



# Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A18A0018

## PRODUCTION D'ARC ÉLECTRIQUE EN VOL

Porter Airlines Inc.  
Bombardier DHC-8-402 (C-GLQG)  
Fredericton (Nouveau-Brunswick), 45 nm SW  
10 mars 2018

### À propos de l'enquête

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a mené une enquête d'une portée limitée sur cet événement pour recueillir des faits et promouvoir la sécurité des transports grâce à une sensibilisation accrue aux enjeux de sécurité potentiels. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

### Déroulement du vol

À 8 h 51<sup>1</sup> le 10 mars 2018, l'avion Bombardier DHC-8-402 de Porter Airlines Inc. (Porter Airlines) (immatriculation C-GLQG, numéro de série 4194), effectuant le vol 1480 (POE1480), est parti de l'aéroport international Stanfield de Halifax (CYHZ) (Nouvelle-Écosse) à destination de l'aéroport international Pierre-Elliott-Trudeau de Montréal (CYUL) (Québec), avec 2 membres d'équipage de conduite, 2 membres d'équipage de cabine et 72 passagers à bord.

Vers 9 h 22, pendant le vol de croisière à environ 45 milles marins (nm) au sud-ouest de l'aéroport international de Fredericton (CYFC) (Nouveau-Brunswick), des passagers ont avisé l'équipage de cabine qu'ils avaient observé des étincelles et une odeur de brûlé se dégageant de l'arrière du compartiment de rangement supérieur au-dessus du siège 14A (du côté gauche de la cabine) près de la cloison. L'équipage de cabine a prévenu l'équipage de conduite de la situation, puis inspecté les environs. L'odeur a commencé à se dissiper et aucune autre étincelle n'a été observée.

Les membres de l'équipage de conduite ont effectué les vérifications de mémoire de la liste de vérification d'urgence en cas de feu ou de fumée dans le fuselage et mis leur masque à oxygène. Ils ont ensuite déclaré une situation d'urgence et amorcé une déviation vers CYFC. Des voyants d'avertissement se sont allumés en raison de la panne du système d'alimentation en courant alternatif

<sup>1</sup> Les heures sont exprimées en heure normale de l'Atlantique (temps universel coordonné moins 4 heures).

(c.a.) n° 1 (PITOT HEAT 1, ENGINE ADAPT HEAT 1, LEFT TRU et PUSHER SYSTEM FAIL) et d'autres voyants d'avertissement ont clignoté momentanément.

Pendant l'approche de CYFC, l'aéronef a traversé une zone de givrage, après quoi des messages d'avertissement ont signalé une non-concordance des vitesses indiquées<sup>2</sup> ainsi qu'une déconnexion de l'amortisseur de lacet et du pilote automatique. Ces messages, qui sont caractéristiques d'une obstruction du tube de Pitot, obligent l'équipage de conduite à piloter l'aéronef manuellement et à déterminer laquelle des vitesses indiquées est exacte (celle de gauche ou de droite). Dans l'événement à l'étude, l'équipage de conduite a pu déterminer que la vitesse indiquée à gauche était erronée. Il a été établi plus tard que cette inexactitude était probablement due à une obstruction partielle du tube de Pitot de gauche par de la glace en raison de la perte d'alimentation c.a. de l'élément chauffant du tube.

L'aéronef s'est posé sur la piste 09 de CYFC à 9 h 51 sans autre incident. Il s'est immobilisé sur la piste, où le personnel de sauvetage et de lutte contre les incendies d'aéronefs de l'aéroport était prêt à intervenir. L'équipage de cabine a fait savoir aux passagers qu'ils allaient sortir de l'aéronef normalement par la porte de cabine. Il leur a aussi demandé de ne prendre que leurs manteaux et téléphones; tous les bagages et autres articles personnels devaient être laissés sur place. L'équipage de conduite a coupé les moteurs et entrepris un débarquement rapide<sup>3</sup>. Les passagers ont rapidement quitté l'aéronef pour se rendre sur la piste, comme on le leur demandait, et aucune blessure n'a été signalée. Les passagers ont ensuite été transportés jusqu'à l'aérogare par autobus.

### **Renseignements sur l'aéronef**

Le DHC-8-402 est un avion de ligne à 2 turbopropulseurs de la série Q400 de Bombardier<sup>4</sup>. L'aéronef en cause dans l'événement à l'étude était configuré pour transporter 74 passagers.

Le système de production et de distribution d'énergie électrique d'un aéronef alimente tous les équipements électriques de bord au moyen d'un système d'alimentation c.a. et d'un système d'alimentation en courant continu (c.c.).

Il y a 2 génératrices c.a. : la génératrice c.a. n° 1 est mue par le moteur de gauche et la génératrice c.a. n° 2, par le moteur de droite. Ces génératrices fournissent une alimentation triphasée de 115 V c.a. aux systèmes c.a., comme les réchauffeurs servant au dégivrage. Elles alimentent en outre les transformateurs-redresseurs (TRU), qui font partie du système d'alimentation c.c.

Le système de distribution d'alimentation c.a. utilise des conducteurs de calibre 8 pour acheminer le courant à 2 boîtiers de commande c.a. – 1 dans chaque nacelle moteur – pour la répartition aux systèmes c.a. n° 1 et n° 2. Chaque conducteur de phase de ce système de distribution est protégé par un disjoncteur thermique de 50 A.

Les conducteurs du système de distribution c.a. n° 1 passent par l'aile gauche, entrent dans le fuselage par le connecteur d'implanture à l'arrière de l'aile (code indicateur 9811-J711), puis sont

---

<sup>2</sup> Une non-concordance des vitesses indiquées est une erreur signalée lorsque les vitesses indiquées par les instruments de gauche et de droite diffèrent.

<sup>3</sup> Un débarquement rapide est une sortie immédiate de l'aéronef par la porte d'embarquement normale, tandis qu'une évacuation est une sortie d'urgence de l'aéronef par toutes les issues possibles.

<sup>4</sup> Les aéronefs de la série DHC-8-400 de Bombardier sont aussi appelés Q400. Il y avait 545 aéronefs de la série Q400 en exploitation dans le monde en février 2018.

acheminés vers l'avant jusqu'au panneau de disjoncteurs de 115 V c.a. à fréquence variable dans le poste de pilotage.

Le connecteur 9811-J711 (numéro de pièce MS3450L24-11S) est de type à montage sur cloison avec un écrou de fixation fileté. Les fils du connecteur 9811-J711 sont fixés par sertissage aux broches du connecteur, qui sont elles-mêmes retenues à l'isolant interne du connecteur par des mécanismes de blocage, et ils sont maintenus en place sur le boîtier de connecteur à angle droit par un serre-câble (figure 1). L'intensité admissible nominale de chacune des douilles de calibre 8 du connecteur 9811-J711 est de 46 A.

Figure 1. Connecteur 9811-J711 désigné par la flèche (Source : Bombardier Aéronautique, avec annotations du BST)



### Protection de circuit électrique

Un disjoncteur thermique comporte un circuit constitué d'un bilame et de 2 contacts électriques, dont 1 est à ressort. En cas de surintensité, la température du circuit s'élève en fonction de l'intensité du courant et du temps. Lorsque la température de déclenchement est atteinte, le bilame se déforme pour provoquer le déclenchement du contact et l'ouverture du circuit.

Un arc électrique se forme lorsqu'un conducteur électrique, par exemple un fil, forme de façon intermittente un circuit en entrant en contact avec un autre conducteur (court-circuit) ou avec le châssis (défaut à la terre ou court-circuit à la terre). Un arc électrique peut générer des températures extrêmement élevées au point de contact intermittent; cependant, il se peut que l'appel de courant intermittent ne soit pas suffisant pour faire monter rapidement la température d'un disjoncteur thermique et que le déclenchement du disjoncteur soit retardé.

### Renseignements sur les dommages

L'enquête a révélé que le disjoncteur thermique de 50 A dans le boîtier de commande c.a. de nacelle moteur gauche s'était déclenché. Il a été déterminé que la source de la fumée et de la chaleur qui a causé des dommages était un arc électrique de l'ensemble de connecteurs électriques 9811-J711 dans le fuselage à l'emplanture d'aile gauche. Les dommages causés par l'arc électrique du connecteur sont caractéristiques d'un court-circuit à l'intérieur du connecteur. Cet arc électrique ayant complètement

Figure 2. Zone endommagée par la chaleur à la rangée 14 de l'aéronef en cause après dépose du garnissage de la cloison gauche de la cabine (la flèche pointe sur le connecteur 9811-J711)



détruit les mécanismes de blocage des broches et l'isolant interne du connecteur, la source du court-circuit n'a pu être déterminée.

L'arc électrique qui s'est formé avant que le disjoncteur thermique de 50 A se déclenche a causé de légers dommages par piqûres aux faisceaux de fils adjacents ainsi que des dommages dus à la chaleur et une accumulation de suie sur les couvertures isolantes et la structure du panneau extérieur du compartiment à bagage supérieur (figure 2 et figure 3).

Le Laboratoire d'ingénierie du BST a examiné par tomodensitométrie le connecteur électrique en cause, puis a généré des modèles tridimensionnels de ce connecteur superposé aux fils pour représenter les rayons de courbure minimaux et maximaux des fils prescrits par le fabricant entre les mécanismes de blocage des broches et le serre-câble. Ces modèles tridimensionnels ont été comparés aux images de l'aéronef en cause dans l'événement à l'étude, ce qui a permis de déterminer que l'alignement des fils était adéquat et que le rayon de courbure des fils était dans la plage recommandée par le fabricant.

Figure 3. Connecteur électrique 9811-J711 sur l'aéronef en cause dans l'événement à l'étude



## Événements en 2016

En 2016, 2 événements mettant en cause des connecteurs de câble d'alimentation c.a. ont été consignés par le BST<sup>5</sup>.

Dans les 2 cas, on a découvert que les connecteurs avaient été endommagés par la chaleur. Dans un de ces événements, le connecteur endommagé se trouvait dans un boîtier de commande c.a. de nacelle moteur, tandis que dans l'autre, c'est le connecteur 9811-J711 qui avait été endommagé. Bombardier a mené sa propre enquête sur ces 2 événements et en est arrivé à la conclusion suivante [traduction] :

Les deux incidents ci-dessus ont été découverts par suite d'un dépannage de panne de courant c.a. Le cas mettant en cause le connecteur 9811-J711 a causé un dégagement de fumée dans la cabine. Les résultats préliminaires indiquent que la cause probable est un rayon de courbure inapproprié de fils, qui aurait exercé une charge latérale sur les broches de connecteur et ainsi provoqué une défaillance du mécanisme de blocage des broches. En outre, on a noté que certains fils étaient torsadés et se croisaient entre le serre-câble et le boîtier de connecteur. Cela pourrait avoir accru la contrainte au point de connexion des broches<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> Événements aéronautiques A16W0020 et A16C0044 du BST.

<sup>6</sup> Bombardier, Service Letter DH8-400-SL-24-016, Subject: AC Power Feeder Connector Inspection (17 octobre 2016), p. 1.

## Autres événements

En comptant les 2 événements de 2016, Bombardier a été informée de 10 événements au cours desquels des connecteurs de ligne d'alimentation c.a. ont été endommagés par la chaleur. Des arcs électriques se sont formés dans 7 de ces événements, dont 4 dans la cabine aux environs de l'emplanture d'aile. Ces derniers ont été marqués par un dégagement de fumée, d'odeurs et d'une quantité considérable de suie.

## Lettre de service DH8-400-SL-24-016

En octobre 2016, Bombardier a publié la lettre de service DH8-400-SL-24-016 pour informer les exploitants de Q400 de 2 événements associés aux connecteurs de ligne d'alimentation c.a. qui s'étaient produits plus tôt dans l'année. Cette lettre de service explique qu'en raison d'un assemblage inadéquat des connecteurs, une contrainte pourrait s'exercer sur le mécanisme de blocage des broches et que, à la longue, sous l'effet des vibrations, cela pourrait causer des fractures et mener à un court-circuit. La lettre observe en outre que dans 1 cas, les fils n'étaient pas alignés correctement entre le serre-câble et l'extrémité des fils. La lettre de service recommande aux exploitants d'inspecter des connecteurs précis de ligne d'alimentation c.a., y compris le connecteur 9811-J711, lors de la prochaine intervention de maintenance. Le but de ces inspections est de détecter un jeu du mécanisme de blocage des broches et d'apporter des correctifs dans les cas où le processus d'assemblage aurait imposé une contrainte aux fils, par exemple en raison d'un rayon de courbure inapproprié ou d'un mauvais alignement des fils. La lettre de service donne des exemples précis de ces problèmes et propose des solutions pour y remédier.

Selon Transports Canada, l'exécution des mesures recommandées par les fabricants dans leurs lettres de service (ou autres publications techniques similaires) est facultative à moins que ces mesures ne soient rendues obligatoires par une consigne de navigabilité<sup>7,8</sup>.

## Réponse à la lettre de service DH8-400-SL-24-016

Les exploitants ne sont pas tenus de confirmer à Bombardier que l'inspection et les mesures correctives recommandées dans la lettre de service ont été exécutées; par conséquent, on ne sait pas combien d'exploitants dont la flotte comprend des avions de la série Q400 l'ont fait ni ce qu'ils ont découvert.

Cependant, 1 exploitant a fourni à Bombardier de l'information sur ce qu'il avait découvert en menant l'inspection recommandée par la lettre de service DH8-400-SL-24-016, et a noté que plusieurs connecteurs présentaient des conditions insatisfaisantes, comme des fils soumis à des contraintes, des mécanismes de blocage des broches inopérants, des broches de connecteur brûlées et des isolants endommagés.

Porter Airlines suit un processus officiel d'entreprise pour analyser et évaluer l'information technique, y compris tous les bulletins de service et consignes de navigabilité publiés au sujet de ses aéronefs et des produits aéronautiques connexes. Les publications générales, comme les lettres de service, ne

<sup>7</sup> Transports Canada, Avis de navigabilité n° B055: Conformité avec les bulletins de service, édition 1 (04 juillet 2000), à l'adresse <https://www.tc.gc.ca/fra/aviationcivile/normes/maintenance-aarpc-ans-b055-2632.htm> (dernière consultation le 11 octobre 2018).

<sup>8</sup> Transports Canada publie des consignes de navigabilité pour demander de corriger une condition insatisfaisante inhérente à un produit aéronautique qui a pour effet de nuire à la navigabilité prévue par sa définition de type.

font pas l'objet d'une évaluation officielle, mais sont généralement abordées par différents groupes de travail et comités dont font partie Bombardier et les autres exploitants de Q400.

Après que Porter Airlines a discuté de la lettre de service DH8-400-SL-24-016 avec Bombardier, le risque a été jugé faible, et aucune mesure officielle n'a été prise.

### **Principaux messages de sécurité**

L'assemblage inadéquat de certains connecteurs de ligne d'alimentation c.a. fait en sorte que les extrémités de fil sont soumises à des contraintes, un problème connu des aéronefs de la série Q400. Ces contraintes sur les extrémités de fil ont eu pour conséquences des dommages dus à la chaleur et, dans certains cas, la production d'arcs électriques importants.

L'intensité admissible nominale du connecteur 9811-J711 est de 46 A. Toutefois, étant donné que l'intensité de déclenchement du disjoncteur de 50 A qui protège le circuit est supérieure à l'intensité nominale du connecteur, et étant donné qu'il s'agit d'un disjoncteur de type thermique, une surintensité pourrait être présente assez longtemps avant que le disjoncteur finisse par se déclencher.

Dans l'événement à l'étude, la cause du court-circuit n'a pas été déterminée. Bien que les dommages causés par l'arc électrique relevés soient conformes à ceux des événements précédents, l'alignement des fils était adéquat et leur rayon de courbure était dans la plage recommandée par le fabricant, ce qui donne à penser que ces conditions ne sont peut-être pas la seule source de défauts électriques et de dommages attribuables à la chaleur des connecteurs de ligne d'alimentation c.a.

La lettre de service DH8-400-SL-24-016 recommande aux exploitants de mener des inspections afin de détecter un jeu du mécanisme de blocage des broches et de repérer les conditions qui pourraient imposer une contrainte aux files des connecteurs de ligne d'alimentation c.a. Toutefois, les mesures recommandées par la lettre de service n'ont pas été rendues obligatoires par une consigne de navigabilité; on ne sait pas combien d'exploitants ont pris les mesures recommandées par la lettre de service ni ce qu'ils ont découvert. Par conséquent, il se pourrait que le constructeur ne dispose pas de l'information requise pour remédier à ce problème.

### **Mesures de sécurité prises**

Après l'événement à l'étude, Porter Airlines a lancé une campagne pour effectuer les inspections et réparations recommandées par la lettre de service DH8-400-SL-24-016 sur toute sa flotte à raison de 2 aéronefs chaque mois.

*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 17 octobre 2018. Il a été officiellement publié le 19 octobre 2018.*

Bureau de la sécurité des transports du Canada  
Place du Centre  
200, promenade du Portage, 4<sup>e</sup> étage  
Gatineau QC K1A 1K8  
819-994-3741  
1-800-387-3557  
[www.bst.gc.ca](http://www.bst.gc.ca)  
[communications@bst.gc.ca](mailto:communications@bst.gc.ca)

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par  
le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2018

Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A18A0018

No. de cat. TU3-10/18-0018F-PDF  
ISBN 978-0-660-28096-7

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](http://www.bst.gc.ca)

*This report is also available in English.*