



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A23P0123

COLLISION AVEC LE RELIEF

Immatriculation privée
De Havilland DHC-2 (Beaver), C-GSBA
Aéroport de Campbell River (Colombie-Britannique), 10 NM SSE
20 septembre 2023

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Reportez-vous aux Conditions d'utilisation à la fin du rapport.

Déroulement du vol

Le 20 septembre 2023, l'aéronef De Havilland DHC-2 (Beaver) (immatriculation C-GSBA, numéro de série 690), sous immatriculation privée au nom de Sealand Aviation Ltd.¹, effectuait un vol de familiarisation selon les règles de vol à vue à partir et à destination de l'aéroport de Campbell River (CYBL) (Colombie-Britannique), avec 2 pilotes à bord.

L'aéronef était équipé d'un moteur diesel à pistons RED A03-005, fabriqué par Raikhlin Aircraft Engine Developments GmbH (RED) d'Allemagne. Cette combinaison de cellule et de moteur était un prototype qui était en cours de développement par Sealand Aviation Ltd. Le vol à l'étude était autorisé en vertu d'un permis de vol à des fins spécifiques (voir la section *Autorité de vol*).

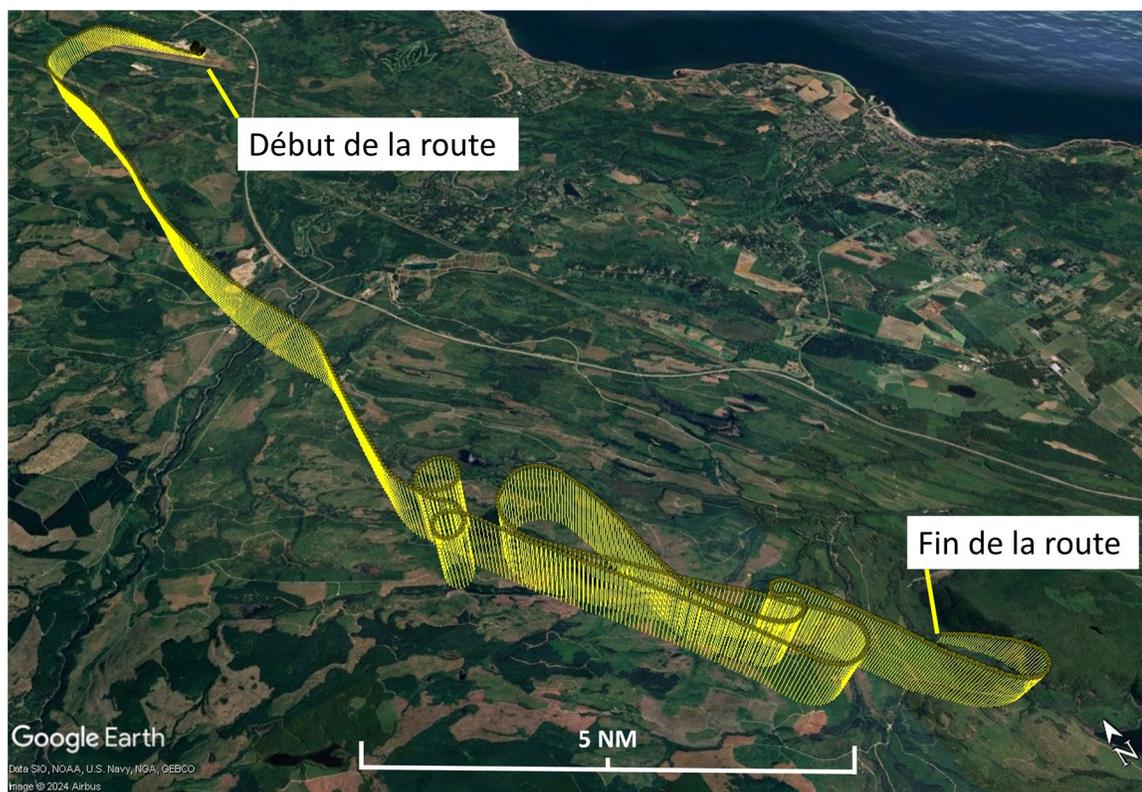
¹ Sealand Aviation Ltd. [traduction] « révisé, reconstruit, récupère et répare des aéronefs. [Elle] fabrique aussi des trousse de modification et des composants pour aéronefs. La compagnie est approuvée par Transports Canada pour les structures, la maintenance, le soudage et la fabrication. » (Source : Sealand Aviation Ltd., à l'adresse sealandaviation.com [dernière consultation le 18 juillet 2024].)

Le commandant de bord connaissait bien l'aéronef. Le copilote était un pilote d'essai agréé qui se familiarisait avec l'aéronef en vue de participer au futur programme d'essais en vol de l'aéronef prototype. Ce type de vol d'entraînement faisait partie des opérations aériennes autorisées par le permis de vol à des fins spécifiques.

Pendant le vol, un exercice de décrochage sans puissance moteur a été effectué à une altitude d'environ 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer (3340 pieds au-dessus du sol). Vers 10 h 31², lorsque la puissance a été commandée au moteur pendant la sortie du décrochage, l'aéronef n'a pas produit une poussée suffisante pour maintenir l'altitude, et un atterrissage forcé a été effectué (figure 1). L'aéronef s'est immobilisé dans une zone densément boisée à environ 10 milles marins (NM) au sud-sud-est de CYBL. Les pilotes ont été légèrement blessés, mais ont tous deux pu évacuer l'aéronef. Ils ont été transportés à l'hôpital par un hélicoptère de recherche et sauvetage.

L'aéronef a été lourdement endommagé. Aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact. La radiobalise de repérage d'urgence (ELT) s'est activée.

Figure 1. Carte montrant la route du vol à l'étude à partir de l'aéroport de Campbell River (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



² Les heures sont exprimées en heure avancée du Pacifique (temps universel coordonné moins 7 heures).

Renseignements sur les pilotes

Le commandant de bord, qui était assis dans le siège de droite, était titulaire de la licence et des qualifications requises pour effectuer le vol conformément à la réglementation en vigueur; il était titulaire d'une licence de pilote professionnel annotée des qualifications pour les avions terrestres et les hydravions. Avant l'événement, le pilote avait accumulé plus de 8500 heures de vol. Environ 3600 de ces heures avaient été accumulées sur la version à moteur conventionnel de l'aéronef DHC-2, et environ 20 heures avaient été accumulées sur l'aéronef à l'étude.

Le pilote recevant la formation de familiarisation, qui occupait le siège de gauche, détenait une licence de pilote de ligne annotée des qualifications pour les avions terrestres et les hydravions. Avant l'événement, il avait accumulé environ 15 000 heures de vol. Il ne détenait pas de certificat médical d'aviation valide au moment de l'événement; toutefois, étant donné qu'il n'était pas le commandant de bord pour le vol et que l'aéronef était approuvé pour les opérations à un seul pilote, il n'était pas tenu de détenir ce certificat.

Selon l'information obtenue au cours de l'enquête, rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques ont nui à la performance de l'un ou l'autre des pilotes.

Renseignements sur l'aéronef

L'aéronef à l'étude (figure 2) a été fabriqué par De Havilland Aircraft of Canada Ltd. en 1954. Il a été exploité par l'armée des États-Unis avant d'être vendu à un exploitant civil aux États-Unis dans les années 1970. En juin 2020, l'aéronef a été immatriculé à titre privé au Canada au nom de Sealand Aviation Ltd., puis a été partiellement démonté et reconstruit. Pendant cette remise en état, l'aéronef a été muni d'un moteur RED A03-005.

Figure 2. L'aéronef à l'étude, équipé du moteur RED A03-005 (photo prise avant l'événement) (Source : Tierce partie, avec permission)



Renseignements sur le moteur

Le moteur RED A03-005 (figure 3) est un moteur 12 cylindres à turbocompresseur double et à allumage par haute compression, avec 2 rangées de 6 cylindres capables de fonctionner indépendamment l'une de l'autre. Le moteur est commandé par un système de régulation électronique numérique à pleine autorité (FADEC), lui-même commandé par une unité de commande électronique moteur (EECU). Un seul levier du poste de pilotage sert à commander à la fois la puissance du moteur et l'angle des pales de l'hélice MTV-9-E-C-R(M) de

MT-Propeller GmbH à pas variable et à pas réversible entraînée par le moteur. L'hélice tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (vu du siège du pilote) à une vitesse maximale de 2127 tr/min. Le moteur a une puissance maximale de 550 hp et est approuvé pour fonctionner avec des carburants à base de kérosène, y compris le carburéacteur.

Figure 3. Le moteur RED A03-005 (Source : Tierce partie, avec permission)



Le moteur RED A03-005 fait l'objet en Europe d'un certificat de type délivré par l'Agence européenne de la sécurité aérienne et, aux États-Unis, d'un certificat de type délivré par la Federal Aviation Administration. Au moment de l'événement, aucun certificat de type canadien n'avait été délivré pour ce moteur. Cependant, l'utilisation du moteur sur l'aéronef à l'étude immatriculé au Canada avait été autorisée sous réserve des conditions stipulées dans 2 permis de vol délivrés à l'exploitant par Transports Canada (TC) : un permis de vol expérimental et un permis de vol à des fins spécifiques.

Autorité de vol

Le permis de vol expérimental délivré par TC autorisait un programme d'essais en vol dans le but d'élaborer un certificat de type supplémentaire qui permettrait une installation certifiée du moteur RED A03-005 dans la cellule du DHC-2 après la certification du moteur au Canada. Le permis de vol à des fins spécifiques autorisait l'aéronef à effectuer des vols de démonstration et d'entraînement. L'un ou l'autre des permis pouvait être mis en vigueur par une inscription dans le

carnet de bord de l'aéronef; toutefois, l'aéronef ne pouvait pas être exploité en vertu des 2 permis simultanément. Une seule autorité de vol pouvait être en vigueur à la fois.

Les 2 permis exigeaient que l'aéronef soit configuré et équipé conformément à un dessin technique précisé par les permis. Toute modification apportée à l'aéronef qui s'écartait de cette configuration nécessitait une consultation avec TC ainsi que la délivrance d'une autorité de vol révisée.

L'enquête a permis de déterminer que l'aéronef avait été modifié après la délivrance des 2 permis de vol et qu'il était exploité dans cet état modifié. L'enquête a aussi permis de déterminer que les modifications n'étaient pas conformes aux conditions et limites prévues par les permis, et qu'elles n'avaient pas été communiquées à TC pour qu'une autorité de vol révisée soit délivrée.

De plus, l'enquête a permis de déterminer que le dessin technique auquel les permis de vol délivrés faisaient référence était inexact. Au lieu d'exposer en détail la configuration complète de l'aéronef, le dessin auquel on faisait référence se limitait à des détails sur le support du moteur de l'aéronef.

Maintenance et modifications de l'aéronef

Certaines modifications apportées à l'aéronef, dont le changement du système de régulateur d'hélice, n'étaient pas conformes aux conditions prévues par l'autorité de vol. L'enquête a permis de déterminer que le régulateur d'hélice à pas réversible d'origine (régulateur n° 1) avait été retiré du moteur en raison de difficultés rencontrées lors d'opérations aériennes. Un régulateur d'hélice à pas irréversible (régulateur n° 2) a été installé, et l'aéronef était exploité en vertu de son permis de vol expérimental. Environ 2 mois plus tard, un prototype de régulateur d'hélice à pas réversible (régulateur n° 3) a été installé, mais il a été retiré avant que l'aéronef ne soit piloté, et le régulateur d'hélice à pas irréversible (régulateur n° 2) a été réinstallé. C'est ce modèle qui était installé dans l'aéronef au moment de l'événement. Aucune de ces modifications n'était documentée dans les dossiers de maintenance ou les dossiers techniques de l'aéronef.

Le régulateur d'hélice³ dont l'utilisation était autorisée en vertu de l'autorité de vol de l'aéronef (régulateur n° 1) était conçu pour être utilisé avec une hélice à pas réversible. Le régulateur d'hélice⁴ qui était installé au moment de l'événement (régulateur n° 2) n'était pas conçu pour être utilisé avec une hélice à pas réversible. Les 2 régulateurs d'hélice sont des systèmes à simple effet à commande électronique qui utilisent la pression d'huile pour réduire le pas de l'hélice; cependant, ils diffèrent en ce qui concerne leur pression d'huile de sortie.

On a déterminé que le régulateur d'hélice installé au moment de l'événement (régulateur n° 2) avait une pression d'huile de sortie suffisante pour entraîner les pales de l'hélice dans un angle de pas inverse lorsque la puissance moteur est au ralenti dans certaines conditions de vol. Lorsque le pas inverse était établi, le fait d'avancer la manette des gaz ne permettait pas de rétablir un pas

³ MT-Propeller, numéro de modèle P-983-43D.

⁴ MT-Propeller, numéro de modèle P-883-50K.

positif avec le régulateur d'hélice installé parce que la pression d'huile de sortie du régulateur demeurait au niveau nécessaire pour produire un pas inverse. En vol, un angle de pas d'hélice inverse crée un vecteur de poussée qui est opposé à la trajectoire de vol. L'analyse du laboratoire du BST sur les dommages aux composants du système d'hélice a permis de déterminer que les 3 pales d'hélice se trouvaient probablement dans la plage des angles de pale inverse lorsque l'aéronef a heurté le relief. Cela pourrait expliquer pourquoi la poussée était insuffisante après l'exercice de décrochage sans puissance moteur.

Normalement, un système mécanique et un système électronique assurent une protection contre les angles de pas d'hélice inverse non intentionnels avec le régulateur et l'hélice approuvés. Le système mécanique est un verrouillage physique, qui prévient la formation d'un angle de pas inverse quand la rotation de l'hélice dépasse environ 1400 tr/min. Le régime de l'hélice au moment de l'événement est inconnu. Le système de protection électronique n'était pas compatible avec le régulateur (régulateur n° 2) installé au moment de l'événement et avait été désactivé.

Renseignements météorologiques

Les aérodromes les plus près du lieu de l'événement qui émettent des messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome⁵ sont CYBL, à environ 10 NM au nord-nord-ouest, et l'aérodrome de Comox (CYQQ) (Colombie-Britannique), à 13 NM à l'est-sud-est. Les conditions météorologiques consignées étaient propices pour effectuer un vol selon les règles de vol à vue et n'ont pas été retenues comme facteur dans cet événement.

Renseignements sur l'impact et sur l'épave

L'aéronef a percuté le sol dans une zone densément boisée au relief accidenté (figure 4). L'épave présentait les signes d'un impact à faible énergie et à faible angle, correspondant à un atterrissage forcé. Les ailes et le train d'atterrissage s'étaient détachés de l'aéronef, et les bords d'attaque des ailes étaient endommagés. Toutes les pales de l'hélice avaient subi des dommages cohérents avec un impact alors qu'elles étaient en rotation. Les réservoirs de carburant dans la partie ventrale de l'aéronef ont été endommagés et ont laissé s'échapper une quantité inconnue de carburant. L'espace habitable du fuselage n'a pas été compromis. Aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact.

⁵ Les messages d'observation météorologique régulière d'aérodrome sont émis toutes les heures et décrivent les conditions météorologiques actuelles dans un rayon de 3 km du site d'observation.

Figure 4. Lieu de l'événement, vu du côté arrière droit de l'aéronef (Source : BST)



Questions relatives à la survie des occupants

Les sièges et les dispositifs de retenue de l'aéronef ont fonctionné comme prévu. L'aéronef était muni de dispositifs de retenue à 3 points d'ancrage pour les 2 pilotes.

Plusieurs issues de l'aéronef étaient inutilisables en raison de la compression du fuselage ou de l'obstruction par les débris de l'aéronef et des caractéristiques du relief (figure 5); cependant, les pilotes ont pu sortir de l'aéronef sans assistance par la porte gauche du poste de pilotage.

Figure 5. Lieu de l'accident, montrant la porte droite du poste de pilotage obstruée par le relief (Source : BST)



L'aéronef était muni d'une ELT automatique fixe de 406 MHz. À la suite de l'événement, l'ELT de l'aéronef s'est déclenchée automatiquement et a émis un signal, qui a été reçu par le système de satellites Cospas-Sarsat et a aidé le Centre conjoint de coordination de sauvetage de Victoria (Colombie-Britannique) à diriger le personnel de recherche et sauvetage vers l'emplacement de l'aéronef.

Rapports de laboratoire du BST

Le BST a produit les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP132/2023 – NVM Data Recovery – Various [Récupération des données de la mémoire non volatile – Divers]
- LP023/2024 – Propeller Hub Analysis [Analyse du moyeu de l'hélice]

Le National Transportation Safety Board des États-Unis a supervisé les essais de l'hélice et du système de régulateur d'hélice de l'aéronef dans les installations du fabricant à DeLand (Floride, États-Unis).

Message de sécurité

Il est rappelé aux propriétaires et aux exploitants d'aéronefs que tous les travaux de maintenance doivent être consignés comme il se doit pour que les documents de l'aéronef constituent une méthode fiable pour déterminer la navigabilité et l'état de l'aéronef. Pour que les mesures de protection découlant des conditions et limites énumérées dans un permis de vol réglementaire

soient efficaces, il est essentiel que les aéronefs soient exploités conformément au permis et que toute modification apportée à un aéronef soit approuvée avant le vol.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 24 juillet 2024. Le rapport a été officiellement publié le 6 août 2024.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (www.bst.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 principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus sécuritaire. 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.

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 4. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au www.bst.gc.ca

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

CONDITIONS D'UTILISATION

Utilisation dans le cadre d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* stipule que :

- 7(3) Les conclusions du Bureau ne peuvent s'interpréter comme attribuant ou déterminant les responsabilités civiles ou pénales.
- 7(4) Les conclusions du Bureau ne lient pas les parties à une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Par conséquent, les enquêtes du BST et les rapports qui en découlent ne sont pas créés pour être utilisés dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Avisez le BST par écrit si le présent rapport d'enquête est utilisé ou pourrait être utilisé dans le cadre d'une telle procédure.

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le présent rapport d'enquête en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent rapport d'enquête, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent rapport d'enquête (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A23P0123* (publié le 6 août 2024).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4^e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741; 1-800-387-3557
www.bst.gc.ca
communications@bst.gc.ca

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2024

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A23P0123

N° de cat. TU3-10/23-0123F-PDF

ISBN 978-0-660-72902-2

Le présent rapport se trouve sur le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada à l'adresse www.bst.gc.ca

This report is also available in English.