur la protection contre le givre et la pluie (BS 30.04) portant sur la grille amovible du capot moteur et le drainage de l'entrée d'air moteur. Plus particulièrement, le BS 30.04 demandait de :

- modifier la grille du conduit d'admission d'air du moteur de façon à ce qu'il soit plus facile de l'enlever pour pouvoir mieux inspecter et nettoyer le plénum;
- percer un orifice d'évacuation d'eau dans le fond du plénum.

Les modifications ont été apportées à la suite de nombreuses extinctions de moteur, survenues après que les hélicoptères eurent été stationnés sous des averses de neige. Aérospatiale a indiqué un nettoyage insuffisant des carénages extérieurs et une accumulation possible de neige, de glace ou d'eau dans le fond du plénum comme étant des facteurs majeurs.

Il convient de noter que, en présence du filtre anti-sable, la grille qui protège l'entrée d'air ne comporte pas d'attaches à démontage rapide. L'inspection du plénum nécessite l'ouverture du compartiment moteur. Pour inspecter et nettoyer le filtre anti-sable, il faut en outre retirer la grille, ce qui exige le retrait de 20 boulons. Un pilote ne peut pas procéder à un tel démontage et, par conséquent, ne peut pas inspecter ou nettoyer le filtre anti-sable sans l'aide d'un technicien d'entretien d'aéronefs (TEA). Ce besoin d'un TEA est peu pratique pour les opérations sur le terrain.

1.16.7.3 Essais sur l'entrée d'air de base

En juin 1992, Eurocopter France a publié le Document sommaire : Protection de l'entrée d'air moteur AS 350 B/BA/B1/B2 contre la neige (n° 350A.04.4735), portant sur 2 études menées en 1991 sur la protection de l'entrée d'air moteur pour les vols effectués lorsqu'il neige et pour les hélicoptères stationnés au sol :

- série d'essais en vol (février 1991) dans de la neige naturelle;
- série d'essais (novembre 1991) dans de la neige artificielle à l'ETBS (Établissement Technique de Bourges) à Bourges, en France.

² Les *Joint Aviation Regulations* sont l'équivalent européen du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC).

Les essais, effectués avec et sans filtre, ont permis de déterminer l'emplacement de l'accumulation de neige ou de glace dans l'entrée d'air et de conclure que le plénum d'entrée d'air était vulnérable à une telle accumulation de glace lorsque le moteur fonctionne en présence de neige ou de glace. Les essais ont démontré qu'il y avait une accumulation importante de glace sur la partie supérieure arrière du plénum (figure 1), en raison de l'impact direct des flocons de neige à cet endroit suivi d'un phénomène de fusion et de regel au contact des parois métalliques de l'entrée d'air.

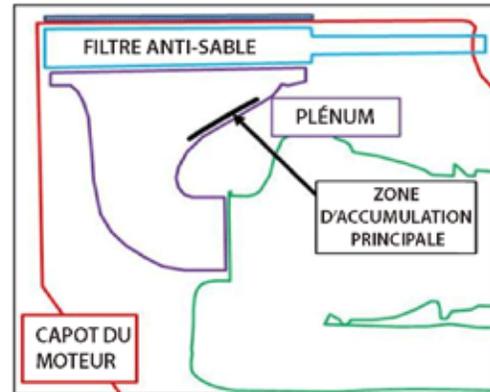


Figure 1. Zone d'accumulation de glace

1.16.7.4 Dommages au moteur dus à l'ingestion de glace

Le rapport sommaire de juin 1992 d'Eurocopter sur une extinction de moteur survenue en janvier 1990 à la suite de l'ingestion de neige et de glace indiquait que 1 aube du compresseur axial avait été tordue durant l'extinction. Selon Eurocopter, ces dommages étaient « un symptôme caractéristique de l'ingestion d'un bloc de glace par le moteur³ », et la cause de l'accident était l'accumulation de neige dans l'entrée d'air. Ces dommages sont semblables à ceux du moteur de l'hélicoptère C-FMPG.

L'analyse faite dans le rapport indique que la fusion et le regel des flocons de neige à certains endroits de l'entrée d'air peuvent avoir entraîné l'accumulation de glace, que le moteur aurait ingérée en raison du réchauffement, des vibrations ou d'une combinaison des deux.

Afin de réduire le risque d'extinction du moteur lorsqu'il neige, Eurocopter a publié une série de lettres de service et de modifications des manuels qui traitent de la protection du moteur AS 350 lorsqu'il est utilisé pendant des chutes de neige et par temps froid (annexe D).

1.16.8 Lettre de service d'Eurocopter n° 1270-00-96 (décembre 2006)

La lettre de service (LS) d'Eurocopter n° 1270-00-96 de décembre 2006, *Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and Damp Conditions* [protection et utilisation d'hélicoptères par temps froid et humide], fait une mise en garde relative à la préparation adéquate avant le vol, déclarant⁴ qu'un moteur à turbine est [traduction] « ...sensible à une "quantité soudaine" d'eau, de neige ou de glace, parce que cette quantité (même limitée) correspond à une très forte concentration instantanée au-delà de ses capacités d'absorption ».

À la suite d'incidents antérieurs d'extinction de moteur qui se sont produits peu de temps après le décollage, Eurocopter a jugé nécessaire de rappeler aux clients les précautions de base à prendre par temps froid (c.-à-d., température près de 0 °C ou inférieure). La lettre de service réitérait que les instructions se trouvent dans les sections suivantes des manuels de l'hélicoptère AS 350 :

³ Eurocopter, Protection de l'entrée d'air moteur AS 350 B/BA/B1/B2 contre la neige : Document sommaire (juin 1992), partie 4 : Analyse, page 6.

⁴ Eurocopter, Lettre de service 1270-00-96, *Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and Damp Conditions*, décembre 2006.

- *Manuel de vol du giravion AS 350, Normal Procedures: Pre-flight Procedures – Use in Cold Weather* [Procédures normales : Procédures avant vol – Utilisation par temps froid];
- *Manuel de vol du giravion AS 350, Limitations: Flight in Icing or Snowy Conditions* [Limitations : Vol sous conditions givrantes ou neigeuses];
- *Manuel de vol du giravion AS 350, supplément SUP 4 – Instructions for Operations in Cold Weather* [Directives de fonctionnement par temps froid];
- *AS 350 Aircraft Maintenance Manual (AMM) – Pre-flight Check in Cold Weather* [Vérification avant vol par temps froid].

L'annexe E contient des paragraphes tirés directement de la lettre de service (y compris le soulignement ajouté par Eurocopter).

1.16.9 Exploitation par temps froid de l'hélicoptère AS 350 B3

La section 2.7 du Manuel de vol du giravion AS 350 B3 limite l'utilisation lorsqu'il neige. Après cette restriction, il est indiqué⁵ [traduction] : « Note : Pour la préparation avant vol, consulter le SUP. 4. Ce supplément s'applique aux opérations avec ou sans filtre anti-sable installé. » Le supplément SUP. 4 mentionne⁶ notamment ce qui suit [traduction] :

DIRECTIVES D'OPÉRATIONS PAR TEMPS FROID

5. PRÉPARATION DU VOL

[...]

Moteur

- Retirer la housse de l'entrée d'air et de la tuyère d'éjection après avoir enlevé la neige de la surface de l'aéronef.
- Enlever l'accumulation de neige et de glace à proximité de l'entrée d'air, de chaque côté de la grille et à l'intérieur du conduit d'entrée d'air moteur (enlever la grille d'entrée d'air au besoin).
- Il est essentiel que l'entrée d'air soit propre.

Enlever la grille d'entrée d'air, vérifier manuellement et visuellement s'il y a de la neige ou de la glace à l'intérieur du conduit d'entrée d'air jusqu'au premier étage du compresseur.

En cas de givrage :

- enlever la glace à l'aide d'un grattoir en bois ou en plastique;
- essuyer soigneusement la surface à l'aide d'un chiffon imprégné d'alcool isopropylique;
- inspecter les drains, les dalots non obturés; vérifier s'il y a de la neige ou de la glace sur les événements et les orifices de pression statique.

Réinstaller la grille d'entrée d'air.

⁵ Eurocopter, *Flight Manual AS 350 B3*, section 2.7.

⁶ Eurocopter, *Flight Manual AS 350 B3*, supplément SUP. 4 (06-18): Instructions For Operation In Cold Weather [Directives d'opérations par temps froid].

Le supplément n° 14 – Sand Filter [filtre anti-sable]⁷ du Manuel de vol du giravion mentionne⁸, en partie [traduction] : « L'installation de ce filtre anti-sable, même sans prélèvement d'air P2, vise aussi à protéger l'entrée d'air contre toute ingestion possible de neige en vol, lorsqu'il neige ». Si le filtre anti-sable est en place, il n'y a pas de restrictions de vol lorsqu'il neige.

Les directives du supplément n° 14 – Sand Filter [filtre anti-sable] doivent être suivies conjointement avec celles du supplément SUP. 4.

En ce qui concerne les vérifications externes, le supplément n° 14 mentionne⁹ ce qui suit [traduction] :

- Entrée d'air moteur
 - Enlever la glace et la neige de la grille d'entrée d'air.
 - Ouvrir le capot moteur.
 - Vérifier s'il y a de la neige, de la glace ou de l'eau dans l'entrée d'air, plus particulièrement sous le filtre.

1.16.10 Prélèvement d'air P2

Le prélèvement d'air P2 est de l'air prélevé à la sortie compresseur du moteur. Dans le cas présent, l'air est utilisé pour accélérer l'air ambiant dans un venturi afin d'aider à évacuer les débris capturés dans le filtre. Dans le cadre de l'enquête, des discussions informelles avec des exploitants canadiens de l'hélicoptère AS 350 ont révélé différentes pratiques opérationnelles relatives au prélèvement d'air P2 en vol lorsqu'il neige. Certains exploitants activent le prélèvement d'air P2 lorsqu'il neige, tandis que d'autres ne l'activent pas. Le supplément n° 14 du Manuel de vol du giravion mentionne [traduction] : « L'installation du filtre anti-sable vise à protéger le moteur contre l'ingestion de sable ou de poussières. Cette installation, même sans prélèvement d'air P2, vise aussi à protéger l'entrée d'air contre toute ingestion possible de neige en vol, lorsqu'il neige¹⁰ ».

L'enquête a également permis de déterminer qu'il existait un malentendu très répandu relativement au fonctionnement de l'unité. Certains exploitants croyaient que le prélèvement d'air P2 chaud est introduit dans le boîtier du filtre et fait monter la température intérieure. Cependant, tel n'est pas le cas puisque le prélèvement d'air P2 est introduit seulement dans les tubes de venturi à l'arrière du caisson de filtration et que le prélèvement d'air P2 ne s'écoule pas par le tube vortex.

1.16.11 Avis d'information d'Eurocopter n° 2030-I-00 (janvier 2009)

En janvier 2009, Eurocopter a publié l'avis d'information n° 2030-I-00 intitulé Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and in Damp Conditions [protection et utilisation d'hélicoptères par temps froid et humide]. Il s'agissait essentiellement d'une réédition de la

⁷ Applicable au filtre anti-sable QB0550 installé sur l'hélicoptère C-FMPG.

⁸ Eurocopter, *Flight Manual AS 350 B3 Supplement SUP.14 — Sand Filter* [filtre anti-sable], 2 février 2009, partie 1 : General [généralités].

⁹ Idem, partie 4 : Normal Procedures [Procédures normales].

¹⁰ Idem, partie 1 : General [généralités].

lettre de service n° 1270-00-96 (mentionnée à la section 1.16.8), avec certains renseignements supplémentaires.

Il convient de noter que cet avis d'information introduisait, sur la première page, un nouveau protocole d'alerte visant à faciliter la diffusion appropriée de l'information aux pilotes, aux mécaniciens ou à ces deux groupes. Sous la ligne objet de l'avis d'information, une case d'alerte intitulée « For the attention of » [à l'attention de] désigne le groupe qui devrait recevoir l'avis, au moyen d'un pictogramme représentant soit une clé de mécanicien, soit des ailes de pilote (figure 2).

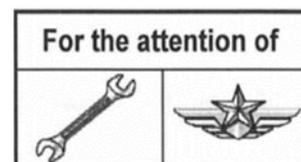


Figure 2. Case d'alerte

Dans l'introduction de cet avis d'information, Eurocopter a ajouté¹¹ ce qui suit [traduction] :

Un turbomoteur a une bonne capacité d'absorption d'eau de pluie ou de neige tombante en fonctionnement continu. En revanche, le moteur est sensible à une « quantité soudaine » d'eau, de neige ou de glace, parce que cette quantité (même limitée) correspond à une très forte concentration instantanée au-delà de ses capacités d'absorption. Une telle situation peut se produire parce que la neige et la glace peuvent s'accumuler dans les entrées d'air moteur et les plénums lorsque l'aéronef demeure au sol avec le ou les moteurs coupés ou tournant à faible puissance pendant une période prolongée.

De plus, l'avis d'information comportait l'exigence d'inspecter les surfaces intérieures du plénum et les surfaces autour du capot moteur. En outre, l'avis d'information indiquait¹² ce qui suit [traduction] :

Il est préférable d'utiliser de l'air chaud ou du liquide dégivrant approprié pour enlever la glace ou la neige. Le fait de briser ou de racler de la glace ou de la neige pour l'enlever peut entraîner une quantité résiduelle à l'intérieur de l'entrée d'air. Lorsque la température est inférieure à zéro, bien faire attention à la pellicule de glace qui peut se former en dessous et à l'avant de l'entrée d'air.

Eurocopter a aussi annoncé qu'elle rééditerait périodiquement l'avis d'information pour attirer l'attention sur les recommandations qu'il contient au sujet du vol lorsqu'il neige.

1.16.12 Avis d'information d'Eurocopter n° 2302-I-00 (avril 2011)

En avril 2011, Eurocopter a publié l'avis d'information 2302-I-00: *Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and in Damp Conditions* [protection et utilisation d'hélicoptères par temps froid et humide], qui était une réédition de l'avis d'information 2030-I-00 et comportait des renseignements supplémentaires. Dans la partie 2, Eurocopter donnait l'avertissement suivant¹³ [traduction] : « L'installation rapide des housses est une précaution élémentaire, mais

¹¹ Eurocopter, avis d'information 2030-I-00 : *Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and in Damp Conditions* [protection et utilisation d'hélicoptères par temps froid et humide], janvier 2009.

¹² *Idem.*

¹³ Eurocopter, avis d'information 2302-I-00 : *Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and in Damp Conditions* [protection et utilisation d'hélicoptères par temps froid et humide], partie 2, avril 2011.

elle ne garantit pas qu'il ne s'accumulera pas de glace dans l'entrée d'air (phénomène possible d'infiltration d'eau dans l'entrée d'air en raison de la pluie ou de la neige fondue). »

1.16.13 Résumé des renseignements des fabricants

Depuis 1985, un grand nombre d'études, d'avertissements, de recommandations et de précautions au sujet des opérations dans des conditions de neige, de givrage ou de pluie ont été publiés. Le plénum est sujet à l'accumulation de neige et de glace dans certaines circonstances, même lorsque les housses d'entrée d'air sont installées. Aucune modification qui permettrait d'atténuer le risque d'accumulation de glace et de neige durant le démarrage du moteur et à faible puissance avant le décollage n'a été apportée à la conception. Le moteur Arriel – comme la plupart des petits moteurs à turbine à gaz – est vulnérable à l'ingestion de neige, de glace ou d'eau, et une extinction moteur peut se produire si la quantité de contamination dépasse la capacité du moteur de poursuivre son fonctionnement.

1.16.14 Exploitation d'hélicoptères en conditions hivernales

Au Canada, Transports Canada (TC) a publié plusieurs documents portant sur l'exploitation sécuritaire des hélicoptères dans des conditions hivernales. Par exemple, les documents « *Dans le doute...* » (TP 10643), *Sécurité aérienne - Nouvelles* (TP 185) et *Sécurité aérienne - Vortex* (TP 202) contiennent tous de précieux renseignements sur l'exploitation d'hélicoptères en hiver et précisent que l'ingestion de neige et l'accumulation de glace dans l'entrée d'air moteur lors d'opérations au sol ont été la cause de plusieurs événements de perte de puissance du moteur en vol.

1.16.15 Événements antérieurs liés à une perte semblable de la puissance du moteur

Il y a eu plusieurs accidents mettant en cause des hélicoptères AS 350 d'Eurocopter dotés de moteurs Arriel où les circonstances et les dommages aux aubes du compresseur axial étaient très semblables à ceux du cas présent. Certains de ces hélicoptères n'étaient pas équipés de filtres et n'étaient pas couverts lorsqu'il neigeait pendant qu'ils étaient stationnés. Ils étaient tous stationnés à l'extérieur.

Août 2009 : écrasement d'un hélicoptère AS 350 B3 au Chili

Le démontage du moteur a révélé que l'extrémité et le bord d'attaque de 2 aubes du compresseur axial étaient tordus. Il est noté au rapport que ces dommages sont caractéristiques de dommages causés par un corps étranger mou (ingestion de glace ou de neige), qui pourraient entraîner une extinction du moteur.

Mars 2006 : écrasement d'un hélicoptère AS 350 B3 en Suède

Avant le vol, l'hélicoptère avait été stationné à l'extérieur pendant qu'il neigeait. Après l'accident, 3 aubes du compresseur présentaient des dommages par choc provenant d'objets étrangers mous. Aucune autre anomalie n'a été décelée sur l'hélicoptère. Le bureau suédois d'enquête sur les accidents a déterminé qu'une formation non détectée de glace – accumulée pendant que l'hélicoptère était stationné – aspirée dans le moteur et entraînant son extinction avait probablement causé l'accident. Le rapport indique, en guise de facteur contributif, que ce type de moteur est sensible à l'infiltration d'eau et qu'il n'est pas doté d'un circuit

d'autoallumage. Le bureau suédois d'enquête sur les accidents avait formulé 2 recommandations, RL 2007: 09 R1 et RL 2007: 09 R2¹⁴ à l'intention de l'autorité suédoise de l'aviation civile [traduction] :

- Souligner de façon appropriée aux exploitants de cette catégorie d'hélicoptères l'importance de veiller à empêcher l'aspiration de glace, de neige compactée ou d'eau dans le moteur, puisque ces éléments risquent de causer l'arrêt du moteur, même en petite quantité (RL 2007: 09 R1);
- Déployer des efforts pour inclure le circuit d'autoallumage en guise d'équipement standard dans ce type d'hélicoptère (RL 2007: 09 R2).

Février 1998 : écrasement d'un hélicoptère AS 350 BA près de Golden (Colombie-Britannique)

Un hélicoptère AS 350 BA qui n'était pas muni d'un filtre anti-sable s'est écrasé¹⁵ près de Golden (Colombie-Britannique) après une indication de perte de régime du rotor principal. L'examen technique subséquent du moteur a révélé que l'extrémité de 2 aubes de compresseur était tordue et que ces dommages découlaient possiblement de l'ingestion de neige ou de glace.

Hiver 1986 : hélicoptère AS 350 B évoluant à Marathon (Ontario) : extinctions du moteur après le démarrage

Un hélicoptère AS 350 B évoluant à Marathon (Ontario), sans filtre anti-sable, a subi une série d'extinctions du moteur après le démarrage. L'appareil avait passé la nuit à l'extérieur. Au cours de la nuit, des rafales avaient forcé de la neige au-delà de la housse de l'entrée d'air de l'appareil. Des mesures ont été prises pour réchauffer l'appareil en le couvrant complètement d'une grande housse légère de type parachute et en y insérant les tuyaux d'un appareil de chauffage Herman Nelson afin de produire une chaleur ambiante. L'hélicoptère a été balayé, et toutes les surfaces critiques ont été nettoyées pour éviter l'ingestion de neige. Lors de 3 démarrages distincts, le moteur s'est éteint peu de temps après qu'il atteigne le plein régime. On croit qu'il était resté de l'humidité dans l'entrée d'air après le chauffage de l'appareil, que l'air d'entrée froid durant le démarrage du moteur a transformé cette humidité en neige fondante sur le plénum et que de la neige fondante durcie s'est ensuite partiellement détachée, causant l'extinction du moteur. Une couche de glace, dont il manquait un morceau, était apparente dans le plénum. La quantité de neige fondante qui s'était détachée avait à peu près la taille de la moitié d'une assiette à dîner. Le moteur ne présentait aucun dommage apparent.

D'autres fabricants ont connu des problèmes semblables, mais en plus de publier des bulletins de sécurité, ils ont apporté des modifications techniques, comme des circuits d'autoallumage, en vue d'atténuer le risque pour les exploitants d'hélicoptère (section 1.18.4).

¹⁴ Swedish Accident Investigation Board, rapport RL 2007:09es, *Aircraft accident to helicopter SE-JHD at Södra Åsjön, K county, on 1.March 2006: Case L-04/06*, 9 juillet 2007.

¹⁵ Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A98P0037.

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

1.17.1 Sous-direction du service de l'air de la GRC

Même si la Sous-direction du service de l'air de la GRC est enregistrée à titre d'exploitant d'aéronefs d'État, TC la classe parmi les exploitants privés régis par la sous-partie 604 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC).

La Sous-direction du service de l'air de la GRC est constituée de 19 sections de l'air au Canada, avec une flotte combinée de 42 aéronefs. La section de Vancouver est la plus grande des sections de l'air de la GRC. Au moment de l'accident, la section de l'air de Vancouver exploitait 3 aéronefs à voilure tournante et 3 aéronefs à voilure fixe.

1.17.2 Système de transport humain externe

La GRC utilise le système de transport humain externe (HETS) pour transporter du personnel sur une longue élingue (environ 100 pieds) qui pend sous l'hélicoptère. TC considère qu'il s'agit de charges externes de classe D (annexe G). Le système permet de déployer du personnel dans des espaces restreints ou de l'en extraire. On peut l'utiliser pour déposer du personnel sur le toit d'un immeuble, sur un bateau, dans une zone boisée, à flanc de montagne, etc. Il permet aussi de récupérer du personnel de ces endroits. Le pilote exploite l'hélicoptère en faisant appel à des techniques de référence verticale (c'est-à-dire, en se penchant à l'extérieur de l'hélicoptère pour regarder l'extrémité de l'élingue et le personnel sous l'appareil) lorsqu'il place ces charges humaines.

D'autres exploitants, notamment les exploitants commerciaux, accomplissent des opérations semblables dans le cadre du sauvetage en montagne.

Les opérations de classe D exigent de l'exploitant aérien qu'il utilise un hélicoptère multimoteur capable de faire du vol stationnaire avec 1 moteur hors fonction, avec la masse et à l'altitude existantes. Cependant, TC peut accorder aux exploitants aériens une exemption leur permettant d'utiliser un hélicoptère monomoteur ou un hélicoptère multimoteur lorsqu'ils ne peuvent pas se conformer à l'exigence relative à 1 moteur hors fonction. Ces exemptions ont été accordées pour les opérations de sauvetage, d'application de la loi et de lutte contre les incendies de classe D, pourvu qu'elles respectent les Normes de service aérien commercial.

1.17.3 Maintenance par la GRC

1.17.3.1 Généralités

Chaque section de l'air de la Sous-direction du service de l'air est dotée de TEA locaux fonctionnant de façon indépendante. La supervision de l'ensemble de la maintenance de la Sous-direction du service de l'air incombe au bureau du chef technicien d'entretien d'aéronefs (chef TEA) à Ottawa¹⁶. Relevant de ce bureau, il y a les bureaux d'assurance de la qualité (AQ)

¹⁶ Dans le cadre des opérations de l'aviation civile, ce bureau est normalement appelé le directeur de la maintenance.

et des superviseurs régionaux de l'est et de l'ouest, ainsi que la bibliothèque et les dossiers techniques.

1.17.3.2 Documents d'instructions de maintenance

Un examen des manuels de maintenance de la Sous-direction du service de l'air de la GRC au moment de l'accident a révélé que des versions tant actuelles que périmées de plusieurs différentes publications sous différents formats étaient en circulation. L'enquête a permis de déterminer qu'il y avait d'importantes différences entre les différents formats, notamment des références à d'autres documents inexistantes ou périmés.

1.17.3.3 Feuilles d'inspection aux 100 heures

Une des pratiques de maintenance standard employée par la GRC est de soumettre les aéronefs à des inspections régulières toutes les 100 heures de service. Dans le cas de l'hélicoptère AS 350 B3, la feuille d'inspection avait été compilée à partir des guides d'entretien de référence d'Eurocopter et des programmes d'inspection pour l'équipement auxiliaire installé sur l'appareil C-FMPG. L'enquête a révélé que 3 différentes versions de la feuille de vérification étaient en circulation : 1 de 2008, 1 de 2009 et 1 de 2010. La version de 2010 contenait plusieurs exigences ne faisant pas partie de la version de 2009, et les 3 versions faisaient référence à des manuels qui avaient été soit renommés, soit réorganisés. De plus, le *Manuel de contrôle de la maintenance* (MCM) daté du 31 mars 2010 contenait la feuille de vérification de 2008. En outre, une copie de travail de la feuille de vérification envoyée d'Ottawa en janvier 2012 faisait référence à une version encore plus ancienne, soit de 2006.

Les TEA de la section de l'air de Vancouver, cependant, ont réalisé le travail requis par les feuilles de vérification de la Sous-direction du service de l'air et ont complété ces inspections en se reportant directement aux directives du fabricant et en se conformant à ces exigences de façon distincte. En conséquence, la maintenance requise a été effectuée correctement d'un point de vue technique et au moment opportun, malgré quelques répétitions inutiles. De plus, il semble que les autres sections de la Sous-direction du service de l'air au Canada ont effectué la maintenance de façon semblable et que le parc aérien de la GRC était bien entretenu.

1.17.4 Masse et centrage de l'hélicoptère

On avait fait une erreur mathématique importante de plus de 20 pouces dans le calcul du centre de gravité pour les opérations de transport de charges externes, et l'erreur a été répétée dans la série de fiches de modification à la masse et au centrage datées du 3 janvier 2012. L'erreur indiquait que l'hélicoptère était au moins 7 pouces au-delà de la limite avant, lorsqu'en fait il ne l'était pas; cependant, la masse avait été calculée correctement. Cette erreur importante n'a pas été détectée avant l'événement.

1.17.5 Diffusion interne de l'information de la Sous-direction du service de l'air

L'enquête a permis de déterminer que la Sous-direction du service de l'air avait reçu l'avis d'information 2302-I-00 d'Eurocopter à Ottawa peu de temps après sa publication et que la section de l'assurance de qualité l'avait examiné avant de l'acheminer aux différentes sections de la maintenance de la Sous-direction du service de l'air. Les sous-directions de l'exploitation n'ont pas été informées de l'avis 2302-I-00, malgré le fait que la case d'alerte d'Eurocopter

(figure 2) indiquait que l'information était également destinée aux pilotes. Le pilote en chef des aéronefs à voilure tournante de la GRC a aussi reçu l'avis 2302-I-00; cependant, cette information n'a pas été acheminée aux pilotes d'autres sections de la Sous-direction du service de l'air.

Une enquête menée auprès des pilotes de la GRC dans les autres sections de la Sous-direction du service de l'air au Canada a révélé qu'aucun d'eux n'avait vu l'avis d'information 2302-I-00 avant l'accident.

1.17.6 Système de gestion de la sécurité de la Sous-direction du service de l'air

Conformément aux directives de la sous-partie 604 du RAC, la Sous-direction du service de l'air à Ottawa a établi un système de gestion de la sécurité (SGS). Dans le cadre de son SGS, la Sous-direction du service de l'air a essayé de déterminer les risques possibles liés à ses activités. La GRC avait en place un processus de signalement des dangers documenté dans son manuel d'exploitation. Cependant, l'efficacité du processus de signalement de la Sous-direction du service de l'air n'a jamais fait l'objet d'une évaluation officielle. En outre, aucun processus documenté d'évaluation des risques n'a été entrepris pour établir si l'AS 350 B3 convenait aux missions habituellement menées par la GRC.

1.17.7 Surveillance par Transports Canada

La plus récente inspection par TC du programme de maintenance de la Sous-direction du service de l'air de la GRC a eu lieu en mai 2008 : il s'agissait d'une inspection de validation de programme (IVP). Dans le cadre de l'IVP, TC a examiné les systèmes et les procédures de certains domaines fonctionnels des opérations de maintenance de la Sous-direction du service de l'air afin de déterminer le degré de conformité au RAC ainsi qu'aux manuels et aux documents de la Sous-direction du service de l'air approuvés par TC. Selon l'IVP, TC a fait les 2 constatations de non-conformité suivantes relativement au MCM :

1. des vérifications internes de l'organisme de maintenance agréé (OMA) n'étaient pas effectuées comme il se devait;
2. le MCM était incomplet.

Par conséquent, l'IVP a permis de conclure que le processus d'homologation ne satisfaisait pas aux exigences pertinentes du RAC et de déterminer qu'une surveillance accrue de l'OMA était nécessaire.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Atterrissages à la suite d'une perte de puissance du moteur de l'hélicoptère

Lorsqu'un hélicoptère monomoteur subit une perte de puissance, le pilote doit réagir rapidement pour maintenir le régime du rotor principal. Dans bien des cas, le pilote, pour ce faire, doit se mettre immédiatement en autorotation. L'autorotation désigne l'état de vol au cours duquel le rotor principal est entraîné par les forces aérodynamiques, et le moteur ne fournit aucune force motrice. Pendant une autorotation, la commande du cyclique sert à

commander la vitesse, tandis que la commande de pas collectif commande la portance générée par le rotor principal (c.-à-d. le régime du rotor principal).

Pendant une autorotation, la vitesse est le principal paramètre utilisé pour commander le taux de descente. Pour effectuer un atterrissage en autorotation en toute sécurité, il est primordial de commander le taux de descente. Pendant la phase d'atterrissage en autorotation, la vitesse de translation avant et le taux de descente de l'hélicoptère sont réduits au moyen d'un arrondi (qui consiste à augmenter l'assiette de cabré de l'appareil) jusqu'à l'atteinte de la vitesse de prise de contact voulue. Le pilote utilise ensuite l'énergie cinétique du rotor principal pour réduire le taux de descente de l'hélicoptère, juste avant le contact avec le sol. À mesure que la vitesse de translation avant diminue, l'efficacité de l'arrondi diminue aussi, ce qui peut se traduire par un taux de descente très élevé juste avant le contact avec le sol.

Au cours d'une autorotation, la commande du collectif sert à commander le régime rotor, lequel doit être maintenu dans la plage normale du ralenti moteur. Si le régime descend sous la plage normale, le pilote doit abaisser le collectif. Si le régime continue de diminuer, l'angle d'attaque des pales du rotor principal finit par augmenter au point où les pales commencent à décrocher. Lorsque les pales amorcent un décrochage, la portance diminue et la traînée augmente, ce qui fait augmenter rapidement le taux de descente et accentue le décrochage, entraînant finalement la perte de maîtrise de l'hélicoptère. Il est donc crucial que le pilote évite le décrochage des pales du rotor principal en respectant la plage normale de ralenti. Si toutes les pales de rotor décrochent, il peut se révéler impossible de rétablir une vitesse rotor suffisante pour terminer l'autorotation jusqu'à l'atterrissage.

Si une perte totale de la puissance du moteur se produit en vol stationnaire, il peut être beaucoup plus difficile de maintenir et de commander le régime du rotor principal pour assurer un atterrissage en toute sécurité. Si l'hélicoptère est en vol stationnaire près du sol, il est souvent possible d'effectuer un atterrissage d'urgence en relevant lentement le levier de pas collectif pour amortir l'atterrissage, synchronisant l'application du collectif de façon à veiller à ce que le contact avec le sol ait lieu avant que le régime du rotor diminue trop. Le pilote doit maintenir le régime du rotor dans la plage normale du ralenti moteur pour être en mesure de préserver l'efficacité des commandes de vol et d'éviter le décrochage du rotor principal, mais une telle mesure entraîne une vitesse de descente excessive dans certaines conditions de vol.

1.18.2 *Domaine altitude-vitesse*

Le principe de domaine altitude-vitesse (A-V)¹⁷ est propre aux hélicoptères. Le domaine A-V est normalement incorporé au manuel de vol du giravion de base et il décrit les combinaisons d'altitude et de vitesse (déterminées durant la certification avec des pilotes d'essai du fabricant) qui permettrait d'effectuer en toute sécurité une autorotation en cas de défaillance du moteur. Le domaine A-V n'est pas une restriction dans le manuel de vol du giravion; son unique but est de désigner les régimes de vol qui posent les plus grands risques en cas de perte de puissance du moteur. Le graphique repose sur l'hypothèse que le pilote est compétent pour effectuer un atterrissage sans moteur sur un relief hospitalier.

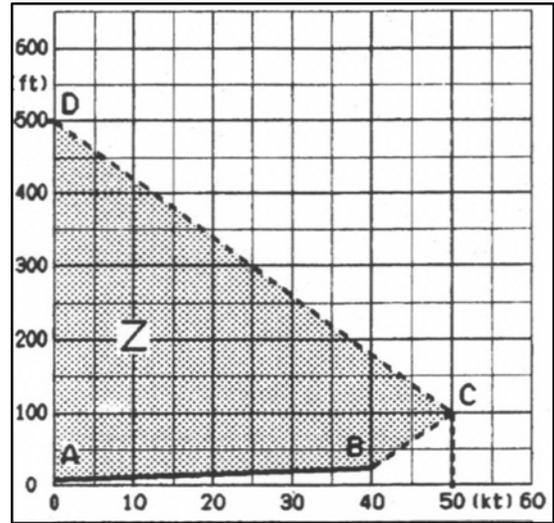


Figure 3. Graphique de domaine altitude-vitesse (A-V) simplifié (image : Eurocopter, *Flight Manual AS 350 B3* (97-40), page 3)

Le domaine A-V décrit la plage dans laquelle il peut ne pas y avoir suffisamment d'énergie disponible pour que le pilote soit en mesure d'effectuer un atterrissage en toute sécurité après une défaillance du moteur. Le domaine A-V indique que le point de vol stationnaire à basse altitude est à 8 pieds et que la limite de vol stationnaire à haute altitude est variable (de 325 pieds à 650 pieds) selon l'altitude et la masse de l'aéronef.

La zone ombragée du graphique (figure 3 et annexe B) désigne les combinaisons de vitesse et d'altitude à éviter (Z). Si l'hélicoptère est exploité dans cette zone, les pilotes ne devraient pas s'attendre à établir une autorotation complète et à effectuer un atterrissage avec succès.

1.18.3 *Exigences de certification des aéronefs de Transports Canada*

1.18.3.1 *Exploitation monomoteur*

Le manuel de vol du giravion des hélicoptères monomoteurs certifiés en vertu du chapitre 527 du *Manuel de navigabilité* doit comporter un graphique altitude-vitesse pour documenter les zones du domaine de vol dans lesquelles il peut être impossible d'atterrir en toute sécurité après une défaillance du moteur. Les hélicoptères monomoteurs sont couramment exploités dans cette zone, plus particulièrement durant les opérations de travail aérien avec des charges externes. L'interdiction d'exploiter les hélicoptères monomoteurs à l'intérieur de la zone ombragée du graphique altitude-vitesse peut exiger des exploitants qu'ils achètent un aéronef bimoteur capable de performances adéquates sur un seul moteur après une panne moteur.

Les risques liés au vol à basse altitude des hélicoptères monomoteurs ont été mentionnés dans des enquêtes antérieures du BST, notamment dans l'enquête sur l'accident mortel mettant en cause un hélicoptère Bell 206 à Cranbrook (Colombie-Britannique) en mai 2008¹⁸. L'accident de

¹⁷ Aussi appelé « courbe altitudes/vitesses » ou « graphique altitude-vitesse ».

¹⁸ Bureau de la sécurité des transports du Canada, Rapport d'enquête aéronautique A08P0125.

Cranbrook a 3 facteurs communs avec le présent événement : l'hélicoptère était exploité dans la zone à éviter du domaine A-V, il y a eu perte soudaine de la puissance du moteur, et les forces d'impact subséquentes de la collision avec le sol n'offraient aucune chance de survie.

1.18.3.2 Opérations hivernales

La fiche de données du certificat de type H-83 de TC pour le giravion modèle AS 350 B3 comprend, comme fondement en vue de la certification, les sous-alinéas 527.1093b)(1)(ii) et (iii) [M. à j. 527-3] du *Manuel de navigabilité*, qui stipulent¹⁹ notamment :

- b) (1) Il doit être montré que chaque turbomoteur et son dispositif d'entrée d'air peuvent fonctionner sur toute la plage de puissance de vol du moteur (incluant le ralenti) :
- [...]
- (ii) lorsqu'il neige, dans la poudrerie et dans la neige soulevée par le rotor, sans effet nuisible sur le fonctionnement du moteur, ou
- (iii) si la certification de vol dans des conditions de neige n'est pas demandée, la possibilité du moteur de résister à la neige doit être démontrée.

On compte aussi le document MN 527.1301-1 (exigences relatives aux appareils imprégnés de froid) parmi ces critères comme règle générale pour l'émission d'un certificat de type. Il n'y a pas d'approbation distincte pour les opérations hivernales; cependant, le non-respect de ces critères pourrait entraîner d'importantes limites opérationnelles.

1.18.4 Circuits d'autoallumage et d'allumage continu

Plusieurs fabricants de petits moteurs à turbine ont équipé leurs moteurs de circuits d'autoallumage ou d'allumage continu. Ces circuits sont conçus pour rallumer le carburant en cas d'extinction de la combustion à la suite d'un changement momentané du rapport carburant-air. Ils sont particulièrement efficaces lorsqu'un pilote n'a pas le temps de redémarrer le moteur, comme lorsque l'altitude et la vitesse d'un hélicoptère ne permettent pas de maintenir le régime du rotor sans puissance du moteur (c.-à-d., zone ombragée Z de la figure 3 et de l'annexe B), ou lorsqu'un aéronef est dans une phase critique du vol, comme à basse altitude au départ. Les systèmes de rallumage automatique sont armés, mais au repos jusqu'à l'extinction du moteur. Il y a suffisamment de temps durant la perte et le rétablissement de la puissance pour que l'aéronef fasse un mouvement de lacet, mais le temps sans puissance est insignifiant, et les pilotes sont habituellement capables de poursuivre le vol. Les circuits d'allumage continu sont habituellement activés pendant le vol lorsque le moteur est susceptible de s'éteindre, comme, par exemple, dans des conditions de givrage. Les moteurs équipés d'un circuit d'allumage continu se rallument en très peu de temps; souvent, les pilotes ne sont pas conscients de l'extinction du moteur.

En 2001, TC a publié la consigne de navigabilité (CN) CF-2001-03R1 (annexe C du présent rapport), qui comprenait l'exigence d'installer un système de rallumage automatique sur les

¹⁹ *Règlement de l'aviation canadien (RAC), Manuel de navigabilité, Giravions de la catégorie normale – Protection contre le givrage du système d'admission, 527.1093b)(1)(ii) et (iii) [M. à j. 527-3].*

hélicoptères Bell 206. Cette CN venait à la suite d'une lettre d'information Bell Helicopter de l'an 2000 (206-00-80) qui indiquait²⁰ ce qui suit [traduction] :

En 1988, Bell Helicopter Textron a effectué une révision de tous les manuels de vol des appareils Bell 206 pour définir la configuration d'entrée d'air moteur approuvée propre à chaque hélicoptère Bell 206 en vue d'un vol sous une chute de neige et dans la poudrière.

Depuis la publication des révisions de ces manuels de vol, Bell Helicopter a entendu parler de certains incidents où des moteurs se sont éteints peu après le décollage dans le cadre d'opérations où l'exploitant avait omis d'enlever la neige ou la glace de l'entrée d'air moteur après une chute de neige ou après une longue période de ralenti au sol en présence d'une chute de neige ou de poudrière.

Après avoir consulté le motoriste, Rolls-Royce Allison, nous avons décidé d'ajouter le nécessaire de rallumage automatique du moteur au nécessaire d'hiverisation approuvé pour configurer les hélicoptères en vue de leur exploitation en conditions hivernales.

La présente lettre d'information est publiée pour aviser les exploitants d'hélicoptères Bell 206A et Bell 206B que les manuels de vol font l'objet d'une révision afin d'ajouter le nécessaire de rallumage automatique du moteur à la configuration obligatoire en vue d'un vol en présence d'une chute de neige ou de poudrière.

1.18.5 Activités liées au système de transport humain externe

L'aéronef en cause effectuait de l'entraînement sur le système de transport humain externe (HETS), en conformité avec les normes régissant l'utilisation d'aéronefs pour réaliser des travaux aériens de la partie VII, sous-partie 22, du RAC (annexe G du présent rapport). Lors de la rédaction de ces normes, les hélicoptères monomoteurs avaient l'autorisation d'effectuer des interventions d'urgence, pourvu que le moteur soit équipé d'un système de rallumage automatique en cas de défaillance du moteur à la suite d'une perturbation momentanée de l'approvisionnement en carburant ou de l'écoulement d'air. Cependant, de nombreux exploitants utilisaient un hélicoptère de type AS 350 et, dans le but de reconnaître la disponibilité de l'hélicoptère, on a inclus à la norme une exemption aux exigences de rallumage automatique. Cette exemption permettait à la GRC de choisir l'hélicoptère AS 350 B3, qui n'était pas doté d'un système de rallumage automatique.

L'exploitation du HETS exige que l'hélicoptère évolue pendant de longues périodes dans la zone à éviter du graphique A-V. En plus du risque normal lié à l'exploitation dans cette zone à éviter, les personnes transportées sous l'hélicoptère dans le cadre d'opérations avec le HETS courent un risque accru en cas de perte de puissance du moteur. Ce risque est considérablement plus grand lorsque l'hélicoptère est exploité dans la zone à éviter du graphique A-V, puisqu'une perte de puissance dans ce régime de vol se traduirait fort probablement par un taux de descente élevé et un impact avec le relief. Les pilotes sont formés pour larguer toute charge

²⁰ Bell Helicopter Textron, Information Letter 206-00-80 (12 janvier 2000), Flight Operations in Falling or Blowing Snow.

externe s'il survient une perte de puissance du moteur. Par conséquent, dans le cas d'un scénario de perte de puissance mettant en cause un hélicoptère monomoteur, le pilote doit aussi se préoccuper de la personne au bout de la longue élingue pendant qu'il prend des mesures d'urgence pour faire atterrir l'hélicoptère sans puissance moteur. Voilà pourquoi l'utilisation d'hélicoptères multimoteurs réduit grandement les risques liés à une perte de puissance dans le cadre d'opérations avec le HETS.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

1.19.1 Analyse structurale de la cellule et des dommages aux sièges

En collaboration avec des spécialistes du Laboratoire du BST, des ingénieurs de cellule d'Eurocopter France ont examiné et analysé les dommages mécaniques à la cellule pour évaluer les forces au moment de l'impact, principalement dans l'intention d'évaluer le rendement de la conception des sièges des pilotes et de leur fixation au plancher.

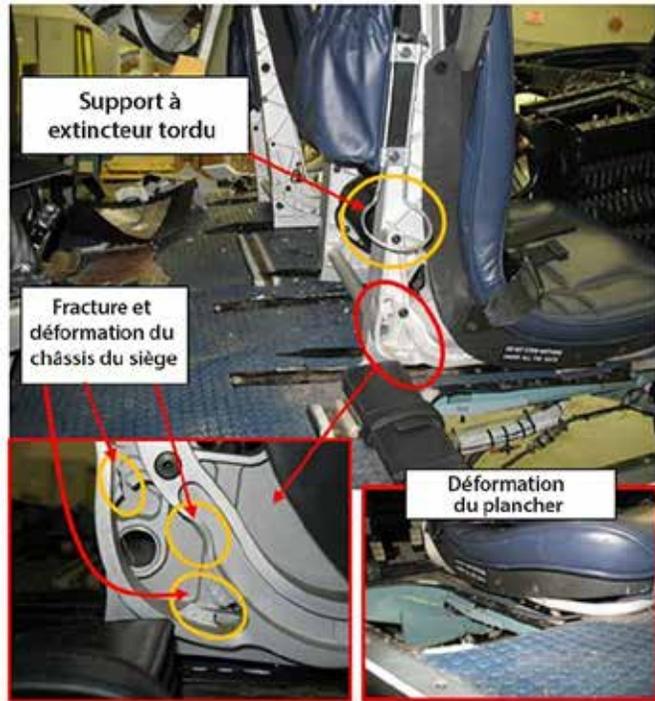


Photo 6. Dommages aux sièges et au plancher

À l'origine, les sièges des pilotes de l'hélicoptère en cause étaient des sièges baquets d'hélicoptère AS 350 conventionnels installés par Eurocopter. L'hélicoptère a ensuite été équipé de 2 sièges de pilote atténuateurs d'impact homologués à 25 g^{21} . Le siège du pilote de droite, qui était occupé, a été fortement endommagé durant l'événement (photo 6). De par sa conception, le siège absorbe l'énergie verticale de l'impact en s'écrasant et se déformant (s'enfonçant) progressivement. La fixation arrière du siège avait cédé de cette façon des 2 côtés, laissant des signes caractéristiques de fracture et de déformation. En outre, le plancher et les poutres porteuses sous le siège étaient très déformés, ajoutant aux forces de flexion exercées sur les ferrures de fixation des sièges et les rails du plancher.

L'enquête a permis de déterminer que l'hélicoptère en cause a heurté le sol à une vitesse verticale de 16,4 mètres par seconde (m/s), ce qui était supérieur à la capacité structurale nominale de la cellule. Même après l'absorption de 2 m/s par les patins d'atterrissage, la cellule a été soumise à une vitesse verticale de 14,5 m/s. La modélisation mathématique de la déformation de la structure de l'hélicoptère a révélé que les facteurs de charge de l'impact sur la cellule variaient entre 15 g et 20 g vers l'avant, et entre 40 g et 50 g vers le bas.

²¹ La mesure normale de la charge g sur un objet est le facteur de charge, ou g (gravité), lequel correspond au rapport entre la force subie en raison de l'accélération et la force qui existerait si cet objet était au repos à la surface de la Terre.

Une fois atteinte la limite d'atténuation de la force g du siège du pilote, les forces g ont été transmises au pilote, puisque le siège s'était alors enfoncé autant qu'il le pouvait, entrant en contact avec le plancher du poste de pilotage sous lui. De plus, il faut combiner les vecteurs de force g vers l'avant et vers le bas pour obtenir la force d'impact totale transférée au pilote. Dans l'accident en cause, les critères de certification de la conception du siège ont été grandement dépassés, et le pilote a été soumis à des forces d'impact de 35 g vers le bas et de 17 g vers l'avant, des valeurs bien au-delà de la tolérance humaine.

1.19.2 Essai d'accumulation de neige et de température du plénum

À la mi-février 2012, le BST, de concert avec la Sous-direction du service de l'air de la GRC et avec le soutien technique d'Eurocopter Canada Limited (ECL), a effectué un essai de simulation environnementale sur un hélicoptère AS 350 B3 identique.

En vue de l'essai, 4 sondes thermométriques et un appareil d'enregistrement numérique ont été fixés au plénum d'admission d'air du moteur. De plus, 2 pistolets laser à température ont été utilisés pour mesurer la température à différents endroits à l'extérieur du moteur et de la cellule. L'hélicoptère a d'abord été démarré dans des conditions dégagées, puis on l'a laissé en marche au sol pendant 15 minutes avec le rotor tournant à un régime de vol. Pendant ce temps, les températures du moteur ont été mesurées et enregistrées, avec le prélèvement d'air P2 du filtre anti-sable activé aussi bien que désactivé. La température à la face d'entrée du filtre anti-sable s'est stabilisée à près de 0 °C avec le moteur en marche, mais elle a chuté de 0,9 °C dès l'activation du prélèvement d'air P2 et elle est remontée légèrement au-dessus de 0 °C dès la désactivation du prélèvement d'air P2. On a ensuite arrêté l'hélicoptère normalement. Le moteur a par la suite été redémarré pour confirmer la fonction de l'enregistreur de température et, environ 10 minutes plus tard, on a arrêté le moteur.

L'équipe a créé un environnement de chute de neige pour l'hélicoptère d'essai à l'aide d'un canon à neige commercial à grand débit. Après l'arrêt de l'hélicoptère, le canon à neige a commencé à déposer de la neige sur l'hélicoptère. Au cours des 90 minutes qui ont suivi, les températures à l'intérieur du plénum et du compartiment moteur ont été enregistrées toutes les 5 minutes. Au bout de 90 minutes, il s'était accumulé une quantité de neige semblable à celle observée sur l'hélicoptère en cause avant le démarrage. La température extérieure ambiante étant demeurée à -10 °C tout au long de l'essai, ce processus reproduisait fidèlement les conditions le jour de l'accident (photo 7).



Photo 7. Essai de neige avec un hélicoptère AS 350 B3

Durant l'essai, on a constaté que, à l'air froid de l'extérieur, la température de la grille d'entrée d'air et du filtre anti-sable sur le dessus du capot moteur ne baissait pas après l'arrêt du moteur. Au lieu de cela, après l'arrêt du moteur, les températures ont rapidement monté de 0,2 °C au moment de l'arrêt à 10 °C, ne baissant qu'à 8,5 °C au bout de 90 minutes. De même, les températures à l'intérieur même du plénum, après avoir atteint environ 33 °C, n'ont pas baissé

sous les 17 °C durant l'essai. La figure 4 indique la chute de température en degrés Celsius sur 19 tranches de 5 minutes.

Durant l'essai, une ouverture est apparue dans la couche de neige sur le dessus du capot moteur et de la grille d'entrée d'air. Cette ouverture a été créée par l'air chaud montant du moteur, passant à travers le plénum et l'admission, faisant fondre un peu de la couche de neige qui s'était formée.

Après l'arrêt du canon à neige, on a ouvert le capot moteur pour vérifier s'il s'était accumulé de la neige ou de la glace sur la surface inférieure du filtre anti-sable ou à l'intérieur du plénum du moteur; il n'y en avait pas.

Cependant, on a constaté la présence de taches d'eau le long du plénum, et une petite quantité d'eau s'était écoulée par l'orifice d'évacuation dans le fond du plénum, juste devant le compresseur du moteur.

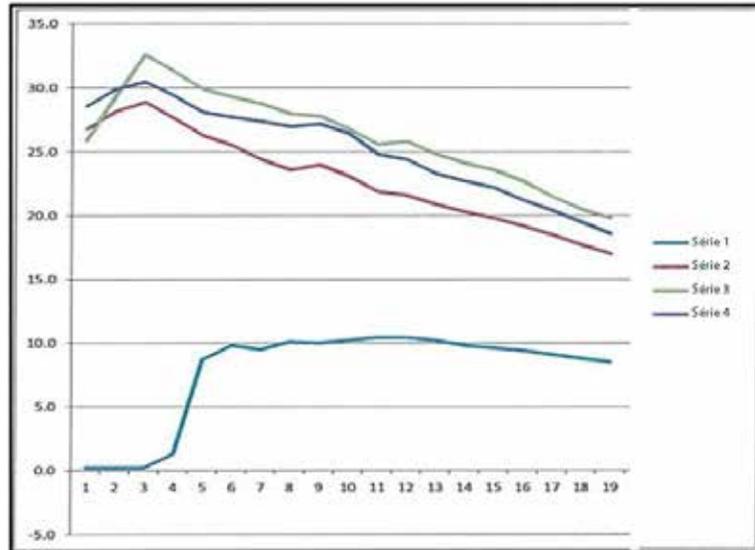


Figure 4. Température dans le plénum et le filtre

1.19.3 Exemples d'opérations hivernales des exploitants d'hélicoptères AS 350

Après avoir confirmé les résultats de l'essai d'accumulation de neige et de température du plénum, le BST a tenu une séance d'information avec les exploitants d'appareils AS 350. Environ 8 exploitants de la côte de la C.-B. étaient présents. Aucun d'eux ne savait qu'il pouvait se former de la glace dans le plénum, entre le filtre et le moteur. De plus, tandis que certains d'entre eux étaient au courant des directives du fabricant visant à réduire le risque d'accumulation de glace dans le plénum à faible puissance, aucun des exploitants présents ne mettait en application les directives du manuel de vol du giravion concernant le nettoyage et le séchage du circuit d'admission d'air. Les exploitants ont souligné que la tâche était peu appropriée aux opérations sur le terrain.

2.0 Analyse

2.1 Généralités

L'enquête sur l'accident n'a révélé aucun signe d'anomalie mécanique préexistante dans l'hélicoptère ou dans son moteur. De plus, le pilote possédait les licences et les qualifications nécessaires pour effectuer le vol, et rien n'indique que des facteurs physiologiques comme la fatigue aient atténué les capacités du pilote. Dans l'événement en cause, les faits appuient la conclusion qu'un changement soudain du rapport carburant-air a entraîné une perte de puissance du moteur. Par conséquent, la présente analyse porte essentiellement sur les facteurs liés à la conception et à l'exploitation qui ont joué un rôle dans cet événement.

2.2 Exposition aux intempéries

Au cours des 25 dernières années, il y a eu un certain nombre d'incidents de perte de puissance moteur liés à l'ingestion de glace, de neige et d'eau mettant en cause l'hélicoptère AS 350. Le moteur Arriel de Turbomeca est conçu de sorte que, si les conditions propices existent, comme la neige et la pluie, il peut être impossible d'empêcher l'accumulation d'eau ou de neige et de glace dans le circuit d'entrée d'air avant le décollage. Bien que les housses de l'appareil soient conçues pour le protéger contre les intempéries, il est encore possible que l'humidité entre dans le plénum de l'appareil AS 350. Eurocopter et Turbomeca comprenaient bien les risques liés à l'ingestion de glace molle et avaient fourni des procédures et des directives visant à réduire ces risques.

Les housses de protection pour la cellule et l'entrée d'air moteur disponibles n'avaient pas été installées lorsqu'on a arrêté l'hélicoptère ou qu'il s'est mis à neiger abondamment. De plus, on n'a pas préparé l'hélicoptère pour le vol en enlevant la neige qui s'était accumulée sur la cellule ou à l'entrée d'air. Le manuel de vol du giravion AS 350 B3 exige qu'on enlève toute la neige, la glace et l'eau du circuit d'entrée d'air du moteur avant le démarrage. Cependant, dans le cas présent, ces directives n'ont pas été suivies. L'eau s'est accumulée dans le plénum d'entrée d'air moteur, ce qui a permis la formation de glace molle après le démarrage.

Même si l'avis d'information 2302-I-00 n'a pas été diffusé aux pilotes de la Gendarmerie royale du Canada (GRC), l'information essentielle se trouvait dans les suppléments du manuel de vol du giravion. Il a été déterminé que les exploitants de l'appareil AS 350 peuvent ne pas s'être entièrement conformés aux procédures du manuel de vol du giravion et semblent ne pas comprendre les dangers et les conséquences liés à la contamination par la neige, la glace ou l'eau dans le filtre et le plénum. Cette conclusion souligne l'importance de veiller à ce que les renseignements essentiels sur la sécurité soient parfaitement compris et transmis aux personnes appropriées. Un moyen d'y arriver serait de faire un exposé annuel sur les mesures de sécurité avant le début des opérations hivernales. Si de l'information de maintenance et d'exploitation essentielle liée à la sécurité n'est pas correctement diffusée et si les stratégies de gestion des risques ne sont pas mises en application, les pilotes et les passagers à bord de ces aéronefs seront exposés à davantage de risques.

Selon Eurocopter, l'installation rapide des housses d'entrée d'air est une précaution élémentaire, mais elle ne peut empêcher complètement l'accumulation de glace dans l'entrée d'air (phénomène qui peut se produire à la suite de l'infiltration d'eau dans l'entrée d'air, en présence de pluie ou de neige fondue). Même avec les housses en place, il existe un risque d'extinction du moteur lorsque l'aéronef reste exposé à l'extérieur à des conditions qui permettent une accumulation d'humidité, que le pilote peut ne pas détecter, dans les composants du filtre d'entrée d'air du moteur. L'enquête a également permis de déterminer que, dans au moins 1 cas, l'installation des housses et la prise des mesures pour enlever la neige que les housses avaient laissée entrer n'ont pas empêché une extinction du moteur en raison de l'ingestion de glace.

Les procédures pour enlever la neige, la glace et l'eau du circuit d'entrée d'air sont peu appropriées aux opérations sur le terrain. Cependant, si les exploitants et les pilotes d'AS 350 ne reconnaissent pas le risque d'accumulation d'eau, de neige et de glace dans le plénum avant le démarrage du moteur et ne se conforment pas pleinement aux directives du fabricant, il y a un risque accru qu'un hélicoptère dans lequel se trouvent des passagers et des pilotes subisse une extinction du moteur peu de temps après le décollage en hiver.

2.3 Démarrage et fonctionnement du moteur

Des essais et des accidents antérieurs ont révélé que, dans certaines conditions hivernales, l'écoulement d'air dans le moteur dépose progressivement une contamination de glace ou de neige fondante sur la paroi arrière du plénum d'entrée d'air, créant ainsi une accumulation d'un mélange de neige, de glace et d'eau (glace molle) qui finit par se détacher et aller heurter le disque du compresseur axial d'entrée d'air, tordre les aubes, nuire à l'écoulement d'air et causer l'arrêt du moteur.

Dans le cadre des essais, la chaleur résiduelle consécutive à l'arrêt d'un moteur était suffisante pour causer l'apparition d'une étroite ouverture sur le bord avant d'une grille d'entrée d'air recouverte de neige (figure 5). L'écoulement élevé de l'air à travers l'entrée aurait ensuite commencé à éroder progressivement la couche de neige vers l'arrière, agrandissant l'ouverture et causant un changement graduel de l'écoulement d'air (figure 6). À mesure que s'élargissait l'ouverture dans la grille, la configuration de l'écoulement d'air aurait vraisemblablement commencé à former des courants tourbillonnants d'air recyclé sur la face arrière du plénum, gagnant en intensité avec l'élargissement de l'ouverture. L'air d'entrée contenait de l'humidité – provenant à la fois de l'atmosphère et de la couche de neige fondante sur le dessus de la grille – et s'est probablement refroidi en raison de la baisse de pression dans le plénum, entraînant une accumulation de neige fondante sur la face arrière du plénum (figure 6). Ce phénomène d'accumulation de glace molle n'est pas inconnu – il s'agit de la même forme de contamination que celle constatée dans le cadre des essais de certification français décrits précédemment dans le présent rapport. Le seul facteur contributif d'importance absent des régimes d'essais, cependant, était la superficie grandissante de l'entrée d'air en raison de l'érosion graduelle de la couche de neige provoquée par le courant d'air. À un certain stade de ce processus, la configuration de l'écoulement de l'air a vraisemblablement changé de façon à agir sur le dépôt accumulé sur la face arrière du plénum, et, peut-être en combinaison avec la vibration, causer la séparation du dépôt de la surface du plénum et son aspiration dans l'entrée d'air du moteur (figure 7 et figure 8).

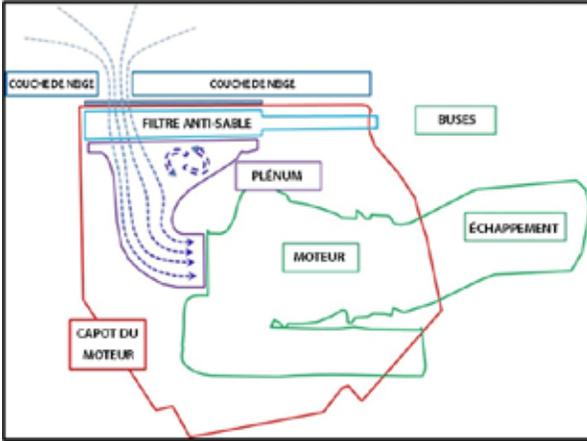


Figure 5. Écoulement de l'air au démarrage du moteur

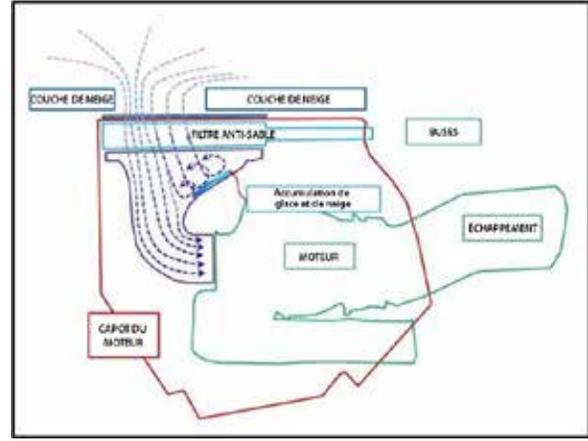


Figure 6. Accumulation de neige par l'écoulement de l'air

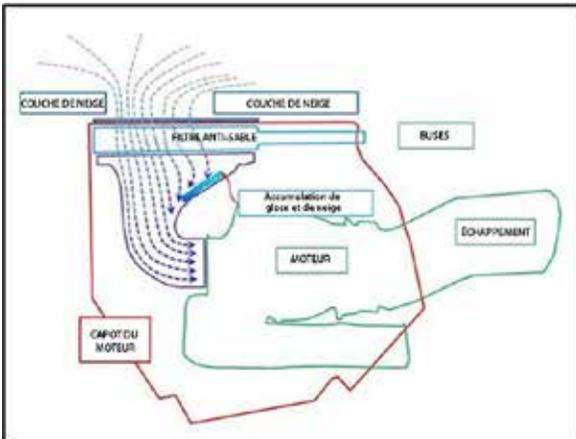


Figure 7. Écoulement de l'air agissant sur les dépôts de neige

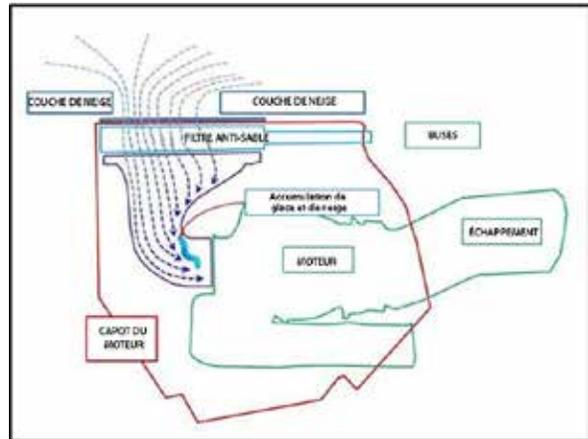


Figure 8. Écoulement de l'air délogeant la neige et la glace

2.4 Perte de la puissance du moteur

On a effectué beaucoup de recherche en vue de démontrer que les moteurs à turbine à gaz ne peuvent pas tolérer l'ingestion d'une quantité importante d'eau, de neige ou de glace. Des essais démontrent que les extinctions de moteur sont prévisibles après l'ingestion d'aussi peu que 40 grammes de glace molle. L'hélicoptère AS 350 n'est pas équipé d'un système, comme des surfaces chauffées dans le plenum, pour faire fondre la glace molle ou en empêcher l'accumulation. De plus, ces moteurs ne sont pas équipés d'un système de rallumage automatique, et la réglementation n'exige pas qu'ils le soient. Par conséquent, l'appareil AS 350 est sujet, dans certaines conditions, à l'accumulation de glace molle dans le plenum du moteur, ce qui peut causer l'extinction du moteur Arriel de Turbomeca advenant l'ingestion de glace.

Les essais menés prouvent que la température à l'intérieur du plenum est demeurée bien au-dessus du point de congélation avant le démarrage du moteur et qu'il n'y aurait pas eu de neige ou de glace à ce moment. Cependant, durant le démarrage et une fois le moteur en marche, la température aurait rapidement baissé bien en dessous du point de congélation. Cette chute de température créerait des conditions idéales pour provoquer le gel des particules d'eau. En

raison de la différence de température, les particules d'eau auraient toutes très vite formé un mélange d'eau et de glace fondante molle. La pente arrière du plénum était sujette à l'accumulation de ce contaminant. Il s'en était accumulé une quantité importante, et plus de 83 grammes de celle-ci ont vraisemblablement été ingérés dans le moteur. La consistance de ce mélange est semblable à celle de la contamination requise dans le moteur pour causer les dommages constatés après l'événement au rotor du compresseur. Selon les circonstances de l'événement en cause et les antécédents bien documentés d'extinctions de moteur liées à l'infiltration d'eau, de neige ou de glace, l'enquête a déterminé que la cause de la perte de puissance du moteur était un changement soudain du rapport carburant-air essentiel en raison de l'ingestion de glace molle. Bien qu'il soit impossible de connaître avec certitude la quantité de glace molle ingérée par le moteur, les dommages aux aubes du compresseur suggèrent que la quantité de glace molle qui a heurté les aubes était supérieure à la quantité observée durant les essais de certification.

2.5 Domaine de vol de l'accident

La vaste majorité du court vol en cause a été effectuée dans les zones à éviter les plus à risque du domaine altitude-vitesse (A-V), comme l'indique le manuel de vol du giravion. Lorsque l'hélicoptère a subi une perte de puissance moteur, pendant qu'il était en vol stationnaire à une altitude d'environ 80 pieds agl, il ne se trouvait pas à une altitude suffisante ou ne disposait pas d'assez de temps pour complètement amorcer un vol en autorotation. Par conséquent, le pilote n'aurait pas vraiment eu l'occasion de préserver le régime du rotor principal, et la vitesse verticale de descente aurait augmenté rapidement. Pendant la descente de l'hélicoptère, la chute rapide de régime du rotor principal causée par la perte de puissance du moteur a réduit l'efficacité des commandes de vol, entraînant un impact avec le relief au-delà de la tolérance humaine.

2.6 Surveillance de la part de la direction

L'enquête a révélé plusieurs anomalies liées aux publications de maintenance périmées de la Sous-direction du service de l'air. Même s'il a été établi que les procédures de maintenance étaient suivies en conformité avec les procédures approuvées par le fabricant, il existait un risque accru que certaines mesures requises soient omises, puisque les publications de la Sous-direction du service de l'air ne reflétaient pas les procédures approuvées. Si les manuels d'une entreprise ne sont pas tenus à jour avec les procédures de maintenance approuvées par le fabricant, on accroît le risque d'omettre des tâches de maintenance essentielles.

La décision d'exploiter l'appareil AS 350 ne reposait pas sur une analyse approfondie des risques liés à la mission et des conséquences probables d'une perte de la puissance du moteur. L'exploitant n'a pas apprécié à sa juste valeur le risque d'accumulation de glace molle lié à l'exploitation par temps froid, et les mesures d'inspection et de nettoyage du circuit d'entrée d'air décrites dans le manuel de vol du giravion étaient peu appropriées aux opérations sur le terrain.

Aucune autre mesure de gestion des risques n'a été prise pour déterminer les dangers liés à l'exploitation du système de transport humain externe (HETS) avec un hélicoptère monomoteur, plus particulièrement en hiver. Si on omet d'effectuer des évaluations détaillées

du risque lorsqu'un nouveau type d'aéronef est utilisé dans le cadre d'une opération, on accroît le risque que des dangers connexes passent inaperçus.

2.7 Circuits d'autoallumage

La certification des aéronefs en vue des opérations hivernales n'exige pas spécifiquement que les moteurs soient équipés d'un système de rallumage, malgré le fait que plusieurs types d'aéronefs ont affiché une susceptibilité aux extinctions moteur dans des conditions de neige et de givrage. Le risque d'extinctions moteur des appareils AS 350 à la suite de l'ingestion de neige ou de glace a déjà été documenté et a donné lieu à 2 recommandations du bureau suédois d'enquête sur les accidents.

Même si de nombreux fabricants d'aéronefs ont modifié la conception de leurs appareils pour incorporer des systèmes de rallumage, les hélicoptères AS 350 équipés de moteurs Turbomeca ne sont pas dotés d'un tel système. En croisière à haute altitude, les pilotes peuvent redémarrer ces moteurs. L'absence de circuits d'autoallumage sur les hélicoptères monomoteurs comme l'AS 350 expose les pilotes et les passagers à un risque accru d'accident consécutif à une perte de puissance moteur à basse altitude à la suite de l'ingestion de neige, d'eau ou de glace.

2.8 Activités liées au système de transport humain externe

L'exploitation du HETS exige que l'hélicoptère évolue pendant de longues périodes dans la zone à éviter du graphique A-V. Lorsque les hélicoptères sont exploités dans la zone à éviter du domaine A-V, les pilotes et les passagers de ces aéronefs sont exposés à un plus grand risque advenant une perte de puissance du moteur. Ce risque est particulièrement critique dans le cas des hélicoptères monomoteurs, étant donné l'absence de redondance que procure un autre moteur pour aider à effectuer un atterrissage en toute sécurité. La GRC utilise des hélicoptères monomoteurs autorisés par TC pour faire de la formation et mener des opérations avec l'HETS. Par conséquent, les pilotes et les passagers transportés à l'extérieur étaient exposés à un risque accru de blessure ou de décès en cas de perte de puissance.

3.0 *Faits établis*

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

1. Les housses de protection de la cellule et de l'entrée d'air moteur disponibles n'avaient pas été installées lorsqu'on a arrêté l'hélicoptère ou qu'il s'est mis à neiger abondamment. De plus, on n'a pas préparé l'hélicoptère pour le vol en enlevant la neige qui s'était accumulée sur la cellule ou à l'entrée d'air, contrairement à ce qu'exige le manuel de vol du giravion.
2. De l'eau s'est accumulée dans le circuit d'entrée d'air moteur, et de la glace ou de la neige compactée s'est accumulée dans le plénum de l'entrée d'air moteur après le démarrage. L'hélicoptère a subi une perte totale de la puissance du moteur à la suite d'un changement soudain du rapport carburant-air causé par l'ingestion du contaminant.
3. La perte de puissance de l'hélicoptère s'est produite à une altitude et à une vitesse qui ne permettaient pas une mise en autorotation, entraînant une chute rapide du régime du rotor principal et une vitesse verticale de descente extrêmement élevée.
4. Pendant la descente de l'hélicoptère, la chute rapide de régime du rotor principal causée par la perte de la puissance du moteur a réduit l'efficacité des commandes de vol, entraînant un impact avec le relief au-delà de la tolérance humaine.

3.2 *Faits établis quant aux risques*

1. Si un aéronef a été exposé à des conditions qui permettent une accumulation d'humidité, que le pilote peut ne pas détecter, dans les composants du filtre d'entrée d'air du moteur, il existe un risque d'extinction du moteur, même avec les housses du moteur en place.
2. Le respect des exigences visant à s'assurer que le circuit d'entrée d'air du moteur est bien sec est peu pratique dans le cadre des opérations sur le terrain. Néanmoins, à moins que les exploitants d'appareils AS 350 se conforment pleinement aux directives du fabricant, il y a un risque accru qu'un hélicoptère dans lequel se trouvent des passagers et des pilotes subisse une extinction du moteur peu de temps après le décollage en hiver.
3. Les exemptions autorisant les hélicoptères monomoteurs à participer à des opérations de transport humain externe à des fins d'application de la loi, de lutte contre les incendies et de sauvetage dans la zone à éviter du domaine altitude-vitesse exposent les pilotes et les passagers à un risque accru en cas de perte de la puissance du moteur.
4. Si on omet d'effectuer des évaluations détaillées du risque lorsqu'un nouveau type d'aéronef est utilisé dans le cadre d'une opération, on accroît le risque que des dangers connexes passent inaperçus.

5. Si de l'information de maintenance et d'exploitation essentielle liée à la sécurité n'est pas correctement diffusée et si les stratégies de gestion des risques ne sont pas mises en application, les pilotes et les passagers à bord de ces aéronefs seront exposés à davantage de risques.
6. L'absence de circuits d'autoallumage sur les hélicoptères monomoteurs comme l'AS 350 expose les pilotes et les passagers à un risque accru d'accident consécutif à une perte de puissance moteur à basse altitude à la suite de l'ingestion de neige, d'eau ou de glace.
7. Si les manuels d'une entreprise ne sont pas tenus à jour avec les procédures de maintenance approuvées par le fabricant, on accroît le risque d'omettre des tâches de maintenance essentielles.

4.0 Mesures de sécurité

4.1 Mesures de sécurité prises

4.1.1 Gendarmerie royale du Canada

À la suite de l'événement, la Gendarmerie royale du Canada (GRC) a fourni des mentonnières et des attaches de remplacement pour tous ses casques de vol en service, en plus de mettre en œuvre un programme de remplacement biennal. La GRC a également établi un calendrier de remplacement des casques moins long (de 10 ans à 7 ans) que celui recommandé par le fabricant.

On a rappelé à tous les pilotes l'importance d'utiliser les housses dans toutes les formes de précipitation et d'exposition à des températures près du point de congélation. La GRC a acheté pour tous les hélicoptères de nouvelles housses assurant une meilleure étanchéité.

Un rappel soulignant les exigences et les règlements relatifs à la propreté des aéronefs (aéronefs exempts de contaminants) a été envoyé à tous les pilotes immédiatement après l'accident.

Les 2 pilotes en chef font maintenant des exposés sur les « opérations par temps froid et par temps chaud » à tous les pilotes au début de chaque saison, passant en revue des aspects critiques de l'environnement opérationnel et de l'aéronef exploité.

Les 2 pilotes en chef ont depuis été abonnés aux publications relatives aux aéronefs à voilure fixe et à voilure tournante du parc aérien de la GRC afin d'assurer la diffusion rapide, efficace et documentée aux pilotes de toute l'information pertinente.

Le pilote en chef des aéronefs à voilure tournante a publié, le 10 février 2012, une directive temporaire demandant aux pilotes d'examiner soigneusement tous les manuels de vol du giravion pour en vérifier le bon contenu, et ce, à la première occasion. On a prévu l'introduction d'un examen annuel du manuel de vol du giravion et d'autres manuels afin de s'assurer que l'information qu'ils contiennent est exacte et à jour.

Un profil complet des risques pour la sécurité mettant en cause tous les intervenants a été mis au point pour le programme du système de transport humain externe. Tous les intervenants ont reçu de l'information sur les limites de domaine de vol et de l'hélicoptère dans lesquelles ont lieu ces opérations.

Des formulaires ont été modifiés afin de s'assurer que tous les bulletins de service (BS) fassent l'objet d'examen appropriés et exhaustifs et d'inclure au besoin les commentaires des opérations aériennes.

La GRC a vérifié toutes ses fiches de contrôle, et a désigné en mauvais état de navigabilité tous les aéronefs de son parc aérien qui avaient été certifiés en fonction d'une des fiches invalides et conformément à l'une de celles-ci jusqu'à ce que ces aéronefs soient recertifiés en conformité avec les bons critères du manuel de maintenance de l'aéronef. Le 23 février 2012, elle a envoyé à

toutes les sections une lettre d'information sur la maintenance leur demandant de ne plus utiliser les fiches de contrôle de la GRC.

La Sous-direction du service de l'air de la GRC à Ottawa a mis en œuvre un système informatique à disque partagé qui contient l'ensemble des manuels, procédures, pratiques et politiques portant sur les opérations de maintenance et de vol du parc aérien de la GRC.

Le 29 février 2012, une lettre d'information sur la maintenance révisée (n° 030R) a été publiée, demandant aux techniciens d'entretien d'aéronefs (TEA) de vérifier si les hélicoptères existants avaient été inspectés conformément aux exigences des avionneurs.

De plus, la Sous-direction du service de l'air a mis en œuvre une procédure visant à aviser directement le pilote en chef des aéronefs à voilure tournante de tous les renseignements opérationnels pertinents d'Eurocopter, ainsi que le pilote en chef des aéronefs à voilure fixe de tous les renseignements opérationnels des fabricants correspondants.

4.1.2 *Transports Canada*

Transports Canada (TC) a entrepris un examen de la conception de l'entrée d'air du moteur en conformité avec les articles 527.1091 et 527.1093 du chapitre 527 du *Manuel de navigabilité*, relativement aux giravions de la catégorie normale, aux limites du manuel de vol du giravion, aux exigences d'inspection pré-vol et à certaines autres préoccupations d'ordre opérationnel. Cet examen est un projet de la Certification nationale des aéronefs exigeant une coordination internationale qui pourrait prendre un temps considérable à régler.

TC a publié l'alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) 2013-03²² à l'égard de l'AS 350 afin de sensibiliser les exploitants au problème d'accumulation d'humidité dans la chambre de tranquillisation de cet aéronef. L'ASAC comprend un avertissement très sérieux d'éviter dans la mesure du possible la zone ombragée de la courbe altitudes/vitesses.

4.1.3 *Eurocopter*

Eurocopter a publié l'avis de sécurité 2645-S-30 à l'automne 2013, visant les appareils AS 350, AS 550 et EC 130 et ayant pour objet la protection contre le givre et la pluie (annexe F).

L'avis fait référence à l'arrêt du moteur en vol se produisant peu de temps après le décollage à la suite d'une accumulation de neige et de glace dans le plénum de l'entrée d'air et de l'ingestion soudaine du mélange neige-glace par le moteur.

L'avis mentionne²³ : « Lorsqu'une zone proche de l'entrée d'air moteur ou l'entrée d'air elle-même n'a pas été nettoyée au sol, un volume instantané d'eau, de neige ou de glace peut se détacher. Les entrées d'air moteur (y compris celles équipées d'un filtre anti-sable) ne sont pas conçues pour assurer un bon fonctionnement du moteur dans ces conditions. »

²² Transports Canada, Alerte à la sécurité de l'Aviation civile (ASAC) 2013-03, *Risque de givrage de l'entrée d'air (plénum) du moteur de l'AS 350/EC 130*, 11 juin 2013.

²³ Eurocopter, Safety Information Notice No. 2645-S-30: *Ice and Rain Protection: Recommendations in case of snow/ice accumulation in and around the engine air intakes*, 31 octobre 2013.

L'avis poursuit en disant que des avertissements supplémentaires seront ajoutés au manuel de vol du giravion pour souligner les procédures d'exploitation par temps froid.

4.2 *Préoccupations du Bureau en matière de sécurité*

Environ 532 hélicoptères Eurocopter AS 350 et EC 130 sont exploités par 132 exploitants au Canada. L'EC 130 est essentiellement une évolution de l'AS 350, et la conception de son entrée d'air moteur est la même.

La présente enquête a conclu qu'il s'est accumulé de la glace ou de la neige compactée dans le plénum de l'entrée d'air moteur de l'AS 350 après le démarrage et que l'hélicoptère a subi une perte totale de la puissance du moteur consécutive à un changement soudain du rapport carburant-air causé par l'ingestion du contaminant. La perte de puissance de l'hélicoptère s'est produite à une altitude et une vitesse qui ne permettaient pas une mise en autorotation, entraînant une chute rapide du régime du rotor principal et une vitesse verticale de descente extrêmement élevée, et l'impact avec le sol n'offrait aucune chance de survie.

L'entrée d'air du moteur de l'AS 350 est vulnérable à la formation de glace lorsque le plénum, contaminé par la présence de neige, de glace ou d'eau liquide, est refroidi à des températures inférieures au point de congélation durant le démarrage et dans le cadre d'opérations à faible puissance du moteur. La glace qui se forme dans le plénum peut ensuite se détacher et causer des dommages par corps étrangers (mous) et l'extinction du moteur. Ce phénomène peut se produire durant le décollage lorsque la puissance élevée est initialement sélectionnée, entraînant une perte soudaine de la puissance et une perte possible de la maîtrise de l'hélicoptère, comme dans le cas présent.

Selon Transports Canada, ce phénomène semble constituer un risque particulier pour les hélicoptères équipés de filtres sous et derrière lesquels il peut s'accumuler de la glace. Celle-ci peut se détacher soudainement dans le plénum, perturbant momentanément l'écoulement de l'air et causant l'extinction du moteur. Cependant, il peut se former de la glace dans ces types d'hélicoptère lorsque le plénum n'est pas lui-même exempt de neige ou d'eau avant le démarrage et que la température extérieure ambiante est relativement basse.

Le fabricant recommande l'installation de housses de protection sur la cellule et l'entrée d'air moteur lorsque l'hélicoptère est stationné à l'extérieur. Même si ces mesures permettent d'atténuer le risque d'accumulation de glace ou de neige, elles n'éliminent pas totalement la possibilité que, dans certaines conditions météorologiques et opérationnelles, l'humidité s'accumule dans le filtre et le plénum de l'entrée d'air du moteur.

Par conséquent, la section Preflight [prévol] du supplément au manuel de vol 9-4: Instructions For Operations in Cold Weather [directives d'opérations par temps froid] de l'AS 350 B3 mentionne en partie [traduction] : « ...vérifier visuellement s'il y a de la neige ou de la glace à l'intérieur du conduit d'entrée d'air... Note : Il est essentiel de nettoyer l'entrée d'air²⁴... ».

²⁴ Eurocopter, *Flight Manual AS 350 B3 Supplement 9-4: Instructions For Operations in Cold Weather*, section Preflight.

La réglementation canadienne exige que l'on se conforme pleinement aux directives du fabricant. Transports Canada fait savoir qu'il est essentiel de veiller à ce que l'entrée d'air (plénum) du moteur des hélicoptères de type AS 350/EC 130 soit exempte de toute neige, glace et eau liquide avant le démarrage par temps froid ou lorsqu'il a neigé. Cependant, il n'est pas possible de se conformer à ces directives d'inspection et de nettoyage de l'entrée d'air (plénum) du moteur des hélicoptères de type AS 350/EC 130 sans lever et soutenir le capot moteur ou enlever et réinstaller la grille qui recouvre le filtre, le cas échéant. Le fait qu'il soit difficile d'accomplir ces tâches sur le terrain limite considérablement la capacité des exploitants de mener des opérations dans certaines conditions météorologiques.

Par conséquent, le Bureau craint que, dans certaines conditions de temps froid, lorsqu'on ne se conforme pas pleinement aux directives du fabricant, les hélicoptères de type AS 350 et EC 130 soient exposés à un plus grand risque d'extinction du moteur peu de temps après le décollage.

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 12 mars 2014. Il est paru officiellement le 28 mai 2014.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports (www.bst-tsb.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance qui énumère les problèmes de sécurité dans les transports qui posent les plus grands risques pour les Canadiens. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.

Annexes

Annexe A – Liste des rapports de laboratoire du BST

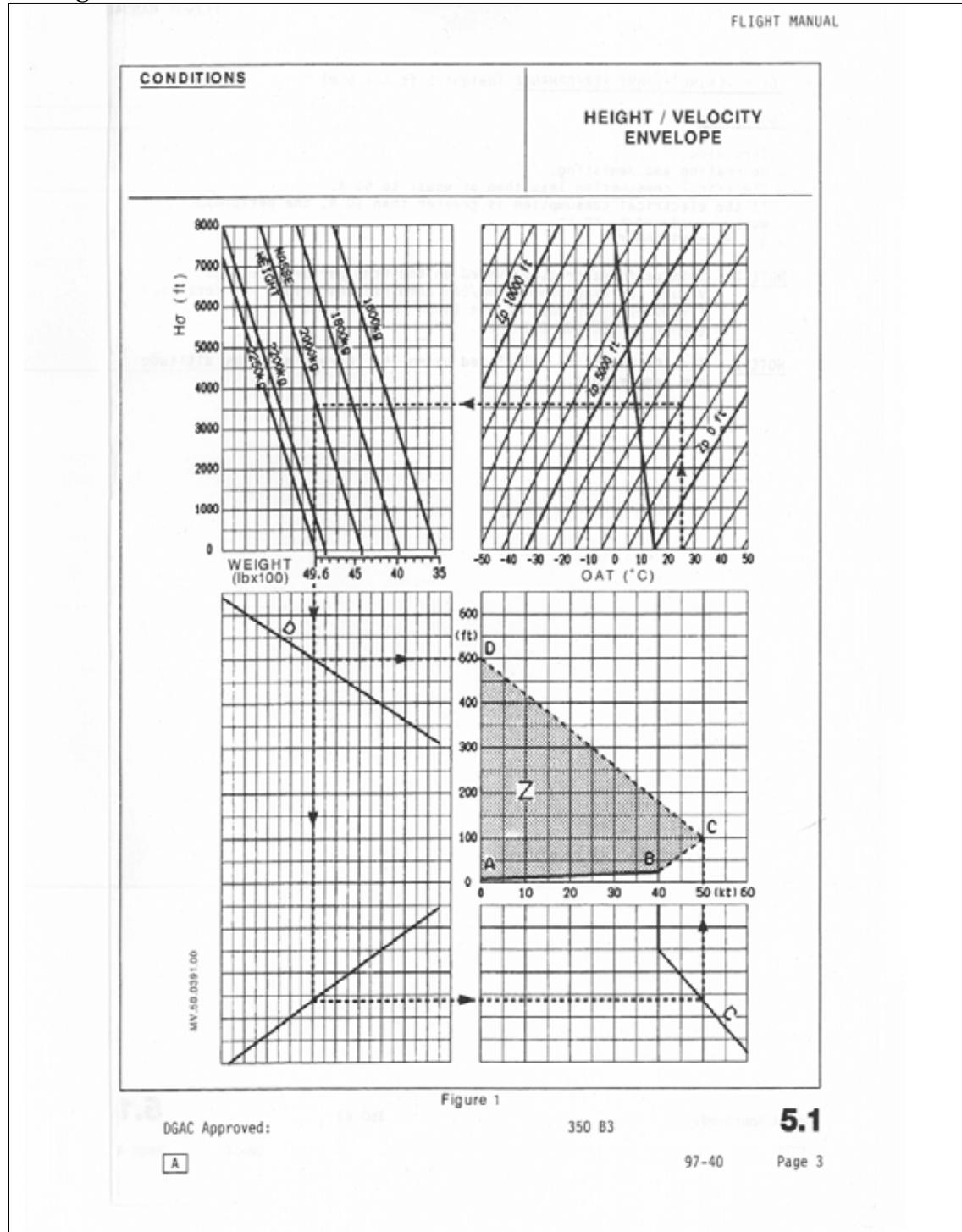
Les rapports du Laboratoire du BST suivants ont été finalisés :

- LP 014/2012 – VEMD Download [téléchargement du VEMD]
- LP 097/2012 – Axial Compressor Blade Examination [examen des aubes du compresseur axial]
- LP 186/2012 – Fire Extinguisher Mounting Bracket [support de fixation d'extincteur]

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada peut fournir ces rapports sur demande.

Annexe B – AS 350 – Graphiques de domaine altitude-vitesse du manuel de vol de giravion²⁵

[en anglais seulement]



²⁵ Eurocopter, *Flight Manual AS 350 B3*.

*Annexe C – Consigne de navigabilité CF-2001-03R1 de Transports Canada
(extrait)*

Date d'émission
28 mai 2001

Numéro : CF-2001-03R1

Objet : Bell 206A/B - Séparateur de particules / déflecteur d'entrée d'air

En vigueur : 28 février 2001 (date d'entrée en vigueur de la consigne de navigabilité (CN) CF-2001-03).

Révision : Remplace la CN CF-2001-03 publiée le 22 janvier 2001.

Applicabilité : Tous les hélicoptères des modèles 206A et 206B de Bell Helicopter Textron Canada (BHTC).

Conformité : Au plus tard le 30 septembre 2001, à moins que ce ne soit déjà fait.

Contexte : En 1989, la Federal Aviation Administration (FAA) a publié la CN 89-10-11R1 visant les Bell 206A et 206B pour exiger l'installation de séparateur de particules et du déflecteur d'entrée d'air de Bell Helicopter afin de permettre le vol dans les chutes de neige et la poudrerie. Au Canada, beaucoup d'hélicoptères qui étaient munis du nécessaire d'hiverisation constitué de prises d'air inverses et de circuits de rallumage automatique ont obtenu une exemption de cette CN en vertu d'un autre moyen de conformité (AMOC). L'émission originale de la présente CN a remplacé la CN 89-10-11R1 de la FAA et exigé l'installation d'un circuit de rallumage automatique en plus de l'équipement installé antérieurement conformément à la CN 89-10-11R1 de la FAA.

La présente révision est publiée afin de corriger la date de conformité et d'éliminer les références au modèle 206B3, car ce nom ne sert qu'à des fins commerciales. On a également apporté des modifications mineures d'ordre rédactionnel.

Mesures correctives :

L'équipement suivant doit être installé au moment de mener des opérations aériennes dans des chutes de neige ou de la poudrerie :

1. Dans le cas d'hélicoptères des modèles 206A et 206B :

- (a) nécessaire de rallumage (automatique) du moteur, numéro 206-706-038;
- (b) nécessaire de déflexion – circuit d'entrée d'air du moteur;
- (c) séparateur de particules de neige - circuit d'entrée d'air du moteur.

2. Ou, uniquement dans le cas d'hélicoptères de modèle 206A :

- (a) nécessaire de rallumage (automatique) du moteur, numéro 206-706-038;
- (b) hivernisation contre la neige - circuit d'entrée d'air.

Annexe D – Liste de tous les documents et essais d’ingestion de neige, de glace et d’eau

- *Rotary Flight Manual* [manuel de vol du giravion] : ajout de Cold Weather Operating Instructions: Preparation for Flight [directives d’opérations par temps froid : préparation du vol] (se reporter à la section 1.16.14).
- *Aircraft Maintenance Manual (AMM)* : ajout de directives d’inspection de la préparation par temps froid.
- Lettre de service (LS) d’Aérospatiale n° 662.30.84 (février 1985) : Reminder about precautions after unsheltered parking under snowing conditions [rappel des précautions après un stationnement non abrité lorsqu’il neige] (plus précisément, nettoyage de l’entrée d’air et directives du manuel de vol du giravion et de l’AMM).
- Bulletin de service d’Aérospatiale n° 30.04 (décembre 1985) : Retrofit removable air intake grill and plenum drain hole [pose en rattrapage d’une grille amovible sur l’entrée d’air et d’un orifice d’évacuation dans le fond du plénum].
- LS d’Aérospatiale n° 743.05.86 (février 1986) : Preparation for Flight after Parking under Snow [préparation du vol après le stationnement sous la neige].
 - À la suite de quelques accidents survenus au cours de l’hiver 1985 qui étaient causés par un enlèvement insuffisant de la neige, rappel de l’importance de nettoyer l’entrée d’air avant le décollage.
 - Fait référence au bulletin de service n° 30.04.
- LS d’Aérospatiale n° 784.05.86 (décembre 1986) : Preparation for Flight After Parking in Falling Snow [préparation du vol après le stationnement lorsqu’il neige].
 - Publiée après plusieurs accidents survenus au cours de l’hiver 1985-1986 causés par un enlèvement inadéquat de la neige après avoir stationné l’hélicoptère lorsqu’il neigeait.
 - Fait référence aux directives de l’AMM (fiche de travaux 05-21-00-605), incluant le nettoyage obligatoire de l’entrée d’air.
- LS d’Eurocopter n° 1036-05-91 (mars 1991) : Preparation for Flight following aircraft parking in snow and/or in cold weather [préparation du vol après le stationnement de l’hélicoptère lorsqu’il neige et par temps froid].
 - Fait suite à un accident récent causé par l’enlèvement insuffisant de la neige d’hélicoptères AS 350.
 - Rappel des directives de l’AMM dans la fiche de travaux 05-21-00-605 et la LS 662.30.84, toutes deux exigeant l’inspection de l’entrée d’air, et référence au bulletin de service d’Aérospatiale n° 30.04.
- LS d’Aérospatiale n° 784-05-86 (décembre 1991) RÉÉDITION : Preparation for Flight After Parking in Falling Snow [préparation du vol après le stationnement lorsqu’il neige].

- Publiée après plusieurs accidents survenus au cours de l'hiver 1985-1986 causés par un enlèvement inadéquat de la neige après avoir stationné l'hélicoptère lorsqu'il neigeait.
- Fait référence aux directives de l'AMM (fiche de travaux 05-21-00-605), incluant le nettoyage obligatoire de l'entrée d'air.
- LS d'Aérospatiale n° 1094-00-91 (janvier 1992) : Flight in Falling Snow [vol lorsqu'il neige].
 - Fait suite à de récentes extinctions de moteur causées par l'accumulation de neige sur des hélicoptères AS 350.
 - Rappel des limites de visibilité dans la neige.
- LS d'Eurocopter n° 1142-00-92 (novembre 1992) : Flight in Falling Snow [vol lorsqu'il neige].
 - Avise que l'installation du filtre à neige (SB 71.04) ou du filtre anti-sable (SB 71.11) élimine les restrictions de visibilité en vol lorsqu'il neige.
- LS d'Eurocopter n° 1270-00-96 (mai 1996) : Protection and Operation of Helicopters in Snowy Conditions [protection et utilisation des hélicoptères par temps neigeux].
 - Publiée après plusieurs extinctions de moteur consécutives à l'exploitation ou au stationnement lorsqu'il neige, et rappel des précautions élémentaires lorsqu'on prépare un hélicoptère stationné sous la neige.
 - Fait référence au manuel de vol du giravion – Instructions for Cold Weather: Preparation for Flight [directives par temps froid préparation du vol] et AMM – Pre Flight Check in Cold Weather [vérification avant vol par temps froid].
 - Directives pour enlever la neige des hélicoptères et retirer les housses de l'entrée d'air.
- LS d'Eurocopter n° 1270-00-96 RÉÉDITION (juin 1996) : Protection and Operation of Helicopters in Snowy Conditions [protection et utilisation des hélicoptères par temps neigeux].
- LS d'Eurocopter n° 1270-00-96 RÉÉDITION (octobre 1996) : Protection and Operation of Helicopters in Snowy Conditions [protection et utilisation des hélicoptères par temps neigeux].
- LS d'Eurocopter n° 1270-00-96 RÉÉDITION (décembre 1998) : Protection and Operation of Helicopters in Snowy Conditions [protection et utilisation des hélicoptères par temps neigeux].
- LS d'Eurocopter n° 1270-00-96 RÉÉDITION (janvier 2001) : Protection and Operation of Helicopters in Snowy Conditions [protection et utilisation des hélicoptères par temps neigeux].
- LS d'Eurocopter n° 1270-00-96 RÉÉDITION (novembre 2002) : Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and in Damp Conditions [protection et utilisation d'hélicoptères par temps froid et humide].

- LS d'Eurocopter n° 1270-00-96 RÉÉDITION (décembre 2006) : Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and in Damp Conditions [protection et utilisation d'hélicoptères par temps froid et humide] (se reporter à la section 1.16.10).
- Eurocopter, avis d'information 2030-I-00 : Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and in Damp Conditions [protection et utilisation d'hélicoptères par temps froid et humide], janvier 2009.
- Eurocopter, avis d'information 2302-I-00 : Protection et Use of hélicoptères in Cold Weather and in Damp Conditions [protection et utilisation d'hélicoptères par temps froid et humide], avril 2011.

*Annexe E – Paragraphes de la lettre de service d’Eurocopter n° 1270-00-96 :
Protection and use of helicopters in cold weather and in damp conditions
[protection et utilisation d’hélicoptères par temps froid et humide]²⁶*

[traduction]

1. Précautions pour le stationnement à l’extérieur

Il est conseillé de toujours installer les housses d’entrée d’air et de tuyau d’échappement sur un hélicoptère stationné à l’extérieur.

Ces housses sont **obligatoires** dans le cas d’un hélicoptère stationné par **temps froid**, susceptible d’être exposé à des **chutes de neige ou de pluie** durant toute la période de stationnement ou une partie de celle-ci.

Une fois rendu sur une aire de stationnement par temps froid, s’il neige ou s’il pleut, il est recommandé d’installer la **housse d’entrée d’air rapidement après l’arrêt du moteur**.

La housse de tuyau d’échappement peut ensuite être installée, aussitôt que la température du tuyau d’échappement le permet.

2. Précautions avant le vol

Si l’hélicoptère a été stationné à l’extérieur par temps froid quand il neige ou il pleut, qu’il soit équipé ou non d’un dispositif particulier de protection de l’entrée d’air moteur contre la neige (filtre à neige ou filtre anti-sable ou conduit d’admission d’air multifonction), **il importe de prendre les mesures suivantes** :

- a. Enlever soigneusement la neige ou la glace de l’hélicoptère, plus particulièrement autour des entrées d’air (surtout de l’entrée d’air moteur).
- b. Enlever la housse d’entrée d’air moteur, puis enlever la neige ou la glace qui peut s’être accumulée sur l’entrée d’air et la grille d’entrée d’air ou sur le système de filtration (si l’hélicoptère est équipé d’un tel système).
- c. Vérifier à l’intérieur du circuit d’entrée d’air du moteur; il peut être nécessaire d’enlever une grille, un filtre ou un capot (selon le type d’hélicoptère). Enlever toute accumulation de neige ou de glace.
- d. Avant de fermer ou de réinstaller le circuit d’entrée d’air du moteur, procéder à un examen complet à l’aide d’une lampe électrique au besoin (en cas de luminosité réduite ou d’éclairage arrière) et, s’il y a lieu, en regardant de différents angles de façon à avoir une vue complète du circuit d’entrée d’air du moteur.

²⁶ Eurocopter, Lettre de service 1270-00-96, *Protection and Use of Helicopters in Cold Weather and Damp Conditions*, décembre 2006.

- e. Vérifier qu'il n'y a pas de neige ou de glace sur les événements, les orifices de pression statique, les drains et les dalots. Enlever toute accumulation de neige ou de glace.
- f. Il peut être nécessaire de chauffer la surface pour enlever la glace. On peut utiliser un ventilateur à air chaud. Le cas échéant, bien essuyer toute l'eau décongelée pour empêcher toute accumulation qui risque de geler de nouveau ultérieurement.
- g. Plus particulièrement, il ne doit y avoir aucune accumulation d'eau dans le circuit d'entrée d'air du moteur (grille ou filtre), laquelle pourrait geler de nouveau ultérieurement.

Effectuer ces mesures **au tout dernier moment avant de démarrer le moteur.**

3. Autres précautions avant le décollage

Si l'hélicoptère n'est pas équipé d'un dispositif particulier de protection de l'entrée d'air moteur contre la neige (pas de filtre à neige, de filtre anti-sable ou de conduit d'admission d'air multifonction) ainsi que dans les cas suivants, **vérifier une fois de plus l'entrée d'air du moteur avant le décollage :**

- a. en présence d'une chute de neige **légère ou modérée** ou de grésil, si la phase d'attente ou de roulage est **longue** (à titre indicatif, plus de 20 minutes pour un Super Puma);
- b. en présence de **poudrière ou de forte chute** de neige ou de grésil, peu importe la phase de roulage ou d'attente. Les fortes chutes de neige sont caractérisées par une visibilité horizontale inférieure à 400 mètres. Dans ces conditions, effectuer le décollage rapidement après la vérification du circuit d'entrée d'air du moteur et très rapidement après le démarrage du ou des moteurs, en tenant compte bien sûr des limites minimales de température de l'huile du moteur ou de la boîte de transmission principale possiblement précisées dans le manuel de vol de l'hélicoptère correspondant.

4. Précautions en vol

Même après la prise des mesures de précaution susmentionnées, l'équipage doit prêter toute son attention aux procédures d'exploitation en vol en présence de givrage et de neige, ainsi qu'il est rappelé ci-dessous :

- a. se conformer aux limites de vol VFR, visibilité suffisante pour les règles de vol à vue;
- b. se conformer aux restrictions ou aux limites de vol du manuel de vol en présence de givrage ou de neige. Certains hélicoptères sont équipés d'options particulières qui les dispensent de la conformité avec ces restrictions ou limites.
- c. Si l'hélicoptère est équipé de conduits d'admission d'air multifonctions, et pour les vols en présence de givrage ou de neige, les cônes d'entrée

d'air doivent rester fermés jusqu'à l'arrêt complet des moteurs. Cette mesure empêche l'extinction du moteur ou les dommages.

Annexe F – Avis de sécurité d’Eurocopter n° 2645-S-30



No. 2645-S-30

SAFETY INFORMATION NOTICE

SUBJECT: ICE AND RAIN PROTECTION

Recommendations in case of snow/ice accumulation in and around the engine air intakes

For the attention of



AIRCRAFT CONCERNED	Version(s)	
	Civil	Military
AS360	B, BA, BB, B1, B2, B3, D	L1
AS660		A2, C2, C3, U2
EC130	B4, T2	

EUROCOPTER has participated in investigations concerning an accident which occurred following sudden engine flame-out in flight.

The investigations revealed that the engine flame-out occurred shortly after take-off and was due to a snow and ice accumulation in the engine air intake plenum, and the snow/ice mixture suddenly being ingested by the engine. The aircraft had been shutdown after a previous flight and the inlet covers had not been used. Several centimeters of snow accumulated on the upper surface of the sand filter prior to engine start. The snow was not removed from the upper surface of the particle separator and the engine air intake was not inspected prior to engine start.

A turbine engine has a good rainwater or falling-snow absorption capacity in continuous operation. However, the engine is sensitive to the absorption of an instantaneous volume of water, snow or ice, because this quantity (even if it is limited) can exceed the instantaneous absorption capacity of an operating engine.

When operated in accordance with the Flight Manual, the engine air intakes are designed to prevent - in flight or on the ground with the engine running (rotor spinning or not) - an accumulation which could lead to this type of engine flame-out.

When an area close to the engine air intake or the air intake itself is not cleaned on the ground, an instantaneous volume of water, snow or ice may detach. The design of the engine air intakes (including those equipped with a sand filter) does not ensure correct engine operation in these conditions.

EUROCOPTER would like to remind you that the check of the engine air intakes is required in all Ecureuil Flight Manuals. In order to underline the importance of this check, EUROCOPTER will progressively introduce the modifications below in all the Ecureuil Flight Manuals.

The following condition will be added to the forbidden conditions in section 2 "Limitations": "Engine starting when snow or ice accumulations are in or around the engine air intake".

The following "Warning" will be added to the "Pre-flight check" part of section 4, in the "Sand Filter" and "Use in cold weather" supplements:

"WARNING: Ice or snow accumulations that remain in or around the engine air intake may be ingested and can cause a sudden in-flight engine failure".

The pre-flight check will be adapted as follows:

"Engine air intake.....Clean - No foreign objects or accumulations of ice or snow in or around the engine air intake and no stagnant water at the drain hole".

"Exhaust cover.....Removed".

The following complementary information will be added in the "Use in cold weather" supplement:

- General: This supplement details the procedures to be followed when the aircraft is operated in cold weather (OAT $\leq 0^{\circ}\text{C}$) and/or when the aircraft is or could be exposed to falling or blowing snow.
- NOTE: In falling or blowing snow conditions the engine air intake should be checked at the end of the exterior checks. The further checks before engine starting should then be performed without major delay.

EUROCOPTER also reminds you that after arriving on a parking area in cold weather and snowy conditions or falling rain, it is recommended that you install the engine air intake cover rapidly after engine shutdown.

Annexe G – Règlements et normes pour le transport des charges externes de classe D²⁷

Charges externes de classe D pour hélicoptère

702.21 (1) Sous réserve du paragraphe (2), il est interdit à l'exploitant aérien d'utiliser un hélicoptère pour le transport d'une charge externe de classe D, à moins que l'exploitant aérien ne respecte les conditions suivantes :

- a) il utilise un hélicoptère multimoteur qui est conforme aux exigences relatives à l'isolement moteur de la catégorie transport visées au chapitre 529 du *Manuel de navigabilité* et qui permet, avec un moteur inopérant, un vol stationnaire avec la masse et à l'altitude existantes;
- b) il y est autorisé aux termes de son certificat d'exploitation aérienne;
- c) il satisfait aux *Normes de service aérien commercial*.

(2) L'exploitant aérien peut utiliser un hélicoptère autre qu'un hélicoptère visé à l'alinéa (1)a) pour le transport d'une charge externe de classe D pour hélicoptère s'il respecte les conditions suivantes :

- a) il y est autorisé aux termes de son certificat d'exploitation aérienne;
- b) il satisfait aux *Normes de service aérien commercial*.

722.21 Charge externe de classe D pour hélicoptère

(1) La norme à respecter pour recevoir l'autorisation d'exploiter un hélicoptère pour transporter une charge externe de classe D est la suivante :

- a) l'hélicoptère est doté de postes radios qui permettent aux membres d'équipage de communiquer directement entre eux;
- b) le dispositif de transport du personnel est approuvé pour transporter des charges humaines externes;
- c) la charge peut être larguée si elle descend plus bas que le train d'atterrissage;
- d) l'exploitant aérien possède des diagrammes approuvés de performances avec un moteur en panne, à la masse d'exploitation et à l'altitude-densité auxquelles

²⁷ *Règlement de l'aviation canadien (RAC), Partie VII – Services aériens commerciaux, Sous-partie 2 – Opérations de travail aérien, 702.21 (1) – Charges externes de classe D pour hélicoptère et Normes de service aérien commercial (NSAC), Norme 722 – Travaux aériens, 722.21 – Charge externe de classe D pour hélicoptère.*

la charge externe de classe D doit être transportée; ces diagrammes peuvent tenir compte d'un vent de face de 10 nœuds ou plus;

e) le manuel d'exploitation de la compagnie précise les exigences d'exploitation, les procédures d'exploitation et les exigences concernant les qualifications et la formation des employés de l'exploitant aérien.

(2) La norme à respecter pour recevoir l'autorisation d'exploiter un hélicoptère monomoteur ou multimoteur pour transporter une charge externe de classe D, si l'hélicoptère est incapable de respecter les exigences de performances avec un moteur en panne, est la suivante :

a) Si la charge ne descend pas plus bas que le train d'atterrissage :

(i) les membres d'équipage disposent d'un système de communication électronique ou visuelle qui leur permet de communiquer directement entre eux; (modifié 1998/09/01; version précédente)

(ii) le dispositif de transport du personnel est approuvé pour transporter des charges humaines externes;

(iii) l'hélicoptère est doté de moteur à turbine et, s'ils sont approuvés pour ce type d'appareil, d'un circuit d'allumage automatique et d'un dispositif détecteur de particules qui avertit l'équipage de conduite de la présence d'une quantité excessive de matières ferreuses dans le ou les moteurs;

(iv) seuls les membres d'équipage de conduite et les personnes qui doivent exécuter des tâches essentielles en vol se trouvent à bord;

(v) le manuel d'exploitation de l'exploitant aérien précise les exigences d'exploitation, les procédures d'exploitation et les exigences concernant les qualifications et la formation des employés de l'exploitant aérien;

b) Si la charge descend plus bas que le train d'atterrissage :

(i) l'hélicoptère est doté de postes radios qui permettent aux membres d'équipage de communiquer directement entre eux;

(ii) le dispositif de transport du personnel est approuvé pour transporter des charges humaines externes;

(iii) la charge peut être larguée;

(iv) l'hélicoptère est doté de moteur à turbine et, s'ils sont approuvés pour ce type d'appareil, d'un circuit d'allumage automatique et d'un dispositif détecteur de particules qui avertit l'équipage de conduite de la présence d'une quantité excessive de matières ferreuses dans le ou les moteurs;

(v) seuls les membres d'équipage de conduite et les personnes qui doivent exécuter des tâches essentielles en vol se trouvent à bord;

(vi) les personnes ne sont transportées à l'extérieur de l'hélicoptère qu'entre points géographiques, seulement jusqu'au lieu d'atterrissage propice le plus près;

(vii) l'autorisation n'est valable que pendant des opérations d'application de la loi, de lutte contre les incendies de forêt et de lutte contre les incendies urbains, et de sauvetage;

(viii) l'exploitant aérien a en sa possession une entente écrite officielle conclue avec l'utilisateur du service et dans laquelle il est stipulé que seules des personnes convenablement formées et qualifiées seront assignées;

(ix) le manuel d'exploitation de l'exploitant aérien précise les exigences d'exploitation, les procédures d'exploitation et les exigences concernant les qualifications et la formation des employés de l'exploitant aérien.

(3) Une dérogation aux normes 722.21(1) et (2) peut être autorisée pour la production de films cinématographiques ou d'émissions télévisées à la condition que :

a) l'aéronef soit exploité dans les limites prescrites;

b) un plan coordonné soit établi pour chacune des opérations;

c) toutes les personnes concernées connaissent l'équipement à utiliser et reçoivent des exposés avant chaque vol;

d) seuls les membres d'équipage de conduite et les personnes qui doivent exécuter des tâches essentielles en vol se trouvent à bord.

(4) La norme à respecter pour recevoir l'autorisation d'exploiter un hélicoptère pour transporter une charge externe de classe D dans des opérations de sauvetage est la suivante :

a) **Expérience des pilotes**

Le commandant de bord d'un hélicoptère de sauvetage doit avoir :

(i) au moins 2 000 heures de pilotage sur hélicoptère;

(ii) au moins 200 heures de pilotage sur type si c'est sa première mission de sauvetage, et au moins 25 heures sur les types subséquents;

(iii) au moins 1 000 heures de vol dans la zone d'exploitation si la mission de sauvetage se déroule dans les régions montagneuses désignées 1 ou 2 définies dans le *Manuel des espaces aériens désignés* (TP 1820);

(iv) reçu une formation sur le transport de charges de classe D conformément à l'article 722.76.

b) Contrôle des opérations d'un service de sauvetage

Une bonne relation de travail doit exister entre l'exploitant aérien et l'organisme d'intervention d'urgence pour coordonner les opérations et assurer la sécurité des missions de sauvetage. Les modalités d'intervention doivent faire l'objet d'une entente écrite et porter sur les éléments suivants :

(i) les responsabilités du commandant de bord et des spécialistes en sauvetage;

(ii) les capacités opérationnelles exigées et la portée des opérations;

(iii) les procédures d'utilisation normalisées élaborées conjointement pour les missions de sauvetage;

(iv) l'autorisation de mission et le processus de contrôle y compris les procédures relatives aux communications;

(v) le programme de formation annuel minimal élaboré conjointement par l'exploitant aérien et l'organisme d'intervention d'urgence.