



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A22O0060

PERTE DE MAÎTRISE ET COLLISION AVEC LE RELIEF

Diamond Aircraft Sales USA Inc.
Diamond Aircraft Industries GmbH DA 42 NG, N591ER
Aéroport de London (Ontario)
25 mai 2022

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 3. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements à l'adresse 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 ce 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 contenu du 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 A22O0060* (publié le 5 janvier 2024).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741; 1-800-387-3557
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 A22O0060

No de cat. No. TU3-10/22-0060F-PDF
ISBN: 978-0-660-69331-6

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

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	5
1.1 Déroulement de l'événement	5
1.2 Personnes blessées	6
1.3 Dommages à l'aéronef	6
1.4 Autres dommages	6
1.5 Renseignements sur le personnel	7
1.5.1 Pilote	7
1.5.2 Personnel de maintenance de l'aéronef	7
1.6 Renseignements sur l'aéronef	8
1.7 Renseignements météorologiques	9
1.8 Aides à la navigation	9
1.9 Communications	9
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	9
1.11 Enregistreurs de bord	9
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	9
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	11
1.14 Incendie	12
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	12
1.16 Essais et recherche	12
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	12
1.17.1 Diamond Aircraft Industries	12
1.17.2 Autorités de l'aviation civile	17
1.18 Renseignements supplémentaires	19
1.18.1 Processus d'installation et d'inspection des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction et des câbles de la gouverne de direction	19
1.18.2 Facteurs humains	25
2.0 Analyse	27
2.1 Formation	27
2.2 Installation des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction	28
2.3 Certification du travail	29
2.3.1 Certification du travail accompli par quelqu'un d'autre	29
2.4 Dossiers d'entretien	29
2.5 Vérifications du système de commande de direction	30
2.5.1 Inspection pendant la certification des travaux	30
2.5.2 Inspections annuelles et inspections pré-vol	31
3.0 Faits établis	33
3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs	33
3.2 Faits établis quant aux risques	34
4.0 Mesures de sécurité	35
4.1 Mesures de sécurité prises	35

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A22O0060

PERTE DE MAÎTRISE ET COLLISION AVEC LE RELIEF

Diamond Aircraft Sales USA Inc.
Diamond Aircraft Industries GmbH DA 42 NG, N591ER
Aéroport de London (Ontario)
25 mai 2022

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.** Voir Conditions d'utilisation à la page 2.

Résumé

Vers 13 h 29, heure avancée de l'Est, le 25 mai 2022, l'aéronef DA 42 NG de Diamond Aircraft Industries GmbH (immatriculation américaine N591ER, numéro de série 42.081), a quitté la piste 09 de l'aéroport international de London (Ontario), dans le cadre d'un vol d'essai local à la suite d'une révision majeure réalisée dans les installations de Diamond Aircraft Industries Inc. à l'aéroport.

Pendant le décollage, quand l'aéronef a pris son envol, il a brusquement effectué un mouvement de lacet à gauche. Le pilote a essayé de remédier au mouvement de lacet inattendu, mais n'a pas pu garder la maîtrise en direction de l'aéronef. Le pilote a tenté de faire un atterrissage d'urgence sur la piste 27; toutefois, pendant l'approche, le pilote a continué à avoir de la difficulté à maîtriser l'aéronef et il a plutôt tenté d'atterrir sur la voie de circulation A, avant de finalement se poser sur l'herbe entre la piste et la voie de circulation.

Quand l'aéronef s'est posé brutalement sur la pelouse, la gouverne de direction et la masse d'équilibrage de l'aileron gauche se sont rompues. Le train d'atterrissage s'est effondré et l'aéronef s'est immobilisé après une glissade d'environ 265 pieds à partir du point d'impact initial. Le pilote n'a pas été blessé. L'aéronef a été lourdement endommagé.

Il est ressorti, lors de l'examen initial de l'aéronef après l'incident, que le palonnier avait bougé dans la direction opposée à celle commandée par le pilote.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement de l'événement

Le 1^{er} octobre 2021, l'aéronef à l'étude, un DA 42 NG de Diamond Aircraft Industries GmbH, est arrivé aux installations de l'organisme de maintenance agréé (OMA) de Diamond Aircraft Industries Inc. situées à l'aéroport de London (Ontario) (CYXU). L'aéronef devait subir une inspection aux 2000 heures, dont une inspection mécanique et structurelle, ainsi qu'une remise en état générale. Les activités de maintenance de cette révision majeure comprenaient, sans toutefois s'y limiter, le démontage partiel de l'aéronef, le remplacement des deux moteurs, la révision des deux hélices et le remplacement de tous les câbles de la gouverne de direction. Au cours des travaux, il a été constaté que les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction étaient usés; ils ont donc également été remplacés. Une inspection annuelle de l'aéronef était également prévue.

Le 25 mai 2022, une fois tous les travaux de maintenance terminés, l'aéronef à l'étude quitta la piste 09 de CYXU vers 13 h 29¹ dans le cadre d'un vol d'essai. Pendant le décollage, quand l'aéronef a pris son envol, il a brusquement effectué un mouvement de lacet à gauche.

Le pilote a essayé de remédier au mouvement de lacet inattendu en donnant au maximum du palonnier droit et en braquant à fond l'aileron de droite, mais n'a pas pu garder la maîtrise en direction de l'aéronef. Malgré les commandes braquées à droite, l'aéronef a continué son mouvement de lacet et d'inclinaison à gauche à une altitude estimée à environ 500 pieds au-dessus du sol (AGL).

Le pilote a d'abord eu l'intention de retourner atterrir sur la piste 09 et, croyant qu'il y avait un problème avec l'un des moteurs, a commencé à régler les manettes des gaz pour résoudre la situation. Comme cela n'a pas résolu le problème, le pilote a envisagé la possibilité que les commandes donnaient une direction inverse aux sollicitations du pilote.

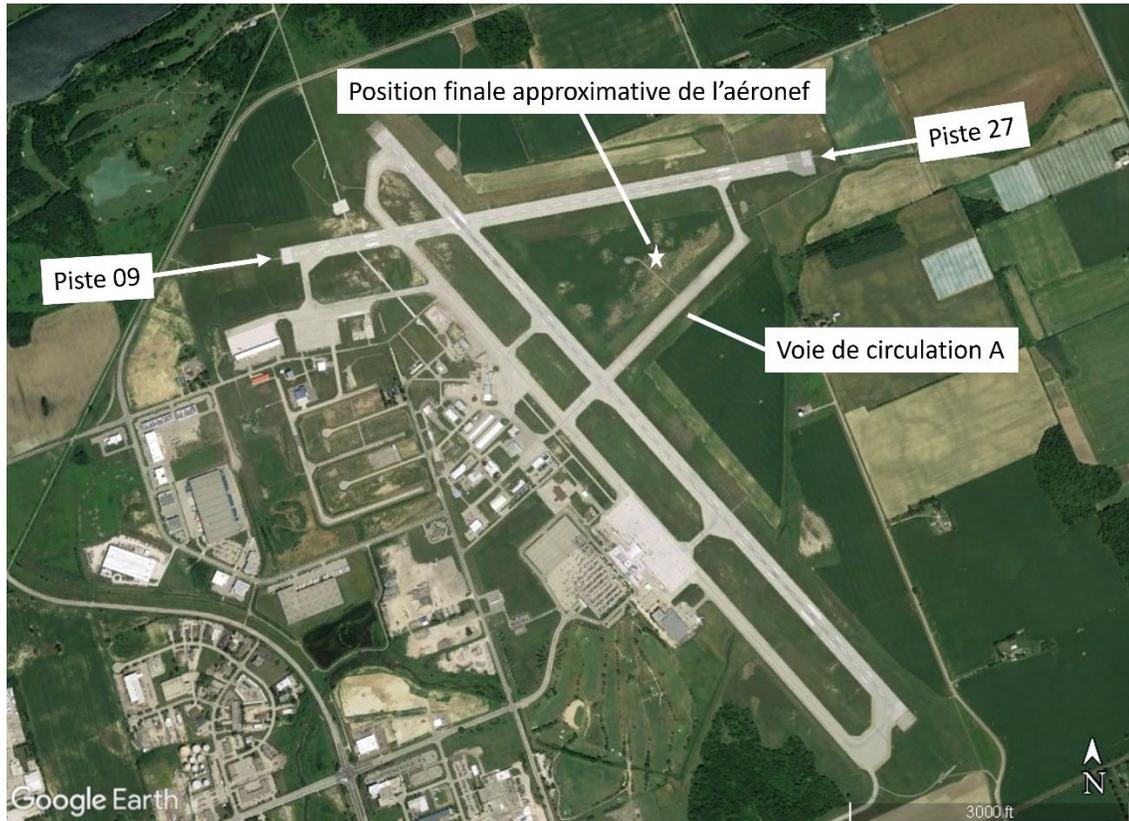
Le pilote a déclaré une urgence au contrôle de la circulation aérienne (ATC), puis avait l'intention d'atterrir sur la piste 27; toutefois, il n'a pas pu reprendre la maîtrise complète de l'aéronef et a plutôt tenté d'atterrir en direction sud-ouest sur la voie de circulation A. Il s'est finalement posé sur l'herbe entre la piste et la voie de circulation A (Figure 1). Au toucher des roues, le train d'atterrissage s'est effondré et l'aéronef a glissé sur environ 265 pieds avant de s'immobiliser.

Pendant l'examen initial de l'aéronef suite à l'incident, on a découvert que pendant les activités récentes de maintenance, les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction avaient été installés en parallèle l'un par rapport à l'autre, plutôt en croisé à l'arrière du fuselage, tel que prescrit dans le manuel de maintenance d'aéronef. Par conséquent, lorsque les câbles de la gouverne de direction ont été enfilés dans ces tubes de guidage, ils ont été connectés au même côté du support de fixation inférieur de la gouverne de direction, à l'arrière de l'aéronef, et non au côté opposé. Malgré les activités de

¹ Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

maintenance et les inspections avant le vol subséquentes, la mauvaise installation est passée inaperçue, ce qui faisait en sorte que la gouverne de direction se déplaçait dans la direction opposée à celle sollicitée par le pilote.

Figure 1. Image satellite de l'aéroport de London (Ontario) montrant les pistes et voies de circulation en cause dans cet événement, ainsi que la position finale approximative de l'aéronef (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



1.2 Personnes blessées

Le pilote était seul à bord. Il n'a pas été blessé.

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a été lourdement endommagé. La gouverne de direction et la masse d'équilibrage de l'aileron gauche se sont rompues et le train d'atterrissage s'est effondré. Les deux hélices, les fuseaux moteurs, et différentes sections de la partie ventrale du fuselage de l'aéronef ont été endommagés.

1.4 Autres dommages

Il n'y a eu aucun autre dommage.

1.5 Renseignements sur le personnel

1.5.1 Pilote

Le pilote de l'aéronef à l'étude était titulaire d'une licence de pilote professionnel de Transports Canada (TC) et d'un certificat de pilote professionnel de la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis. Il était également titulaire d'un certificat de mécanicien d'aéronef de la FAA avec des qualifications de cellule et groupe motopropulseur, en plus de posséder une autorisation d'inspection valide de la FAA, ce qui lui permettait d'effectuer des inspections, comme une inspection annuelle, sur un aéronef immatriculé aux États-Unis et d'approuver sa remise en service.

Toutes les licences et les qualifications du pilote étaient valides, conformément à la réglementation applicable en vigueur.

Le pilote n'avait pas travaillé sur l'aéronef pendant la révision et la remise en état, mais il avait signé pour attester de l'inspection annuelle de la FAA.

1.5.2 Personnel de maintenance de l'aéronef

Même si plusieurs techniciens d'entretien d'aéronef (TEA), techniciens et apprentis techniciens ont pris part aux travaux de maintenance effectués sur l'aéronef à l'étude au cours de la révision, seuls 2 TEA, 1 technicien et 1 apprenti TEA ont pris part au remplacement des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction et des câbles de la gouverne de direction, qui a eu lieu au début du mois de janvier 2022.

1.5.2.1 Techniciens d'entretien d'aéronef

Le TEA qui a certifié l'inspection du remplacement des câbles de la gouverne de direction et délivré la certification technique finale de l'aéronef était titulaire d'une licence de TEA valide délivrée par TC, avec une qualification M1. Il était également titulaire d'un pouvoir de certification — aéronef (ACA) délivré par l'OMA de Diamond Aircraft Industries Inc. Un ACA est une autorisation accordée par l'OMA permettant à un TEA de signer une certification technique relative à des travaux effectués sur l'aéronef ou sur des pièces à installer sur l'aéronef². Il était le chef d'équipe pour le quart de travail de fin de semaine et il a verbalement approuvé la demande de l'apprenti TEA de remplacer les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction.

Le second TEA a signé l'inspection indépendante finale des commandes de vol et des commandes des moteurs. Il était titulaire d'une licence de TEA valide délivrée par TC, avec une qualification M1. Il était également titulaire d'un ACA délivré par l'OMA de Diamond Aircraft Industries.

² Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, norme 573 : Organismes de maintenance agréés, alinéa 573.05(1)(i).

1.5.2.2 Technicien

Le technicien qui a apposé sa signature pour le remplacement des câbles de la gouverne de direction était autorisé à effectuer des travaux sur l'aéronef. Il était également titulaire d'un pouvoir de certification — atelier (SCA), une autorisation délivrée par l'OMA permettant à une personne qui n'est pas titulaire d'une licence de TEA de signer une certification technique relative à des pièces destinées à être installées sur un aéronef³. Le technicien était titulaire d'une licence étrangère et était en voie d'obtenir une licence de TEA canadienne. Il comptait de nombreuses années d'expérience en tant que TEA pour des compagnies aériennes étrangères et était le chef d'équipe du quart de travail de semaine pour les travaux de maintenance effectués sur l'aéronef à l'étude. Il attribuait les tâches de maintenance conformément au bon de travail et supervisait les travaux effectués. Il effectuait l'installation des câbles de la gouverne de direction le lendemain du jour où l'apprenti TEA avait remplacé les tubes de guidage.

1.5.2.3 Apprenti technicien d'entretien d'aéronefs

L'apprenti TEA (ci-après appelé l'apprenti) avait suivi une formation de TEA dans une école approuvée par TC. Il avait commencé à travailler à l'OMA de Diamond Aircraft Industries Inc. en octobre 2021 et avait effectué diverses tâches de maintenance, qui étaient consignées dans son carnet de bord de TEA. Il n'était pas autorisé en vertu d'un SCA ou d'un ACA et n'avait pas été formé aux procédures de la compagnie ni aux exigences réglementaires applicables de l'OMA.

L'apprenti a découvert les tubes de guidage usés des câbles de la gouverne de direction sur l'aéronef à l'étude pendant son quart de travail de fin de semaine, puis il les a enlevés et les a remplacés par des tubes neufs.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

Le Diamond Aircraft Industries GmbH DA 42 NG est un aéronef à 4 places, à aile basse et à train d'atterrissage escamotable, tout en composite. Il est propulsé par 2 moteurs diesel Austro E4B avec des hélices à 3 pales MT hydrauliques à vitesse constante.

Tableau 1. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Diamond Aircraft Industries
Type, modèle et immatriculation	DA 42, DA 42 NG, N591ER
Année de construction	2006
Numéro de série	42.081
Total d'heures de vol cellule	5371,6
Type de moteur (nombre)	Moteurs à pistons Austro E4B (2)
Type d'hélice (nombre)	MT 3-bladed (2)
Masse maximale autorisée au décollage	4189 lb (1900 kg)

³ Ibid., paragraphe 573.05(2).

Types de carburant recommandés	Jet A, Diesel
Type de carburant utilisé	Jet A

Il n'y avait aucune défectuosité enregistrée non corrigée au moment de l'événement.

La masse et le centrage de l'aéronef respectaient les limites prescrites.

1.7 Renseignements météorologiques

Les conditions météorologiques étaient propices pour un vol selon les règles de vol à vue. Le message horaire d'observation météorologique régulière d'aérodrome émis à 13 h pour CYXU indiquait un vent soufflant du 110° vrais à 15 nœuds. La visibilité était de 15 milles terrestres. Il y avait des nuages épars à 3 400 pieds ainsi qu'à 15 000 pieds AGL. La température était de 20 °C et le point de rosée était de 12 °C. Le calage altimétrique était de 30,20 pouces de mercure.

Les conditions météorologiques ne sont pas considérées comme ayant été un facteur contributif à cet événement.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Communications

Sans objet.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

Sans objet.

1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef n'était équipé ni d'un enregistreur de données de vol, ni d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage, et la réglementation en vigueur n'en exigeait pas.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

Après l'événement, les enquêteurs du BST ont examiné l'aéronef dans les installations de Diamond Aircraft Industries Inc. à CYXU et ont constaté que les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction⁴ avaient été mal installés.

La section de description du système du manuel de maintenance de l'avion (AMM) explique que les [traduction] « deux câbles du fuselage passent par des tubes en téflon dans la

⁴ Les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction protègent les câbles de la gouverne de direction et les acheminent de l'ensemble du manche à balai, sur la cloison de commande, vers l'arrière jusqu'au support de fixation inférieur de la gouverne de direction. S'ils sont bien installés, leur conception élimine toute possibilité d'une mauvaise installation des câbles de la gouverne de direction.

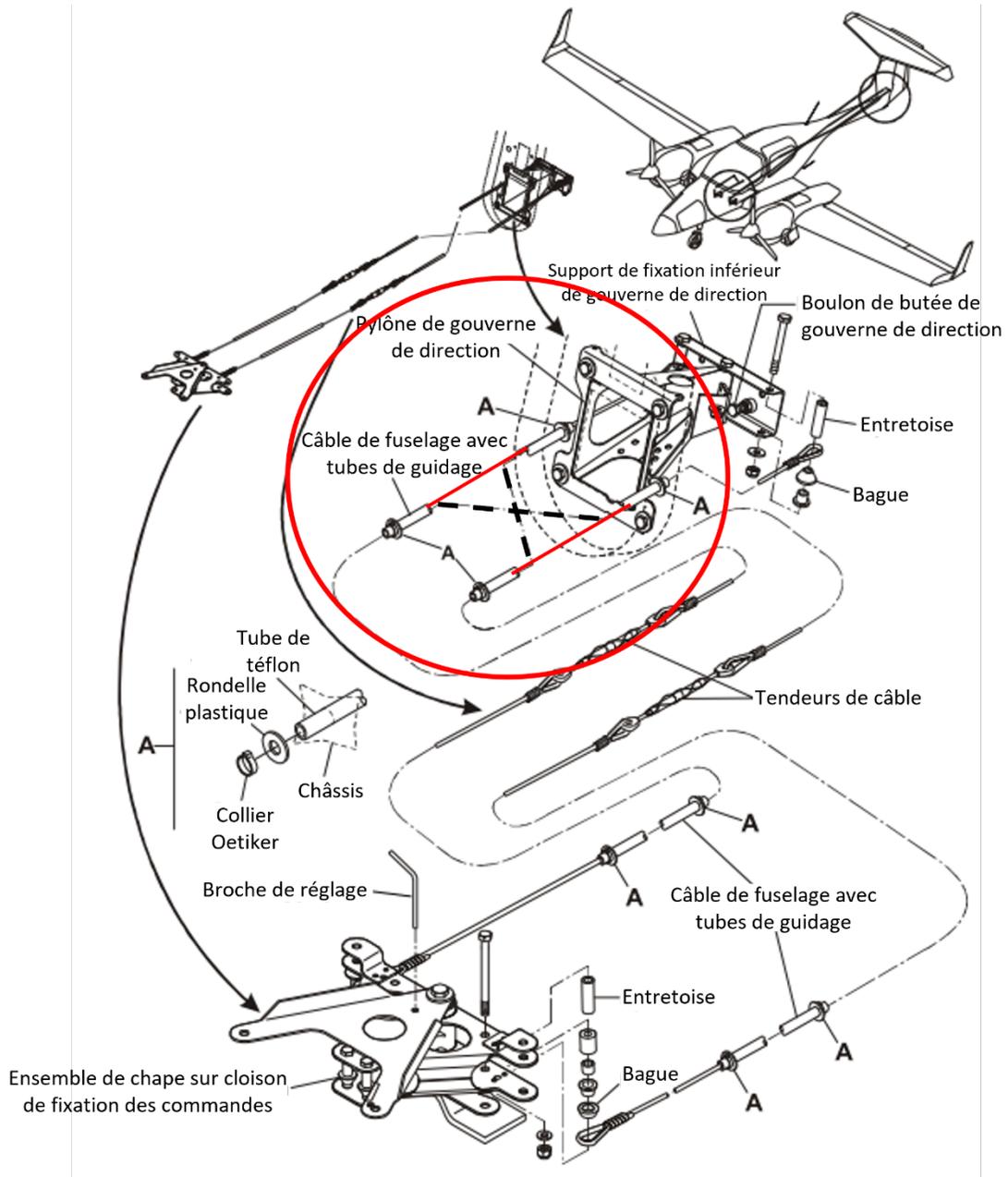
section arrière du fuselage. Les câbles se fixent au support de fixation inférieur de la gouverne de direction. Les câbles se croisent dans la section arrière du fuselage^{5,6} » (Figure 2).

Cette configuration permet d'acheminer correctement les câbles du fuselage vers la gouverne de direction, de sorte que la pédale du palonnier gauche commande le braquage à gauche de la gouverne de direction et que la pédale du palonnier droit commande le braquage à droite de la gouverne de direction. Toutefois, dans l'événement à l'étude, les tubes de guidage ont été installés en ligne droite au lieu d'être croisés. Par conséquent, le fait d'appuyer sur le palonnier droit entraînait un braquage de la gouverne de direction vers la gauche, et vice versa. Le mauvais acheminement des câbles n'a pas eu d'incidence sur le système de direction du train avant, qui utilise ses propres articulations fixées à l'ensemble du manche à balai.

⁵ Diamond Aircraft Industries, *DA 42 NG Airplane Maintenance Manual*, révision 5 [22 décembre 2021], section 27-20 : Flight Controls — Rudder, p. 6.

⁶ Dans le présent rapport, par souci de clarté, les expressions « câbles du fuselage », « câbles » et « câbles de la gouverne de direction » sont considérées comme étant des synonymes.

Figure 2. Commandes de la gouverne de direction dans le fuselage montrant l'emplacement des tubes de guidage croisés (cercle rouge). La ligne rouge pleine dans le cercle indique l'installation telle qu'elle avait eu lieu (câbles non croisés), tandis que la ligne noire pointillée indique la bonne installation (câbles croisés). (Source : Diamond Aircraft Industries, DA 42 NG Airplane Maintenance Manual, révision 5 [22 décembre 2021], section 27-20 : Flight Controls — Rudder, p. 9, avec traduction et annotations du BST.)



1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Selon l'information obtenue au cours de l'enquête, rien n'indique que des facteurs médicaux ou physiologiques aient nui à la performance du pilote.

1.14 Incendie

Aucune trace d'incendie avant ou après l'événement n'a été relevée.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

Sans objet.

1.16 Essais et recherche

Sans objet.

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

1.17.1 Diamond Aircraft Industries

1.17.1.1 Généralités

Diamond Aircraft Industries GmbH est une compagnie privée qui conçoit des aéronefs et des produits aéronautiques, fabrique des aéronefs et des composants, et fournit des services d'entretien à l'industrie aéronautique. Le siège de la compagnie se trouve à Wiener Neustadt, en Autriche, et la succursale canadienne, Diamond Aircraft Industries Inc., est située à London (Ontario). La succursale canadienne est titulaire d'un certificat de fabricant et d'un certificat d'OMA délivrés par TC pour les activités menées en vertu de la sous-partie 561 (Construction de produits aéronautiques) et de la sous-partie 573 (Organismes de maintenance agréés) du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC).

La compagnie est autorisée à fabriquer des aéronefs complets et des produits aéronautiques pour les séries d'aéronefs DA 20, DA 40, ainsi que pour l'aéronef DA 62. Le certificat d'OMA autorise Diamond Aircraft Industries Inc. à effectuer des travaux de maintenance dans les catégories suivantes :

- aéronefs (travaux non spécialisés sur de petits avions)
- avionique (systèmes de pilotage automatique et systèmes radio)
- instruments
- essais non destructifs
- hélice
- structures
- soudage

L'OMA exerce ses activités de façon distincte du volet de fabrication de la compagnie, mais en vertu du même numéro de certificat. Au moment de l'événement, le personnel de maintenance à l'OMA comptait environ 34 membres.

1.17.1.2 Personnel de maintenance

L'OMA de Diamond Aircraft Industries Inc. emploie à la fois des TEA et des techniciens.

Les TEA sont les personnes qui détiennent une licence de TEA valide délivrée par TC et qui peuvent être autorisées à détenir un ACA. Leurs tâches typiques comprennent la maintenance régulière des aéronefs, la certification des travaux accomplis, de même que la supervision et le mentorat des techniciens.

Les techniciens sont les personnes qui ont suivi un programme de formation de TEA approuvé par TC ou qui sont titulaires d'une licence de TEA étrangère valide. Les techniciens sans licence étrangère peuvent participer à un programme d'apprentissage pour devenir TEA. Pour ce faire, ils doivent effectuer certaines tâches d'entretien, acquérir une expérience déterminée au préalable et passer des examens fondés sur les connaissances avant que TC ne délivre une licence de TEA. Rien n'oblige les techniciens à devenir des TEA brevetés s'ils ne le souhaitent pas. Les techniciens expérimentés peuvent se voir délivrer un SCA s'ils satisfont aux exigences de la compagnie et ont suivi toute la formation requise.

Pendant qu'ils acquièrent de l'expérience sur l'aéronef, les apprentis travaillent sous la supervision directe d'un TEA ou d'un technicien qui a plus d'ancienneté.

1.17.1.3 Formation et autorisation

1.17.1.3.1 Généralités

Le manuel des politiques de maintenance (MPM) de la compagnie, approuvé par TC, indique que [traduction]

[t]out le personnel suivra une formation lorsqu'il commencera à travailler avec l'OMA. La formation initiale sera composée des volets suivants :

- Familiarisation avec les politiques et les procédures de l'organisation, ainsi qu'avec toutes les exigences réglementaires nécessaires.
- Facteurs humains
- Traçabilité et identification des pièces
- Sécurité de la maintenance
- Signalement des événements⁷

1.17.1.3.2 Apprenti technicien d'entretien d'aéronefs

Le MPM énumère les responsabilités d'un apprenti comme suit [traduction] :

- Effectuer des travaux de maintenance, de réparation et de modification selon les instructions d'un TEA ou de la PRM [personne responsable de la maintenance].
- Aider à remplir toute fonction de l'OMA lorsqu'on le lui demande.
- Travailler conformément au présent manuel et à toutes les procédures.

⁷ Diamond Aircraft Industries Inc., *Maintenance Policy Manual*, révision A (30 août 2017), section 8.2 : Initial Training.

- S'assurer que les données, les instructions, les directives ou les autres documents utilisés correspondent à la révision la plus récente pour les besoins de la tâche accomplie.
- Remplir des fiches de travail pour le travail accompli.
- Signaler les articles qui sont inutilisables à la personne responsable de la maintenance.⁸

L'apprenti qui a remplacé les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction avait été embauché à la fin du mois d'octobre 2021. L'enquête a permis de déterminer que même s'il avait reçu une certaine formation en cours d'emploi, rien n'indiquait qu'il aurait suivi la formation indiquée dans le MPM au moment où il a effectué le travail sur le système de commande de la gouverne de direction en janvier 2022.

1.17.1.3.3 Titulaires d'un pouvoir de certification — aéronef et d'un pouvoir de certification — atelier

Le MPM décrit la formation requise pour les titulaires d'un ACA et d'un SCA. Il indique ce qui suit [traduction] :

avant la délivrance d'un ACA/SCA, le demandeur doit passer un examen pratique. [...] L'examen pratique doit porter sur une tâche de maintenance considérée comme faisant partie de la portée des fonctions à accomplir par le demandeur. L'examen devrait porter sur les aspects suivants :

- Démonstration de l'utilisation des techniques appropriées et des normes de l'industrie pour accomplir la tâche.
- Démonstration de la capacité à consulter adéquatement les manuels de maintenance [...]
- Démonstration de la capacité à remplir adéquatement les dossiers techniques de l'aéronef [...].⁹

L'OMA de Diamond Aircraft Industries Inc. n'a pas pu fournir de documents relatifs à cet examen pratique obligatoire pour l'un ou l'autre des titulaires d'ACA ou de SCA ayant pris part au remplacement des câbles de la gouverne de direction, à l'inspection indépendante et à la certification technique de l'aéronef.

1.17.1.4 Affectations de travail

Il n'existe pas de procédures officielles de la compagnie concernant l'attribution des tâches de maintenance. Les bons de travail sont fondés sur une portée convenue des travaux de maintenance pour un contrat de client donné (p. ex. les tâches de maintenance faisant partie de la révision d'un aéronef).

Un chef d'équipe est affecté à chaque aéronef avec un groupe de membres du personnel de maintenance, qui peut être composé de TEA, de techniciens et d'apprentis. Le chef d'équipe attribue les tâches aux membres de l'équipe chaque jour. De plus, il s'assure que les

⁸ Ibid., section 2.2 : Responsibilités, sous-section 2.2.7 : Apprentice.

⁹ Ibid., section 8.4 : ACA/SCA Training.

apprentis savent comment effectuer les tâches qui leur sont attribuées, les conseille au besoin et supervise leur travail.

Avant de commencer une tâche attribuée, les membres de l'équipe de maintenance ouvrent une session sur un système informatique et accèdent au bon de travail de l'aéronef. L'équipement et les pièces utilisés sont numérisés dans le système afin de surveiller les stocks et la facturation aux clients.

1.17.1.5 Maintenance

Les procédures de maintenance à suivre sont présentées en détail dans le MPM, qui précise que [traduction] « [t]ous les travaux de maintenance doivent être effectués conformément au RAC/MN [*Règlement de l'aviation canadien / Manuel de navigabilité*], chapitre 571, et, s'il y a lieu, aux exigences réglementaires du pays dans lequel l'aéronef est immatriculé¹⁰. »

Le MPM indique également que [traduction] « [t]ous les travaux de maintenance sont suivis et documentés à l'aide d'un bon de travail, et les bons de travail sont suivis à l'aide d'un carnet technique¹¹. »

En ce qui concerne les anomalies constatées au cours des travaux de maintenance, le MPM indique ce qui suit [traduction] :

Toutes les anomalies découvertes pendant la réalisation des tâches de maintenance doivent être consignées sur une fiche d'anomalies. La fiche d'anomalies décrira ce qui suit :

- le type d'anomalie
- la personne qui a trouvé l'anomalie
- la date
- la rectification de l'anomalie
- l'inspection et l'approbation de la rectification
- la date de la rectification¹²

1.17.1.6 Documents

Les documents pertinents qui sont nécessaires à la révision d'un aéronef, y compris les fiches d'anomalies et certaines instructions et fiches de contrôle spécialisées, sont contenus dans un dossier de bon de travail. Ce dossier comprend une série de fiches de contrôle de double inspection¹³ que Diamond Aircraft Industries Inc. utilise pour suivre tous les éléments susceptibles de nécessiter une double inspection. Pour réduire la taille du dossier de bon de travail achevé, les fiches d'anomalies ne mentionnent que les numéros de

¹⁰ Ibid., section 4. 1 : Aircraft Maintenance Standards.

¹¹ Ibid., sous-section 4.2.1 : General.

¹² Ibid., sous-section 4.2.3 : Discrepancies.

¹³ Pour obtenir une explication de la double inspection, voir la section 1.18.1.4 *Inspection indépendante du système de commandes de vol*.

référence des sections pertinentes de l'AMM qui concernent le retrait, l'installation et l'inspection des pièces.

Le poste de travail est muni d'un ordinateur sur lequel le personnel de maintenance peut consulter et imprimer toutes les références requises pour les travaux effectués.

La fiche d'anomalies comprend 3 colonnes principales :

- **Discrepancy / MX Action [Anomalie / Action de maintenance]** : offre un espace pour écrire une description de l'anomalie ou de la tâche de maintenance à accomplir, de même qu'une cellule à estampiller ou à parapher par la personne qui a découvert l'anomalie;
- **Rectification / MX Action [Rectification / Action de maintenance]** : offre un espace pour écrire les rectifications ou les actions de maintenance qui ont été effectuées, et comprend une cellule pour indiquer les données de référence utilisées pour le travail;
- **Certification** : offre des cellules à estampiller ou à parapher par la personne qui a effectué le travail, la personne qui a inspecté le travail et la personne qui a effectué la double inspection, selon le cas.

Chaque fiche comporte un espace pour 4 éléments. La déclaration suivante figure au bas de chaque fiche et doit être estampillée et datée par le titulaire de l'ACA qui effectue la certification [traduction] : « Toutes les anomalies / rectifications / actions de maintenance figurant sur cette page ont été examinées par le titulaire de l'ACA qui effectue la certification¹⁴. »

L'enquête a permis de déterminer que plusieurs signatures et estampilles, dont certaines étaient directement liés aux travaux effectués sur la gouverne de direction, manquaient dans le dossier de bons de travail pour la révision de l'aéronef à l'étude. En outre, l'attestation d'achèvement de nombreuses tâches avait été faite longtemps après que le travail eut été accompli. L'enquête a également permis de déterminer qu'il manquait des renseignements sur l'état des travaux en cours à la fin de la journée, lorsque les tubes de guidage du câble de la gouverne de direction ont été remplacés. Le MPM indique ceci [traduction] :

Une anomalie peut également concerner un travail qui n'est que partiellement achevé, mais qui doit être suspendu en raison de la fin du quart de travail ou d'une affectation à d'autres tâches. Cela permet de veiller à la continuité des travaux effectués et d'assurer le suivi de l'enlèvement de tout article dont une personne n'est plus responsable¹⁵.

Il convient de noter que même si le dossier de bons de travail contenait de nombreuses anomalies, la certification technique et les inspections indépendantes signées par les

¹⁴ Diamond Aircraft Industries Inc., fiche d'anomalies (22 août 2018).

¹⁵ Diamond Aircraft Industries Inc., *Maintenance Policy Manual*, révision A (30 août 2017), sous-section 4.2.3 : Discrepancies.

titulaires d'ACA respectifs certifient que tous les travaux ont été accomplis conformément à la réglementation en vigueur.

1.17.2 Autorités de l'aviation civile

1.17.2.1 Exigences réglementaires

Le tableau 2 présente les dispositions du RAC qui sont pertinentes pour l'événement à l'étude.

Tableau 2. Dispositions du Règlement de l'aviation canadien et normes pertinentes pour l'événement à l'étude

Disposition	Texte
Alinéa 571.02(1)(a) du RAC	« [...] toute personne qui exécute sur un produit aéronautique des travaux de maintenance ou des travaux élémentaires doit utiliser les méthodes, techniques, [...] qui sont [...] indiqués pour le produit aéronautique dans la plus récente version du manuel de maintenance ou des instructions les plus récentes relatives au maintien de la navigabilité établis par le constructeur de ce produit aéronautique ».
Alinéa 571.03(b) du RAC	« Toute personne qui exécute sur un produit aéronautique des travaux de maintenance ou des travaux élémentaires doit veiller à ce que [...] dans le cas de travaux partiellement exécutés, le dossier technique soit exact en ce qui concerne les tâches qui restent à exécuter, en particulier la nécessité de fixer tout dispositif de fixation dérangé pour faciliter l'exécution des travaux. »
Alinéa 571.03(1)g) des normes du RAC	« lorsque des travaux sont partiellement exécutés, une description générale de toutes les tâches qui restent à faire, y compris l'emplacement précis de tous systèmes ou pièces déplacés, doit être consignée. Lorsque les listes ouvertes de travaux, les fiches d'inspection ou les cartes de travail utilisées pour l'exécution du travail indiquent clairement tout travail qui reste à faire, elles respectent cette exigence; »
Paragraphe 571.11(6) du RAC	« Dans le cas où une certification après maintenance est signée par une personne à l'égard de travaux exécutés par une autre personne, la personne qui signe la certification après maintenance doit elle-même observer les travaux dans la mesure nécessaire pour veiller à ce que leur exécution soit conforme aux exigences de toute norme de navigabilité applicable [...]. »
Paragraphe 573.06(1) du RAC	« Le titulaire d'un certificat d'organisme de maintenance agréé (OMA) doit mettre en œuvre un programme de formation afin que les personnes autorisées à exécuter toute fonction prévue par la présente sous-partie ou à en superviser l'exécution aient reçu la formation concernant les règlements, les normes et les procédures de l'OMA qui s'appliquent à la fonction. »
Paragraphe 573.08(4) du RAC	« Lorsque l'OMA entreprend une tâche qui est divisée en sous-tâches, la personne nommée en vertu de l'article 573.03 doit établir un système de contrôle du travail afin que toutes les sous-tâches soient achevées avant la signature d'une certification après maintenance relative à l'achèvement de la tâche. »

Étant donné que l'aéronef à l'étude était immatriculé aux États-Unis, il était soumis aux conditions spéciales énumérées dans une entente entre la FAA et TC.¹⁶ L'une des conditions applicables dans ce cas était que « [l]es travaux de maintenance et de modification doivent être approuvés pour la remise en service conformément aux exigences du RAC 571.10, certification après maintenance. »¹⁷ Selon le paragraphe 571.10(1) du RAC :

¹⁶ Transports Canada et la Federal Aviation Administration des États-Unis, Procédures de mise en œuvre de la maintenance entre la Federal Aviation Administration et Transports Canada, Aviation civile, révision 1 (14 juin 2019).

¹⁷ Ibid., section C – Conditions spéciales : Guide à l'intention des TEA agréés par TCAC et des OMA de TCAC.

Il est interdit à toute personne de signer une certification après maintenance [...] ou de permettre à une personne qu'elle supervise de signer une telle certification, à moins que les normes de navigabilité qui sont applicables aux travaux de maintenance effectués et qui sont énoncées à la norme 571 — *Maintenance* n'aient été respectées [...]¹⁸.

1.17.2.2 Documents d'orientation

Outre les exigences réglementaires, TC a publié au fil des ans d'autres documents d'orientation relatifs à la question des commandes des moteurs et des commandes de vol mal installées. Il s'agit notamment d'un Avis de navigabilité¹⁹ et d'un article dans *Sécurité aérienne – Mainteneur*²⁰.

1.17.2.3 Surveillance réglementaire

En avril 2020, TC a mené une inspection ciblée de Diamond Aircraft Industries Inc. afin d'évaluer les risques en fonction du niveau d'activité pendant la pandémie de COVID-19. Il a été déterminé que la compagnie présentait un risque faible aux fins de la planification de la surveillance, étant donné qu'elle connaissait une baisse considérable de son activité et une réduction de son personnel.

Au début du mois de mars 2022, TC a effectué une inspection des processus de Diamond Aircraft Industries Inc., évaluant les exigences réglementaires liées à l'assurance de la qualité pour le certificat d'OMA et le certificat de fabricant. La surveillance a été effectuée à distance²¹ et a permis de conclure que les deux certificats étaient conformes aux exigences réglementaires en matière d'assurance de la qualité.

1.18 Renseignements supplémentaires

1.18.1 Processus d'installation et d'inspection des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction et des câbles de la gouverne de direction

Les enquêteurs ont examiné les processus d'installation des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction et des câbles de la gouverne de direction, ainsi que les processus d'inspection visant à tester que l'amplitude des mouvements est adéquate pour le système de commande de la gouverne de direction.

¹⁸ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, paragraphe 571.10(1).

¹⁹ Transports Canada, Avis de navigabilité – C010 : Inspection des systèmes de commandes, édition 2 (10 octobre 2001), à l'adresse <https://tc.canada.ca/fr/aviation/centre-referance/avis-navigabilite/avis-navigabilite-c010-edition-2> (dernière consultation le 21 décembre 2023).

²⁰ Transports Canada, « Tâches de maintenance critiques nécessitant une contre-vérification » dans *Sécurité aérienne – Mainteneur*, Numéro 3/2004, à l'adresse publications.gc.ca/collections/collection_2014/tc/T51-19-2004-3-fra.pdf (dernière consultation le 21 décembre 2023).

²¹ Les activités de télésurveillance ont été menées conformément au Bulletin interne de procédure (BIP) 2020-14 de Transports Canada Aviation civile : Télésurveillance durant la pandémie de la COVID-19, numéro 01 (11 décembre 2020).

1.18.1.1 Installation des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction

Les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction ne sont normalement pas remplacés par le personnel de maintenance dans le cadre de la maintenance régulière, car ils sont rarement défectueux et il n'y a pas d'obligation particulière de les changer ou de les inspecter à intervalles réguliers.

L'AMM décrit les câbles et les tubes de guidage du fuselage et indique que les [traduction] « câbles se croisent à l'arrière du fuselage »²². Les câbles de la gouverne de direction sont acheminés côte à côte dans la section arrière du fuselage.

L'AMM fournit également des conseils de dépannage, lesquels donnent à penser qu'une raideur ou un accrochage de la gouverne de direction peuvent être causés par le frottement des câbles de la gouverne de direction dans les tubes de guidage. Pour résoudre le problème, il est suggéré²³ dans l'AMM de remplacer les câbles de la gouverne de direction et les tubes de guidage; toutefois, l'AMM ne prévoit ni méthode ni procédure spécifique au remplacement des tubes de guidage.

Au besoin, les dessins d'installation peuvent être demandés à la division de fabrication de Diamond Aircraft Industries Inc. Le catalogue illustré des pièces du DA 42, qui était à la disposition du personnel de maintenance de l'aéronef à l'étude, indique le numéro de pièce du matériau utilisé pour le tube de guidage.

Pour installer les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction, il faut d'abord retirer un des câbles de la gouverne de direction de l'aéronef. Ensuite, il faut desserrer les colliers de serrage retenant les extrémités du tube de guidage et retirer le vieux tube de guidage. On guide alors le nouveau tube de guidage à travers le fuselage, on le coupe à la longueur voulue, puis on le fixe à l'aide des colliers de serrage. On répète la procédure pour l'autre tube de guidage.

L'enquête a permis de déterminer qu'au cours de la révision de l'aéronef à l'étude, un apprenti travaillant pendant le quart de fin de semaine s'est vu confier la tâche de remplacer les câbles de direction le 9 janvier 2022. L'apprenti a fait remarquer au chef d'équipe du quart de fin de semaine que les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction étaient endommagés et a ensuite été autorisé verbalement à les remplacer; cependant, ni le chef d'équipe ni l'apprenti n'ont inscrit l'anomalie relative aux tubes de guidage sur la fiche d'anomalies du bon de travail, comme l'exige le MPM.

L'apprenti a retiré les deux câbles de la gouverne de direction de la section arrière du fuselage, puis il a retiré les tubes de guidage, ce qui peut être fait sans voir comment ils sont acheminés dans la section arrière du fuselage. Un nouveau matériau destiné aux tubes de guidage a été obtenu et ceux-ci ont été installés, puis fixés.

²² Diamond Aircraft Industries GmbH, *DA 42 NG Airplane Maintenance Manual*, révision 5(22 décembre 2021), section 27-20-00, p. 6.

²³ Ibid., section 27-20-00, p. 101.

C'était la première fois que l'apprenti changeait les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction sur un DA 42, et il ne savait pas qu'ils devaient se croiser. L'expérience précédente de l'apprenti chez Diamond Aircraft Industries Inc. en ce qui concerne les commandes de la gouverne de direction avait été acquise sur un aéronef DA 20. Les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction sur cet aéronef sont installés en parallèle l'un par rapport à l'autre.

Le chef d'équipe qui a supervisé le travail de l'apprenti pendant l'installation des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction avait déjà changé les câbles et les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction sur un aéronef DA 42, et il savait que les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction se croisaient. Le chef d'équipe n'a fourni à l'apprenti aucun document de référence, par exemple les dessins d'installation du fabricant. Le chef d'équipe ne s'est pas non plus assuré que l'apprenti savait et comprenait que les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction se croisaient dans la section arrière du fuselage, comme le décrit l'AMM.

Le jour où le travail a été effectué, l'apprenti était supervisé par son chef d'équipe, qui était titulaire d'un ACA.

1.18.1.2 Installation des câbles de la gouverne de direction

L'AMM expose en détail les étapes à suivre pour remplacer les câbles de la gouverne de direction arrière qui passent dans les tubes de guidage. La procédure consiste à couper les connecteurs de l'un des vieux câbles de la gouverne de direction et à sortir le vieux câble de la gouverne de direction du tube de guidage. Un câble neuf est ensuite introduit dans le tube de guidage, de nouveaux connecteurs sont installés et le câble de direction est fixé aux raccords respectifs. La procédure est répétée pour le câble suivant. Une fois que les deux câbles ont été remplacés, ils sont réglés à la bonne tension. Deux des étapes consistent à réaliser un essai pour vérifier que l'amplitude de mouvement de la gouverne de direction est adéquate,²⁴ ainsi qu'à inspecter les commandes de la gouverne de direction qui ont été réglées. Si l'autorité de navigabilité l'exige, il faut également réaliser une double inspection²⁵.

La section de la description du système dans l'AMM montre une figure détaillée des commandes de la gouverne de direction dans le fuselage, qui comprend une vue des tubes de guidage et des lignes pointillées montrant qu'ils se croisent vers la section arrière du fuselage (Figure 2, ci-dessus). La description du système mentionne également que les câbles de la gouverne de direction se croisent dans la section arrière. Toutefois, la section relative au dépannage, où il est suggéré de remplacer les tubes de guidage en cas de raideur

²⁴ L'essai visant à déterminer l'amplitude des mouvements adéquate pour le système de commande de la gouverne de direction consiste notamment à vérifier visuellement si la gouverne de direction fonctionne dans la bonne direction lorsque l'on enfonce les pédales du palonnier.

²⁵ Diamond Aircraft Industries GmbH, *DA 42 NG Airplane Maintenance Manual*, révision 5 [22 décembre 2021], section 27-20-00, p. 213.

de la commande de la gouverne de direction, ne mentionne ni la description du système ni la figure applicable dans la même section.

De plus, les étapes d'installation des câbles ne portent que sur un seul câble à la fois. La procédure d'installation ne précise pas qu'il faut connecter le câble gauche de la gouverne de direction au côté droit du support de fixation inférieur de la gouverne de direction, et vice versa.

Dans le cadre de la révision de l'aéronef à l'étude, tous les câbles de la gouverne de direction ont été remplacés par des câbles neufs. L'apprenti chargé de remplacer les câbles de la gouverne de direction n'a pas terminé complètement l'installation des câbles de la gouverne de direction le jour où le travail lui a été confié, car les tubes de guidage devaient d'abord être remplacés. À la fin du quart de travail, aucun renseignement sur le travail partiel effectué ou sur le remplacement des tubes de guidage n'a été consigné sur la fiche d'anomalies. Ce type de renseignements est normalement consigné pour que la personne suivante qui travaille sur le système comprenne bien l'état des travaux qui restent à effectuer.

Selon le bon de travail, le remplacement des câbles de la gouverne de direction a été signé le 16 février 2022 pour attester qu'il était terminé; cependant, le remplacement a en fait été accompli du 9 au 11 janvier 2022. Le remplacement des câbles de la gouverne de direction a été effectué, puis estampillé plus tard comme étant terminé, par le chef d'équipe du quart de travail de semaine, qui était titulaire d'un SCA. L'inspection indépendante a été estampillée comme étant terminée par un titulaire d'ACA. L'enquête n'a pas pu déterminer si toutes les étapes énumérées dans l'AMM – en particulier l'inspection des commandes qui avaient été réglées et un essai visant à vérifier que l'amplitude des mouvements est adéquate – avaient été suivies, étant donné que les câbles de la gouverne de direction ne se croisaient pas dans la section arrière du fuselage.

1.18.1.3 Essai visant à vérifier que l'amplitude des mouvements du système de commande de la gouverne de direction est adéquate

L'AMM décrit les procédures pour vérifier que l'amplitude des mouvements de la gouverne de direction est adéquate²⁶. Il est très difficile d'actionner les pédales du palonnier et de voir simultanément la gouverne de direction bouger à partir du poste de pilotage. Bien que cela ne soit pas mentionné dans l'AMM ou exigé par la réglementation, il convient de noter qu'il est utile d'effectuer la vérification à deux : une personne dans le poste de pilotage actionne les commandes sur toute l'amplitude du mouvement, et une autre surveille la gouverne pour confirmer que la direction est la bonne et que l'amplitude des mouvements est complète. Il est important que la communication entre les 2 personnes effectuant la vérification soit claire et que celles-ci s'entendent pour dire que la gouverne bouge dans la direction commandée.

²⁶ Ibid., p. 201 et 202.

Il est possible, et conforme à la réglementation, d'effectuer cette tâche seul, mais cela nécessite de concevoir une méthode, ou d'utiliser un outillage spécial, pour maintenir les pédales dans les positions requises, puis de se rendre à l'arrière de l'aéronef pour s'assurer que la position et le braquage de la gouverne de direction conviennent à l'étape de la procédure qui est exécutée.

Les 4 premiers points de la procédure de l'AMM préparent l'aéronef pour les vérifications. Entre autres, l'aéronef doit être monté sur des supports pour faciliter les mouvements de la gouverne de direction, qui est liée à la commande de direction du train avant et qui est plus difficile à déplacer sous le poids de l'aéronef. Les points 5 à 7 de cette vérification nécessitent de placer les pédales dans des positions différentes pour vérifier l'amplitude et la direction de déplacement de la gouverne de direction. La première de ces étapes consiste à vérifier que le palonnier est centré lorsque les pédales sont centrées. Les étapes suivantes consistent à s'assurer que la gouverne de direction pivote d'au moins 24° vers la gauche lorsque la pédale est enfoncée à fond à gauche, puis qu'elle pivote d'au moins 24° vers la droite lorsque la pédale est enfoncée à fond à droite.

L'enquête a révélé une certaine variabilité au sein de la compagnie quant à la réalisation de l'essai visant à vérifier que l'amplitude des mouvements est adéquate. Par exemple, l'essai, qui gagne à être effectué par 2 personnes, était parfois réalisé par une seule personne. L'enquête n'a pas permis de déterminer si un outillage spécial était disponible lorsqu'une seule personne effectuait l'essai. De plus, lorsque l'essai était effectué par 2 personnes, l'employé de maintenance situé à l'arrière de l'aéronef ne précisait pas toujours à la personne aux commandes dans le poste de pilotage quelle pédale devait être enfoncée (c.-à-d. celle de gauche ou celle de droite) et ne vérifiait pas toujours visuellement si la gouverne de direction bougeait dans la direction correspondant à la pédale du palonnier qui était enfoncée.

Dans l'événement à l'étude, 1 personne (le chef d'équipe) a procédé au remplacement du câble de la gouverne de direction et a vérifié que l'amplitude des mouvements était adéquate en déplaçant manuellement la gouverne de direction pour vérifier l'amplitude du braquage, puis en déplaçant les pédales du palonnier pour s'assurer que le système pouvait bouger librement.

1.18.1.4 Inspection indépendante du système de commandes de vol

Après que des travaux ont été effectués sur un système de commandes de vol, comme la gouverne de direction, et après que ces travaux ont été certifiés, une inspection indépendante des commandes doit être effectuée. La certification du travail et l'inspection indépendante qui s'ensuit sont appelées une inspection double. Le MPM stipule ce qui suit [traduction] :

Chaque fois qu'une activité de maintenance réalisée sur un aéronef perturbe le moteur ou les commandes de vol, une vérification indépendante des commandes doit être effectuée. Toutes les inspections indépendantes doivent être effectuées par un ACA/SCA dûment autorisé, et l'action doit être consignée sur le bon de travail.

Les inspections doubles doivent être inscrites dans le carnet de route appropriée avec une certification technique²⁷.

Même si le MPM ne donne pas de détails sur les éléments à vérifier pendant une inspection indépendante, cette section est conforme aux exigences de la norme 571.10 du RAC, qui prévoit les normes de navigabilité applicables à divers types de travaux. En ce qui concerne les travaux qui perturbent les commandes moteur ou les commandes de vol, la norme de navigabilité applicable est la suivante :

Que le système ait été inspecté par au moins deux personnes pour vérifier le bon assemblage et le bon verrouillage de toutes les pièces dérangées pendant l'exécution des travaux de maintenance, incluant une vérification fonctionnelle de la direction et de la plage de déplacement des commandes moteur et des commandes de vol, et que le dossier technique contienne les signatures des deux personnes en cause.

(modifié 2010/12/30)

Note d'information

L'une de ces deux personnes peut être celle qui signe la certification après maintenance.

(modifié 2010/12/30)²⁸

Selon la fiche d'anomalies du bon de travail, il y avait des signatures et des estampilles datées du 16 mai 2022, indiquant que les inspections doubles avaient été effectuées. Les personnes qui ont signé pour les inspections doubles étaient qualifiées pour le faire conformément aux exigences du MPM.

Comme mentionné précédemment, 1 seule personne a effectué l'essai visant à vérifier que l'amplitude des mouvements était adéquate lors de la certification du travail. Toutefois, l'enquête n'a pas permis de déterminer si une 2^e personne avait participé à l'inspection indépendante en vue d'aider à réaliser l'essai d'amplitude des mouvements ou si l'aéronef était monté sur des supports à ce moment-là. Aucune des inspections n'a permis de détecter que les tubes de guidage étaient parallèles au lieu d'être croisés, que les câbles de la gouverne de direction étaient connectés au même côté du support de fixation inférieur de la gouverne de direction dans la section arrière de l'aéronef plutôt que du côté opposé, ou que la gouverne de direction bougeait dans la direction opposée à celle commandée par le pilote.

1.18.1.5 Inspection annuelle

Au cours de la révision, le pilote de l'aéronef à l'étude, titulaire d'une autorisation d'inspection de la FAA, a procédé à l'inspection annuelle de l'aéronef, conformément aux exigences de la FAA. L'inspection comprenait une vérification des [traduction]

²⁷ Diamond Aircraft Industries Inc., *Maintenance Policy Manual*, révision A (30 août 2017), sous-section 4.2.5 : Dual Inspections.

²⁸ Transports Canada, DORS/96-433, *Règlement de l'aviation canadien*, Norme 571 : Maintenance, article 571.10 : Types de travail, paragraphe d) Travail qui dérange les commandes moteur ou les commandes de vol.

« [c]ommandes de vol et des moteurs, pour vérifier si elles étaient mal installées et si elles fonctionnaient mal »²⁹. Le pilote n'a relevé aucune anomalie lors de l'inspection des commandes de vol.

1.18.1.6 Inspection pré-vol

Avant le premier vol de la journée, les pilotes sont tenus d'effectuer une inspection pré-vol de l'aéronef. Les listes de contrôle à suivre pour l'inspection figurent dans l'Airplane Flight Manual. Parmi elles figurent la vérification de la cabine et l'inspection extérieure de l'aéronef³⁰.

Dans le cadre de la vérification de la cabine, les pilotes doivent [traduction] « vérifier le mouvement libre et correct jusqu'au braquage complet »³¹ des commandes de vol. Pour la gouverne de direction, cette vérification est difficile à réaliser avec un poids sur les roues, vu la liaison avec la commande de direction du train avant. De plus, la conception du fuselage de cet aéronef et de nombreux autres rend très difficile pour les pilotes de voir la gouverne de direction bouger lorsqu'ils enfoncent les pédales du palonnier alors qu'ils sont assis dans le poste de pilotage. Il est difficile de bien vérifier si la gouverne de direction bouge correctement sans l'aide d'une 2^e personne qui se tient à l'extérieur de l'aéronef et qui veille à ce que la gouverne de direction bouge dans la bonne direction.

En outre, la liste de contrôle avant le décollage comprend un point consistant à vérifier [traduction] « le mouvement libre et sans restriction et la bonne direction »³² des commandes de vol. Comme indiqué précédemment, une telle vérification serait difficile à effectuer par un pilote assis dans l'aéronef et prêt à décoller.

Le jour de l'événement, le pilote avait effectué seul l'inspection pré-vol et n'avait constaté aucune anomalie sur l'aéronef.

1.18.2 Facteurs humains

1.18.2.1 Erreurs potentielles durant les tâches

Le remplacement des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction et l'essai visant à vérifier que l'amplitude des mouvements est adéquate font intervenir des connaissances mécaniques, des règles de maintenance ainsi que des techniques visuelles et physiques. Les deux processus sont donc vulnérables aux erreurs liées aux connaissances, aux règles et aux compétences.

²⁹ Federal Aviation Administration, *Code of Federal Regulations*, Title 14: Aeronautics and Space, Chapter I Federal Aviation Administration, Department of Transportation, Part 43: Maintenance, Preventive Maintenance, Rebuilding, and Alteration, Appendix D to Part 43: Scope and Details of Items (as Applicable to the Particular Aircraft) To Be Included in Annual and 100-Hour Inspections, item (c)(5).

³⁰ Diamond Aircraft Industries GmbH, *Airplane Flight Manual DA 42 NG*, révision 8 (23 juillet 2021), section 4A.6.1 : Pre-flight inspection.

³¹ Ibid., section 4A.6.1 I : Cabin Check, Check Procedure, item m.

³² Ibid., section 4A.6.6 : Before Take-off, item 15.

L'exécution axée sur les connaissances est en grande partie consciente; elle a lieu à mesure que les techniciens apprennent de nouvelles situations et les résultats qu'elles produisent. À mesure que leur formation progresse, les techniciens apprennent des règles qui entraînent une exécution conditionnelle (« si... alors ») plus régulée. Les erreurs liées aux connaissances et aux règles peuvent survenir en raison d'une expérience antérieure ou d'un manque de formation et de procédures documentées. Les techniciens peuvent ignorer comment composer avec certaines situations, ils peuvent suivre des règles qui ne s'appliquent pas à la tâche effectuée, ou ne pas suivre les règles qui s'appliquent, par exemple, ne pas observer les procédures connues.

La formation organisationnelle et des procédures d'entretien documentées sont essentielles pour communiquer et renforcer les connaissances et les règles requises. Toutefois, si ces documents et cette formation ne décrivent pas exactement les connaissances ou les règles requises, la performance réelle peut différer de ce qui est requis. De plus, en l'absence de système permettant de saisir ces écarts de performance, une pratique répétée ne fera que renforcer et solidifier de telles habitudes comportementales incorrectes.

Au fur et à mesure que les techniciens acquièrent de l'expérience et de la pratique, l'exécution des tâches devient plus automatique, ce qui permet aux techniciens d'acquérir, dans une certaine mesure, les compétences nécessaires à l'exécution des actions de sorte qu'ils réagissent de manière appropriée lorsqu'ils perçoivent des indices pertinents, par exemple, lorsque A se produit, B se produira. Pendant ce processus, la réalisation de chaque étape entraîne automatiquement celle de l'étape suivante en exigeant un minimum de ressources attentionnelles. Les erreurs liées aux compétences, comme le fait de ne pas remarquer qu'une tâche de maintenance n'a pas été effectuée correctement pendant l'inspection, peuvent se produire si les techniciens sont interrompus ou si leur perception est biaisée par certaines attentes ou hypothèses.

On peut atténuer les erreurs d'exécution par l'adoption de défenses appropriées, comme une éducation; de la formation; des procédures; du matériel; un environnement opérationnel; des horaires; une supervision; et une gestion de la sécurité convenables. Ces mécanismes de défense peuvent réduire la probabilité d'erreurs et permettre de détecter les erreurs éventuelles.

2.0 ANALYSE

Dans l'événement à l'étude, le pilote a éprouvé des difficultés à maîtriser l'aéronef immédiatement après le décollage. Dans le cadre de l'enquête, on a constaté que les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction avaient été installés en parallèle au lieu d'être croisés et que, par conséquent, les câbles de la gouverne de direction faisaient bouger la gouverne de direction dans la direction opposée à celle commandée par le pilote.

La présente analyse se penchera sur la formation dispensée à l'apprenti technicien d'entretien d'aéronef (appelé « apprenti » à partir de maintenant) ayant pris part au travail, puis se concentrera sur les facteurs organisationnels qui ont contribué à la mauvaise installation des tubes de guidage de la gouverne de direction et des câbles de la gouverne de direction, y compris les directives d'installation des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction et les dossiers d'entretien. Ensuite, l'analyse portera sur les vérifications du système de commande de la gouverne de direction, y compris les essais d'amplitude des mouvements. Enfin, on examinera la certification du travail et, plus particulièrement, la certification du travail accompli par une autre personne.

2.1 Formation

L'apprenti qui a remplacé les tubes de guidage de la gouverne de direction s'était joint à l'organisation environ 4 mois avant que le travail soit effectué. L'enquête n'a pas permis de trouver des dossiers attestant que l'apprenti avait reçu la formation initiale requise par le manuel des politiques de maintenance (MPM) de la compagnie approuvé par Transports Canada (TC).

De plus, l'organisme de maintenance agréé (OMA) de Diamond Aircraft Industries Inc. n'a pas pu fournir de documents relatifs à l'examen pratique obligatoire pour l'un ou l'autre des titulaires du pouvoir de certification — aéronef (ACA) ou du pouvoir de certification — atelier (SCA) ayant pris part au remplacement des câbles de la gouverne de direction, à l'inspection indépendante et à la certification technique de l'aéronef.

Pendant le remplacement des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction, l'apprenti travaillait sous la supervision du chef d'équipe du quart de travail de fin de semaine. Cependant, l'apprenti avait une connaissance limitée des procédures et des pratiques applicables de la compagnie, comme la consignation des travaux incomplets sur les fiches d'anomalies, et il est possible qu'il ne connaissait pas ses responsabilités quant aux activités de maintenance réalisées pour l'OMA.

Fait établi quant aux risques

Si le personnel de maintenance n'est pas formé aux procédures de la compagnie et aux exigences réglementaires applicables avant d'être autorisé à effectuer ou à certifier la

maintenance, il y a un risque que l'aéronef ne soit pas en état de navigabilité au moment de sa remise en service.

2.2 Installation des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction

L'enquête a permis de déterminer que les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction avaient été installés en parallèle plutôt que d'être croisés à l'arrière du fuselage, comme le prescrit le manuel de maintenance d'aéronef. Par conséquent, les câbles de la gouverne de direction ont fait bouger la gouverne de direction dans la direction opposée à celle commandée par le pilote.

L'apprenti de l'événement à l'étude avait une expérience antérieure de l'installation des câbles de direction sur des aéronefs DA 20 et a supposé que les câbles de la gouverne de direction du DA 42 étaient installés de la même façon, c'est-à-dire en parallèle. Lorsque les tubes de guidage ont été retirés, l'apprenti n'a pas remarqué qu'ils se croisaient dans la section arrière du fuselage, probablement parce qu'il ne s'y attendait pas. Il n'a pas demandé de conseils.

L'AMM ne contient pas de procédures particulières concernant l'installation des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction. Bien qu'il y avait des schémas et une description écrite indiquant que les tubes de guidage et les câbles de la gouverne de direction se croisent, l'apprenti ne les a pas consultés. De plus, le chef d'équipe du quart de travail de fin de semaine ne s'est pas assuré que l'apprenti savait et comprenait que les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction se croisaient dans la section arrière du fuselage et n'a pas supervisé l'installation des tubes de guidage.

La conception de l'aéronef est telle que les tubes de guidage peuvent être mal installés. Autrement dit, les tubes de guidage peuvent être installés en parallèle plutôt que d'être croisés, sans nuire à la structure ou aux systèmes de l'aéronef. Pour un technicien sans expérience sur ce modèle d'aéronef, l'installation en parallèle pourrait sembler normale et logique.

Le chef d'équipe du quart de travail de semaine a terminé l'installation des câbles de la gouverne de direction le lendemain du jour où l'apprenti avait remplacé les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

L'apprenti qui a installé les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction l'a fait sans l'aide de procédures particulières, de directives ou de supervision. Par conséquent, les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction ont été installés incorrectement, en parallèle plutôt que croisés à l'arrière du fuselage comme le prescrit le manuel de maintenance d'aéronef.

Lorsque les câbles de la gouverne de direction ont été enfilés dans les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction, ils ont aussi été connectés en parallèle au côté opposé du support de fixation inférieur de la gouverne de direction, à l'arrière de l'aéronef. Par

conséquent, la gouverne de direction bougeait dans la direction opposée à celle commandée par le pilote.

2.3 Certification du travail

En signant une certification technique concernant le remplacement des câbles la gouverne de direction, le titulaire de l'ACA a certifié que le travail répondait aux normes de navigabilité applicables pour cet essai. L'enquête a permis de déterminer que l'essai d'amplitude des mouvements effectué pour la certification du travail avait été réalisé par une seule personne, à savoir le chef d'équipe du quart de travail de semaine, titulaire d'un SCA. Étant donné qu'aucun outillage ou dispositif spécial n'était exigé ou utilisé au cours de la procédure, il aurait été très difficile pour une seule personne de valider la position adéquate de la gouverne de direction et des pédales.

Le technicien d'entretien de l'aéronef qui a signé la certification technique du travail de révision majeure était qualifié et autorisé par l'organisme. Il possédait une vaste expérience avec l'aéronef et avait certifié des remplacements de câbles de la gouverne de direction sur le même modèle d'aéronef à plusieurs reprises dans le passé sans connaître de difficultés.

2.3.1 Certification du travail accompli par quelqu'un d'autre

Dans l'événement à l'étude, le remplacement des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction et l'installation des câbles de la gouverne de direction ont été effectués par d'autres personnes que la personne certifiant les travaux. Le titulaire de l'ACA qui a certifié les travaux effectués n'était pas présent lors de l'exécution des travaux et n'était pas au courant que les tubes de guidage avaient été remplacés avant de certifier le travail. Même s'il est possible d'inspecter la majeure partie des travaux une fois que ceux-ci sont terminés, certains aspects de l'installation des câbles de la gouverne de direction peuvent être difficiles à valider en raison de leur emplacement sur l'aéronef, surtout lorsque la personne qui certifie le travail n'est pas au courant des travaux qui ont été effectués sur le système.

Dans le cas des étapes qui sont difficiles ou impossibles à valider une fois le travail terminé, il peut être nécessaire que la personne signant la certification technique du travail observe le travail en cours, dans la mesure nécessaire pour s'assurer que le travail est conforme aux normes de navigabilité applicables.

Fait établi quant aux risques

Si la personne signant une certification technique pour des travaux effectués par une autre personne n'observe pas les travaux dans la mesure nécessaire pour s'assurer qu'ils sont effectués conformément aux normes de navigabilité applicables, il y a un risque que l'aéronef ne soit pas en état de navigabilité lorsqu'il sera remis en service.

2.4 Dossiers d'entretien

L'enquête a permis de déterminer que des dossiers d'entretien étaient manquants ou incomplets dans le dossier de bons de travail de l'aéronef. Les politiques et les procédures de la compagnie exigent explicitement la consignation des travaux de maintenance. Certains

des formulaires et documents utilisés par la compagnie, comme la fiche d'anomalies et la fiche de contrôle de l'inspection double, ne contenaient pas certains renseignements relatifs à l'état d'avancement des travaux.

En outre, les documents relatifs au remplacement des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction ne figuraient pas dans les dossiers d'entretien. Cette tâche avait été réalisée dans le cadre du remplacement des câbles de la gouverne de direction, qui n'avait été que partiellement achevée à la fin du quart de travail. Par conséquent, le remplacement des câbles de la gouverne de direction a été relégué au personnel de maintenance du quart suivant. En l'absence de dossiers des travaux effectués sur le système, l'état d'avancement des travaux n'était pas clair pour la personne chargée d'achever la tâche et était trompeur pour l'inspection et la certification des travaux.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Le remplacement des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction n'a pas été consigné, probablement parce que la tâche de maintenance globale était incomplète à la fin du quart de travail. Par conséquent, le personnel qui a ensuite certifié le travail et effectué l'inspection indépendante n'était pas au courant que les tubes de guidage avaient été remplacés et n'a pas vérifié si le remplacement avait été effectué correctement.

2.5 Vérifications du système de commande de direction

2.5.1 Inspection pendant la certification des travaux

L'AMM du DA 42 NG expose en détail la procédure à suivre pour réaliser l'essai visant à vérifier que l'amplitude des mouvements du système de commande de direction est correcte. Cet essai est requis au moment de la certification des travaux et de l'inspection indépendante. L'essai décrit la corrélation entre la position des pédales et celle de la gouverne de direction. Cependant, l'enquête a révélé une certaine variabilité quant à la réalisation de l'essai. Par exemple, l'employé de maintenance situé à l'arrière de l'aéronef ne précisait pas toujours à la personne qui se trouvait aux commandes dans le poste de pilotage quelle pédale devait être enfoncée (c.-à-d. gauche ou droite) et ne vérifiait pas toujours visuellement si la gouverne de direction bougeait dans la direction correspondant à la pédale du palonnier enfoncée. De plus, l'essai était parfois réalisé par une seule personne plutôt que 2.

Les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction protègent les câbles de la gouverne de direction et les acheminent de l'ensemble de chape, sur la cloison de fixation des commandes, vers l'arrière jusqu'au support de fixation inférieur de la gouverne de direction. De plus, s'ils sont bien installés, leur conception élimine toute possibilité d'installation incorrecte des câbles de la gouverne de direction. Les câbles sont acheminés côte à côte lorsqu'ils traversent la section arrière du fuselage; il est donc très difficile de remarquer visuellement qu'ils se croisent.

Si les tubes de guidage sont installés correctement, l'essai de l'amplitude des mouvements peut révéler une mauvaise installation des câbles, ce qui pourrait entraîner une limitation

du déplacement dans une direction ou dans l'autre (c.-à-d. une réduction de l'amplitude des mouvements); un jeu dans le système si la tension des câbles de la gouverne de direction n'est pas suffisante; ou une raideur ou un accrochage de la gouverne de direction causés par le frottement des câbles de la gouverne de direction dans les tubes de guidage. Toutefois, il n'y aurait pas d'incidence sur le mouvement directionnel du palonnier pendant l'essai. Les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction sont rarement remplacés. Le personnel de maintenance a probablement supposé qu'en raison de la conception, tant que la gouverne de direction possédait toute son amplitude de mouvement pendant l'essai, sans raideur ni jeu dans le système, les câbles de la gouverne de direction étaient correctement installés.

Lors de la certification du travail, il a été établi que l'essai visant à vérifier que l'amplitude des mouvements était adéquate avait été effectué par une seule personne. Toutefois, l'enquête n'a pas permis de déterminer si une 2^e personne était présente lors de l'inspection indépendante pour apporter de l'aide pendant l'évaluation de l'amplitude des mouvements. Étant donné qu'il arrivait qu'une seule personne effectue l'inspection indépendante, et que la mauvaise installation des câbles de la gouverne de direction n'a pas été détectée, il est probable qu'une seule personne soit intervenue dans ce cas particulier.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Au cours de la certification des travaux de maintenance qui avaient été effectués, la gouverne de direction mal raccordée n'a pas été détectée parce qu'il a été supposé que les câbles de la gouverne de direction étaient correctement installés, parce que le palonnier avait une amplitude de mouvement adéquate, et parce qu'il est probable qu'une seule personne ait effectué l'essai visant à vérifier que l'amplitude des mouvements était adéquate au cours des inspections doubles.

2.5.2 Inspections annuelles et inspections pré-vol

Pendant la révision, le pilote de l'aéronef à l'étude, qui était titulaire d'une autorisation d'inspection délivrée par la Federal Aviation Administration des États-Unis, a mené une inspection annuelle qui consistait notamment à s'assurer que les commandes de vol étaient correctement installées et fonctionnaient correctement. Aucune anomalie n'a été relevée dans les commandes de vol, y compris celle de la gouverne de direction.

L'inspection pré-vol exige de vérifier que les commandes de vol se déplacent librement et correctement, jusqu'au braquage complet. La liste de contrôle avant le décollage comprend un point consistant à vérifier que les commandes de vol bougent librement, sans restriction et dans la bonne direction (le bon sens). Pour la gouverne de direction, cela peut être difficile à réaliser avec un poids sur les roues, vu la liaison avec la commande de direction du train avant. De plus, la conception du fuselage de cet aéronef et de nombreux autres rend très difficile pour les pilotes de voir la gouverne de direction bouger lorsqu'ils enfoncent les pédales du palonnier alors qu'ils sont assis dans le poste de pilotage. Pour bien vérifier que le palonnier bouge correctement, il faut habituellement obtenir l'aide d'une 2^e personne, qui se tient à l'extérieur de l'aéronef et surveille pendant qu'elle est actionnée par le pilote dans le poste de pilotage.

Le jour de l'événement, le pilote a effectué l'inspection pré-vol par lui-même et n'a constaté aucune anomalie sur l'aéronef.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il est très difficile de voir la gouverne de direction à partir du poste de pilotage, et les pédales du palonnier à partir de la zone de l'empennage. Par conséquent, la partie relative aux commandes de vol des inspections annuelles et des inspections pré-vol, lesquelles ont été accomplies par une seule personne, n'a pas permis de relever que la gouverne de direction avait été raccordée à l'envers.

Fait établi quant aux risques

Si les procédures exigeant l'inspection des commandes de vol ne fournissent pas d'instructions spécifiques sur la façon de s'assurer que la gouverne se déplace dans la bonne direction, il est possible de ne pas détecter qu'une commande de vol a été installée à l'envers.

L'aéronef a circulé normalement sur la piste 09 pour le décollage, mais lorsqu'il a pris son envol, il a brusquement fait un mouvement de lacet vers la gauche. Le pilote a essayé de corriger la direction de l'aéronef en braquant à fond l'aileron de droite et en donnant au maximum du palonnier droit; toutefois, l'aéronef a continué son mouvement de lacet et d'inclinaison à gauche. Le pilote a déclaré une urgence et a tenté de revenir se poser sur la piste 27 de l'aéroport de London. Incapable de reprendre la maîtrise complète de l'aéronef, le pilote a atterri sur la pelouse entre la piste 27 et la voie de circulation A.

Fait établi quant aux causes et aux facteurs contributifs

Après le décollage, l'aéronef a fait un mouvement de lacet dans la direction opposée à celle prévue par le pilote. Tentant de reprendre le contrôle directionnel de l'aéronef, le pilote a enfoncé davantage le palonnier vers la droite; toutefois, l'aéronef a continué son mouvement de lacet et d'inclinaison à gauche. Le pilote a donc effectué un atterrissage d'urgence, ce qui a endommagé considérablement l'aéronef.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il s'agit des conditions, actes ou lacunes de sécurité qui ont causé l'événement ou y ont contribué.

1. L'apprenti qui a installé les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction l'a fait sans l'aide de procédures particulières, de directives ou de supervision. Par conséquent, les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction ont été installés incorrectement, en parallèle plutôt que croisés à l'arrière du fuselage comme le prescrit le manuel de maintenance d'aéronef.
2. Lorsque les câbles de la gouverne de direction ont été enfilés dans les tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction, ils ont aussi été connectés en parallèle au côté opposé du support de fixation inférieur de la gouverne de direction, à l'arrière de l'aéronef. Par conséquent, la gouverne de direction bougeait dans la direction opposée à celle commandée par le pilote.
3. Le remplacement des tubes de guidage des câbles de la gouverne de direction n'a pas été consigné, probablement parce que la tâche de maintenance globale était incomplète à la fin du quart de travail. Par conséquent, le personnel qui a ensuite certifié le travail et effectué l'inspection indépendante n'était pas au courant que les tubes de guidage avaient été remplacés et n'a pas vérifié sur le remplacement avait été effectué correctement.
4. Au cours de la certification des travaux de maintenance qui avaient été effectués, la gouverne de direction mal raccordée n'a pas été détectée parce qu'il a été supposé que les câbles de la gouverne de direction étaient correctement installés, parce que le palonnier avait une amplitude de mouvement adéquate, et parce qu'il est probable qu'une seule personne ait effectué l'essai visant à vérifier que l'amplitude des mouvements était adéquate au cours des inspections doubles.
5. Il est très difficile de voir la gouverne de direction à partir du poste de pilotage, et les pédales du palonnier à partir de la zone de l'empennage. Par conséquent, la partie relative aux commandes de vol des inspections annuelles et des inspections pré-vol, lesquelles ont été accomplies par une seule personne, n'a pas permis de relever que la gouverne de direction avait été raccordée à l'envers.
6. Après le décollage, l'aéronef a fait un mouvement de lacet dans la direction opposée à celle prévue par le pilote. Tentant de reprendre le contrôle directionnel de l'aéronef, le pilote a enfoncé davantage le palonnier vers la droite; toutefois, l'aéronef a continué son mouvement de lacet et d'inclinaison vers la gauche. Le pilote a donc effectué un atterrissage d'urgence, ce qui a endommagé considérablement l'aéronef.

3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des conditions, des actes dangereux, ou des lacunes de sécurité qui n'ont pas été un facteur dans cet événement, mais qui pourraient avoir des conséquences néfastes lors de futurs événements.

1. Si le personnel de maintenance n'est pas formé aux procédures de la compagnie et aux exigences réglementaires applicables avant d'être autorisé à effectuer ou à certifier la maintenance, il y a un risque que l'aéronef ne soit pas en état de navigabilité au moment de sa remise en service.
2. Si les procédures exigeant l'inspection des commandes de vol ne fournissent pas d'instructions spécifiques sur la façon de s'assurer que la gouverne se déplace dans la bonne direction, il est possible de ne pas détecter qu'une commande de vol a été installée à l'envers.
3. Si la personne signant une certification technique pour des travaux effectués par une autre personne n'observe pas les travaux dans la mesure nécessaire pour s'assurer qu'ils sont effectués conformément aux normes de navigabilité applicables, il y a un risque que l'aéronef ne soit pas en état de navigabilité lorsqu'il sera remis en service.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

Le Bureau n'est pas au courant de mesures de sécurité prises à la suite de l'événement à l'étude.

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 6 décembre 2023. Le rapport a été officiellement publié le 5 janvier 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.