



Accident du De Havilland DHC-6 400 « Twin Otter »
immatriculé **F-OMYS**
exploité par CAIRE
le jeudi 24 août 2023
à l'aérodrome Saint-Barthélemy (977)

Heure	15 h 40 ¹
Nature du vol	Transport commercial de passagers
Personnes à bord	Commandant de bord (PF ²), copilote (PM), 6 passagers
Conséquences et dommages	Deux blessés légers, avion fortement endommagé

Sortie latérale de piste à l'atterrissage, collision avec un hélicoptère stationné

1	Déroulement du vol.....	- 2 -
2	Renseignements complémentaires	- 4 -
2.1	Renseignements sur l'aéronef.....	- 4 -
2.2	Renseignements sur le site et l'épave	- 12 -
2.3	Renseignements sur l'aéroport	- 13 -
2.4	Renseignements météorologiques.....	- 14 -
2.5	Renseignements sur les membres d'équipage	- 14 -
2.6	Exploitation des enregistrements	- 17 -
2.7	Renseignements sur l'exploitant.....	- 22 -
2.8	Événements similaires.....	- 23 -
2.9	Vérification de l'alignement des marques de NWS	- 25 -
3	Conclusions.....	- 26 -
4	Recommandations.....	- 28 -
4.1	Rappel aux opérateurs de DHC-6 des évolutions des procédures de vérification du NWS introduites en 2017.....	- 28 -
4.2	Document de décodage des enregistrements FDR	- 29 -

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y retrancher 4 heures pour obtenir l'heure locale le jour de l'événement.

² Le glossaire des abréviations et sigles fréquemment utilisés par le BEA est disponible sur son [site Internet](#).

1 DEROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des enregistreurs de vol CVR et FDR, de la vidéosurveillance ainsi que des témoignages.

Après une première rotation entre les aéroports de Pointe-à-Pitre - Le Raizet (Guadeloupe) et Saint-Barthélemy, l'équipage décolle à 14 h 47 à destination de Saint-Barthélemy pour la deuxième rotation.

Le niveau de croisière FL080 est atteint après sept minutes de vol. Pendant la croisière, après avoir actualisé et analysé l'information météorologique de l'aéroport de destination, l'équipage choisit la piste 28 pour l'atterrissage.

À 15 h 26, l'équipage commence la descente.

À 15 h 37, réalisant que l'avion est trop haut à l'approche du point « COCO »³, le Commandant de Bord (CDB) décide de faire un virage de 360° pour perdre de l'altitude. L'équipage sélectionne les volets 10° et positionne la manette de pas d'hélice sur MAX. Pendant le virage, le CDB ressent une douleur à l'oreille gauche et en informe le copilote. L'équipage sélectionne les volets 37°.

À 15 h 40 min 21, à l'issue du virage, à environ 1 000 ft⁴, le CDB souffre encore de l'oreille. Ne parvenant pas à débloquer son tympan, le CDB transfère les commandes au copilote pour se moucher et pratiquer la manœuvre de Valsalva. Pendant cette phase, le CDB demande la check-list avant atterrissage. La check-list est lue par le copilote et le CDB lui répond. Quelques secondes après la fin de la check-list, le tympan du CDB se débloque subitement et celui-ci reprend les commandes.

À 15 h 41 min 18, une alerte de type « CAUTION TERRAIN » est émise par le TAWS, immédiatement suivie d'une alarme de type « TERRAIN PULL UP ». Étant en vue du sol et réalisant qu'ils ont oublié d'inhiber les alertes de type TERRAIN⁵, le CDB annonce au copilote de ne pas prendre en compte ces alarmes et lui demande d'activer leur inhibition.

Pendant le dernier virage, à environ 190 ft, alors que le CDB diminue l'assiette pour ajuster l'interception du plan, l'alerte « SINK RATE » se déclenche.

À 15 h 42 min 22, lorsque les roues touchent la piste, l'équipage entend un crissement de pneu et constate que l'avion se déporte vers la gauche. Pensant qu'il a peut-être mal placé ses pieds, le CDB ajuste leur position pour s'assurer qu'ils ne sont pas positionnés sur les freins, puis agit sur le palonnier droit. L'avion continue de se déporter vers la gauche. Suspectant alors un blocage de la roue gauche, le CDB applique une pression sur les freins en espérant ainsi débloquer le frein gauche. Il essaie également de corriger la trajectoire en maintenant la pression sur le palonnier droit et en mettant le manche à droite. Constatant qu'ils atteignent le

³ Le point « COCO » est un point de compte-rendu de position correspondant géographiquement à l'île Coco, et au point de début de la branche de base pour l'atterrissage en piste 28. L'altitude de passage sur ce point pour l'arrivée est de 1 000 ft.

⁴ Sauf mention contraire, les altitudes mentionnées dans ce rapport sont des altitudes au calage QNH.

⁵ Dans la partie C du manuel de l'exploitant, il est inscrit d'activer le mode « TERRAIN INHIB » pour l'arrivée sur la piste 28 à SBH.

bord de piste, il décide d'utiliser les inverseurs de traction de manière asymétrique. Il lui semble que cela atténue la tendance de l'avion à dévier vers la gauche, mais que ce n'est pas suffisant pour corriger le phénomène. L'avion roule alors sur les accotements en herbe de la piste. Il heurte le panneau indiquant l'embranchement avec la voie de circulation C. Le CDB décide alors d'utiliser la commande de contrôle de la roue avant en la poussant de toutes ses forces pour virer vers la droite.

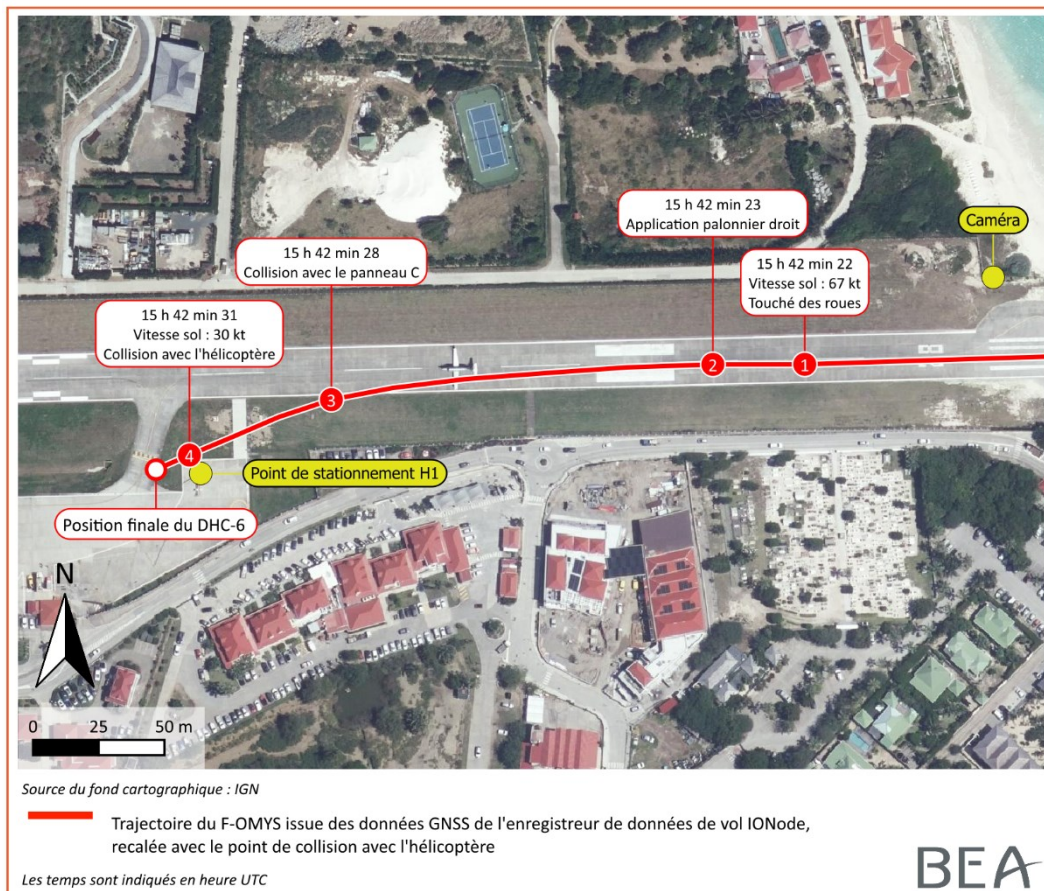


Figure 1 : trajectoire

L'aile gauche de l'avion percute un hélicoptère de type AS350 stationné sur le point de stationnement H1. L'avion pivote violemment puis s'arrête.



Figure 2 : position des aéronefs après l'accident (Source : Gendarmerie)

Après un moment nécessaire pour reprendre ses esprits, constatant que les passagers se lèvent, le CDB leur ordonne de rester assis en utilisant le système d'annonce aux passagers (PA, *Public Address*). Les passagers ne semblant pas obtempérer à sa première annonce, il élève la voix pour qu'ils respectent sa consigne. Ne voyant pas d'alarme, le CDB effectue une vérification visuelle extérieure en ouvrant sa porte et ne constate pas d'incendie. Toutefois, voyant de la fumée, qu'il attribue à un écoulement d'huile sur des parties chaudes du moteur, il décide de faire évacuer l'aéronef et demande au copilote d'appliquer la procédure d'évacuation.

L'agent AFIS informe l'équipage par radio que les pompiers sont alertés.

Le copilote ayant éteint les moteurs et atteignant l'étape de la procédure d'évacuation consistant à effectivement commencer l'évacuation des personnes à bord de l'aéronef, le CDB lui dit de faire procéder à l'évacuation uniquement par la porte arrière droite.

Le CDB informe l'agent SSLIA qui s'approche de l'avion que l'évacuation aura lieu par la porte arrière droite de l'appareil.

2 RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES

2.1 Renseignements sur l'aéronef

2.1.1 Généralités

Le DHC-6 400 est la dernière version du Twin Otter. Il est équipé d'une suite avionique Honeywell pour l'instrumentation principale ainsi qu'une partie de l'instrumentation secondaire. Le détenteur du certificat de type est De Havilland Aircraft of Canada Limited.

Le F-OMYS a été intégré dans la flotte de CAIRE en 2019, après sa fabrication.

Le Twin Otter est certifié pour des opérations mono-pilote.

CAIRE exploitait sa flotte DHC-6 en équipage multipilote. Les procédures d'utilisation à deux pilotes du DHC-6 de CAIRE avaient été adaptées du manuel du pilote (POH – *Pilot Operating Handbook*) de De Havilland.

2.1.2 Système de contrôle de la roue avant (NWS – *Nose Wheel Steering*)

2.1.2.1 Description

Le train d'atterrissage du DHC-6 est un train fixe.

L'orientation de la roue avant est contrôlée en poste à partir d'un levier de direction⁶ qui pivote autour du moyeu du volant gauche et qui porte une mention NW STEER, avec des flèches directionnelles R (*right*) et L (*left*).

Deux marques sont positionnées sur le levier de direction, une sur la partie mobile, l'autre sur la partie fixe. L'alignement des marques donne une indication de l'alignement de la roue avec l'axe de l'avion.

⁶ L'orientation de la roue avant n'est pas contrôlée au moyen des palonniers.

Ce levier est disponible uniquement en place gauche, il n'y a pas de commande de NWS en place droite.

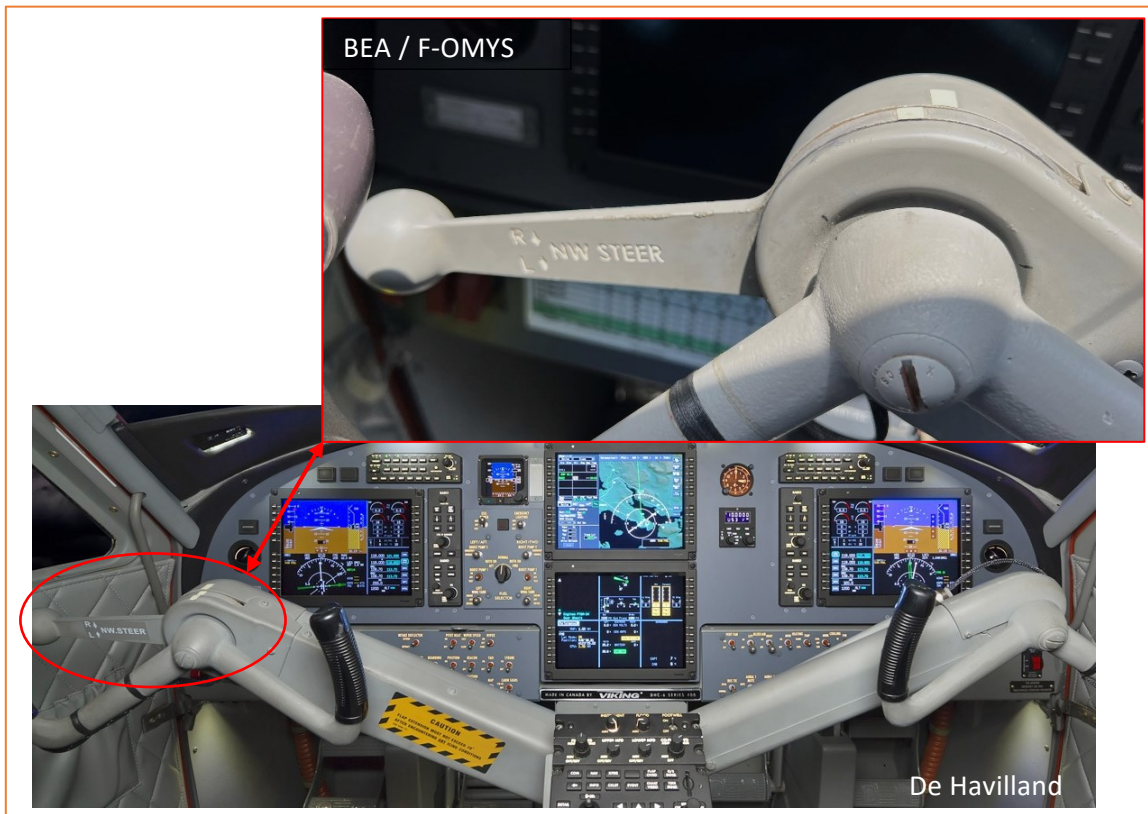


Figure 3 : commande du NWS (Source : De Havilland / BEA)⁷

La roue avant pivote par l'intermédiaire d'un vérin hydraulique monté sur la jambe du train avant.

Le levier de direction est relié par un système de câble et de poulie à un tambour sur la valve de direction du vérin, qui contrôle la direction et l'amplitude de la rotation en réponse au mouvement de haut en bas du levier de direction.

⁷ La photo du BEA sur cette figure montre le levier de direction du F-OMYS. La photo du cockpit de De Havilland montre la vue générale du cockpit d'un autre avion.

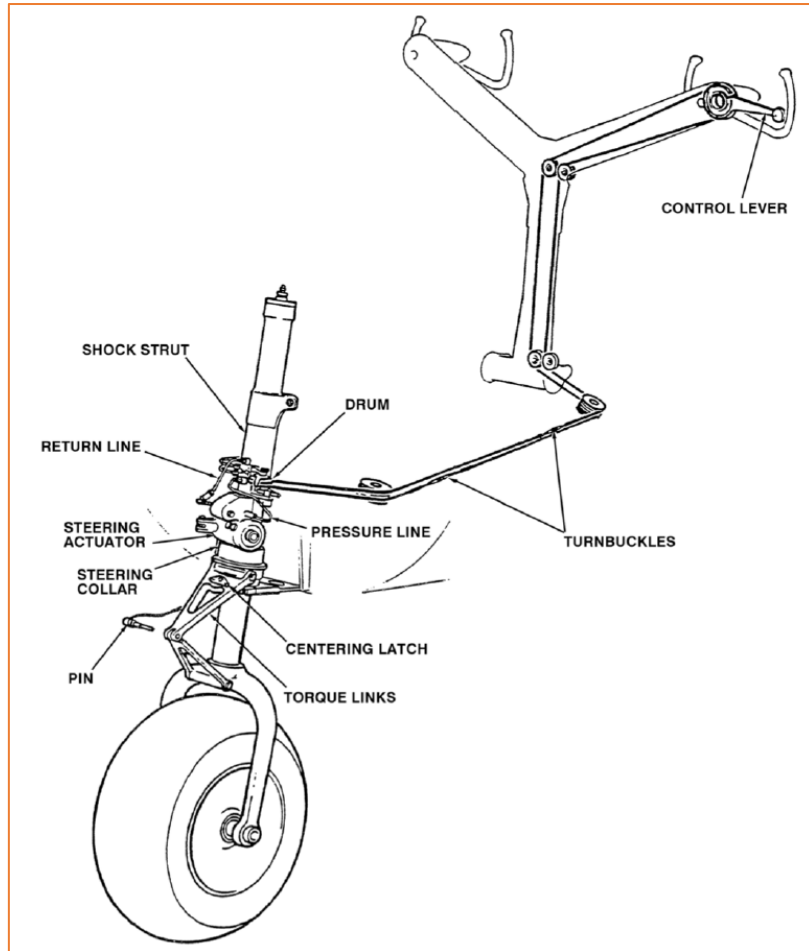


Figure 4 : schéma descriptif du NWS (Source : De Havilland)

Un loquet à ressort assure le verrouillage de la roue avant en position centrée en vol lorsque l'amortisseur est détendu, sous réserve que la roue soit alignée avant la détente de l'amortisseur.

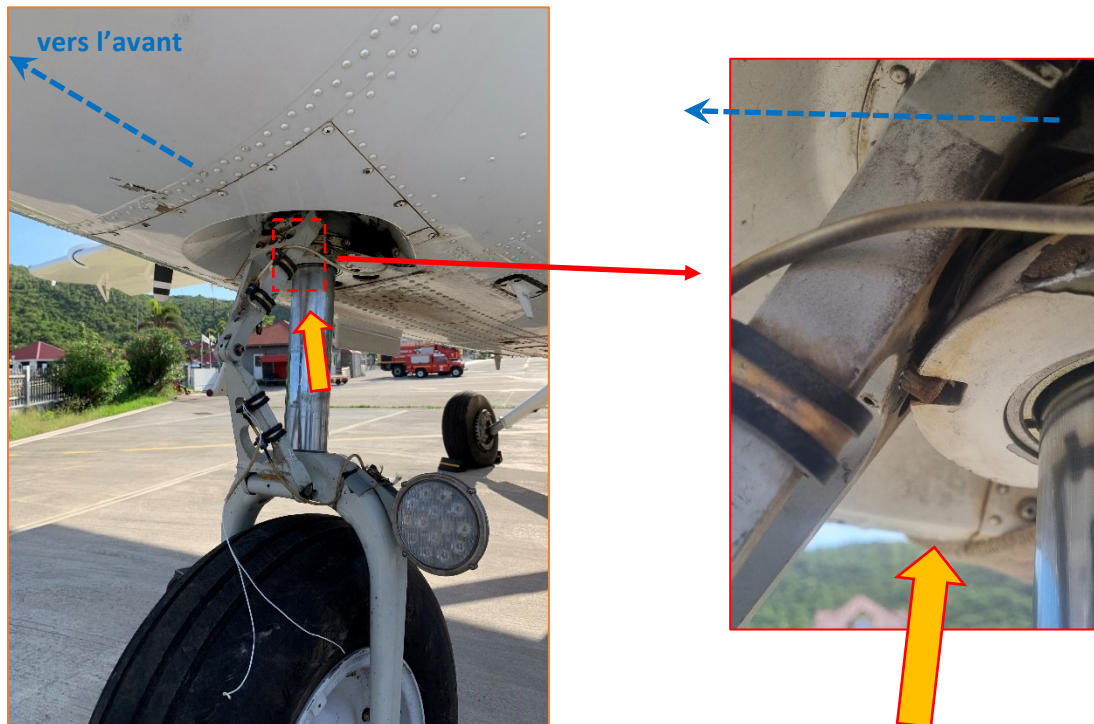


Figure 5 : mécanisme de verrouillage du train avant – loquet à ressort en position train verrouillé⁸
(Source : BEA)

2.1.2.2 Procédures d'utilisation – généralités

D'après le POH, dans la partie « *Safety and Operational Tips* » (sécurité et conseils opérationnels), le NWS est principalement destiné à être utilisé lors de manœuvres sur l'aire de trafic ou sur les aires de stationnement, ainsi que pour les virages serrés entre pistes et voies de circulation.

Pour les phases de décollage ou d'atterrissage, l'utilisation du NWS est déconseillée. Le contrôle de la direction est assuré à l'aide de la gouverne de direction.

2.1.2.3 Procédures au décollage

Il est indiqué dans la partie « *Safety and Operational Tips* » du POH qu'il faut confirmer que la roue avant est axée avant de commencer la course au décollage. Pour cela, il est conseillé, après avoir manœuvré jusqu'à la position de décollage sur la piste, de centrer la roue avant à l'aide de la commande de NWS, puis de laisser l'avion avancer d'environ trois mètres pour confirmer que la roue est correctement centrée.

D'après la partie « Procédures normales » du POH, après le décollage, le pilote doit s'assurer que la roue avant est centrée et verrouillée. Pour cela, il doit, si nécessaire, aligner les marques sur la commande de NWS puis appliquer une légère pression vers le haut et vers le bas sur cette commande pour confirmer que le train avant est verrouillé en position centrale.

Cette action permet de s'assurer que le loquet à ressort (voir § 2.1.2.1) est bien en position verrouillée.

⁸ Pour réaliser cette photo alors que l'avion était au sol, le nez de l'avion a été levé de manière que l'amortisseur du train avant soit détendu.

Cette procédure est décrite dans un amendement temporaire (référéncé TA-31), en date du 2 octobre 2017⁹. La procédure antérieure consistait uniquement à vérifier que la commande du NWS était centrée en alignant les marques si cela était nécessaire.

<p>NOTE: Please see the TEMPORARY AMENDMENT that revises this page.</p> <p>SECTION 4 NORMAL PROCEDURES</p> <p>TC Approved</p> <p>VIKING* DHC-6 SERIES 400</p> <p>4.11 After Take-off</p> <p>⚠ WARNING</p> <p>DO NOT RETRACT FLAPS BEFORE REACHING 400 FEET ABOVE GROUND LEVEL. DO NOT REDUCE POWER FROM THE TAKE-OFF POWER SETTING UNTIL THE FLAPS HAVE FULLY RETRACTED.</p> <p>When clear of obstacles and at least 400 feet above ground level:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Flaps – UP 2 Airspeed – transition to 100 KIAS for best rate of climb, or 87 KIAS for best angle of climb. <p>⚠ CAUTION</p> <p>WHEN DECREASING POWER FROM TAKE-OFF POWER TO CLIMB POWER, REDUCE ENGINE TORQUE BEFORE REDUCING PROPELLER RPM.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3 Power – After flaps have fully retracted, set climb power when safe to do so. Lower power settings than maximum calculated climb power may be selected if desired. 4 Nose wheel steering lever – Centered. Align with index marks if required. 5 VENT FAN – OFF 6 LANDING LIGHTS – OFF 7 PULSE switch – TCAS position 8 Transponder – confirm that transponder has automatically transitioned from GND mode to TA mode. 9 AUTOFEATHER system – OFF. Check SELECTED [SELECT] and ARMED lights out. <p style="text-align: center;">NOTE</p> <p>Propellers may be feathered manually whether the autofeather system is ON or OFF.</p> <p>PSM 1-64-1A Page 4-34</p> <p style="text-align: right;">Revision: 2 16 Oct. 2015</p>	<p>SECTION 4 NORMAL PROCEDURES</p> <p>TC Approved</p> <p>VIKING* DHC-6 SERIES 400</p> <p>4 Nose wheel steering lever – Centered and locked. Align with index marks if required, then apply a slight upward and downward pressure to the nose wheel steering lever to confirm that the nose wheel is locked in the center position.</p> <p>⚠ CAUTION</p> <p>EXCESSIVE PRESSURE ON THE STEERING LEVER WHILE AIRBORNE SHOULD BE AVOIDED IN ORDER TO PREVENT UNNECESSARY LOADS ON THE STEERING LOCK MECHANISM.</p> <p>02 Oct. 2017</p> <p style="text-align: right;">PSM 1-64-1A (TA-31) Page 2 of 2</p>
---	---

Figure 6 : procédure après décollage extraite du POH et son amendement (Source : De Havilland)

Cet amendement n’a pas été intégré dans les procédures normales du manuel d’exploitation de CAIRE pour le DHC-6. Dans ce manuel, la procédure après décollage établit uniquement que le pilote en place gauche doit s’assurer que le NWS est centré et verrouillé en vérifiant que les marques de la commande de NWS sont alignées.

<p>CM1 , Nose Wheel Steering. Centered and locked</p> <p>The CM1 checks that the steering lever index is aligned with the mark on the stick.</p>
--

Figure 7 : procédure après décollage extraite du manuel d’exploitation de CAIRE

La check-list après décollage inclut l’item de vérification correspondant :
« STEERINGCENTERED ».

⁹ Selon DHC, cette procédure reste à l’état d’amendement temporaire tant qu’une révision complète du POH n’est pas publiée.

2.1.2.4 Procédures à l'arrivée

Pendant l'approche, d'après la partie « Procédures normales » du POH, le pilote doit s'assurer que la roue avant est centrée et verrouillée par une méthode similaire à celle utilisée après le décollage. Cette procédure est également décrite dans un amendement temporaire (référéncé TA-32), en date du 2 octobre 2017.

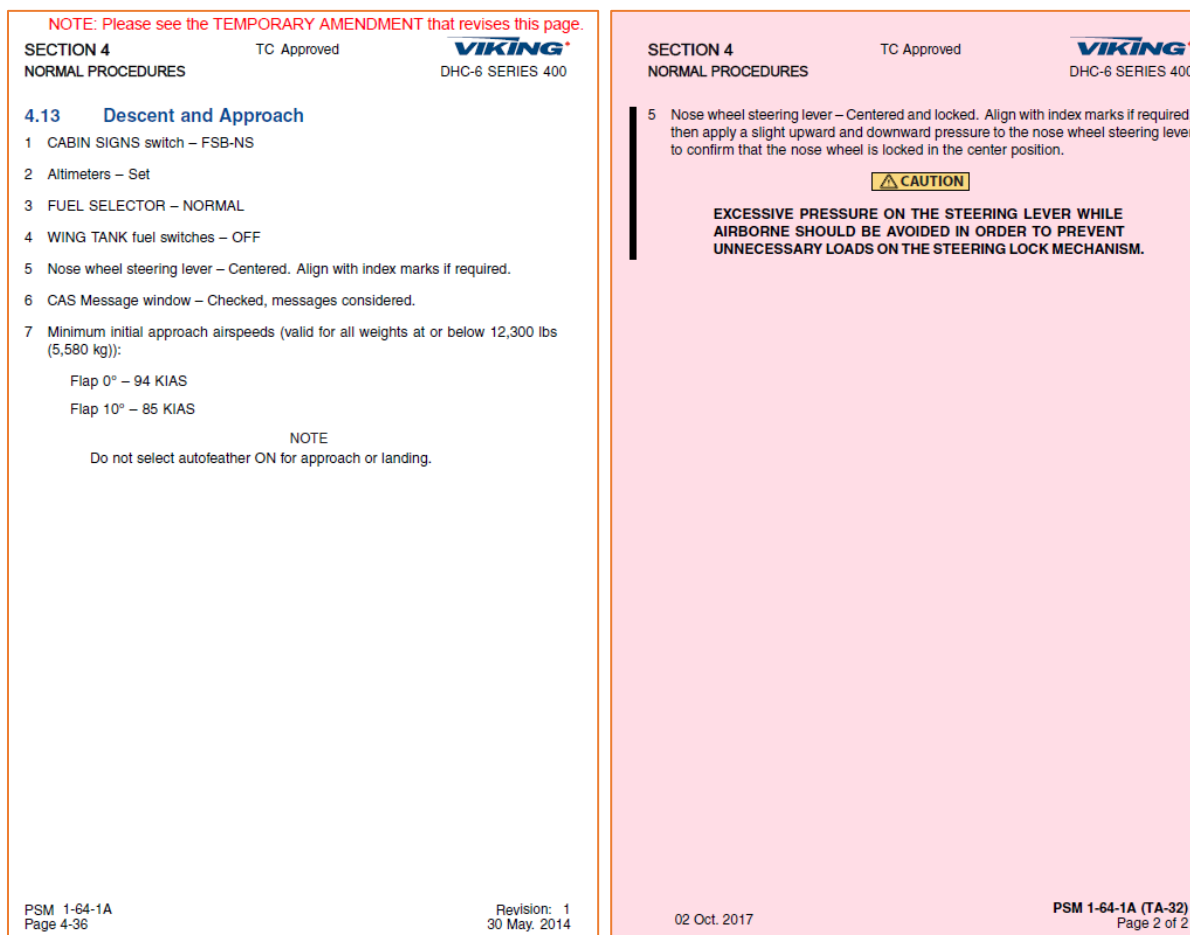


Figure 8 : procédure Descente/Approche extraite du POH et son amendement
(Source : De Havilland)

Les procédures normales du manuel d'exploitation de CAIRE pour le DHC-6 ne contiennent aucune action relative au NWS pendant la descente ou l'approche. La check-list avant atterrissage inclut l'item de vérification « STEERING...CENTERED ».

2.1.2.5 Historique de maintenance

La dernière visite périodique importante¹⁰ était la visite EMMA n° 35¹¹, réalisée du 8 au 11 août 2023. Cette visite comprenait des vérifications sur le train avant et sur le système de contrôle de la roue avant qui n'ont rien révélé de particulier.

¹⁰ À l'exclusion des visites quotidiennes et hebdomadaires.

¹¹ Le système d'inspection EMMA (*Equal Maintenance for Maximum Availability*) est un programme de maintenance développé par le constructeur de Havilland et approuvé par l'autorité de certification Transport Canada. Dans ce système, un certain nombre de cartes de travail individuelles sont spécifiées pour chaque inspection de 125 heures, chacune portant sur un domaine d'inspection distinct de l'avion. Le programme consiste en 48 visites 125 heures, le cycle de révision complète portant ainsi sur 6 000 h.

L'examen du CRM (Compte-Rendu Matériel) de l'aéronef montre les éléments suivants en lien avec le NWS :

Date	Observations	Action de maintenance
14/08/2023	Perte du steering durant l'alignement au décollage - câble NWS retrouvé cassé	Remplacement du câble du NWS
21/08/2023 (14 vols avant le vol de l'accident)	Jeu sur le steering, vibrations durant le décollage – <i>Bearing nyliner of arm to steering actuator</i> trouvé en mauvais état	Remplacement du bearing
22/08/2023 (4 vols avant le vol de l'accident)	Suspicion d'impact aviaire au niveau du train avant, au décollage	Inspection, pas de dommages détectés, nettoyage

L'outil utilisé pour vérifier la tension du câble NWS après le remplacement de ce câble a été référencé dans la page du CRM à la date de l'opération de remplacement, mais la valeur de tension n'a pas été indiquée.

2.1.2.6 Manipulations et essais réalisés après l'accident

Après l'accident, un technicien présent à Saint-Barthélemy, agréé pour des services de maintenance simple pour Air Antilles, est intervenu pour aider à déplacer l'avion. Il a réalisé des vérifications sur le NWS, sous supervision de la gendarmerie présente lors de ces opérations. Il a enlevé la goupille de sécurité pour pouvoir réaliser le tractage et a accédé à la soute du mécanisme de contrôle de direction du train avant pour vérifier la continuité et la tension du câble du NWS¹².

Lorsque les enquêteurs du BEA sont arrivés sur site, 48 heures après l'accident, des essais du NWS et du système de verrouillage du train dans la position centrée ont été réalisés sur la base des tests fonctionnels décrits dans le manuel de maintenance de l'avion. Ces essais n'ont pas mis en évidence de dysfonctionnement particulier.

La position de la commande de NWS est cohérente avec l'orientation de la roue avant. Il a toutefois été noté :

- la possibilité d'avoir un décalage, variable, des marques d'alignement alors que le train était verrouillé dans la position centrée par le loquet à ressort (voir **Figure 9**) ;
- la possibilité d'avoir les marques alignées alors que le train avant n'était pas verrouillé dans la position centrée par le loquet à ressort (voir **Figure 10**).



Figure 9 : photos de la commande du NWS alors que le train est verrouillé dans la position centrée (Source : BEA)

¹² Cette vérification de la tension a été réalisée sans outillage particulier. Elle a été filmée et l'enregistrement de cette manipulation a été fourni au BEA.



Figure 10 : photo de la commande du NWS alignée prise alors que le train n'est pas verrouillé dans la position centrée (Source : BEA)

Lorsque des moyens ont été mis en place en novembre 2023 pour démonter l'avion pour son transport, des essais supplémentaires ont été réalisés par des techniciens de De Havilland, en présence de la gendarmerie, et selon un protocole validé par le BEA.

Lors de ces tests, il a été noté que la tension du câble de liaison entre la commande de NWS et le vérin était insuffisante¹³. Il n'a pas été possible de déterminer l'origine de ce niveau de tension insuffisante.

Selon De Havilland, une tension insuffisante du câble de NWS peut conduire à un décalage comme décrit ci-dessus, avec les marques alignées alors que le train n'est pas centré. Dans ce cas, si une vérification du verrouillage n'est pas réalisée conformément aux procédures amendées, l'orientation de la roue peut changer pendant le vol.

2.1.3 Évacuation

Le DHC-6 est pourvu de six portes pour l'accès ou la sortie des personnes à bord :

- deux portes d'accès au poste de pilotage, une de chaque côté ;
- deux portes d'accès à la cabine passager, de chaque côté : la porte de gauche est double et sert normalement à l'embarquement ou au débarquement des passagers. La porte droite est simple ;
- deux portes d'évacuation d'urgence, une de chaque côté, en partie avant de la cabine passager.

¹³ Les valeurs de tension mesurées étaient de l'ordre de 10 lb pour une valeur nominale de 40 lb dans les conditions du jour.

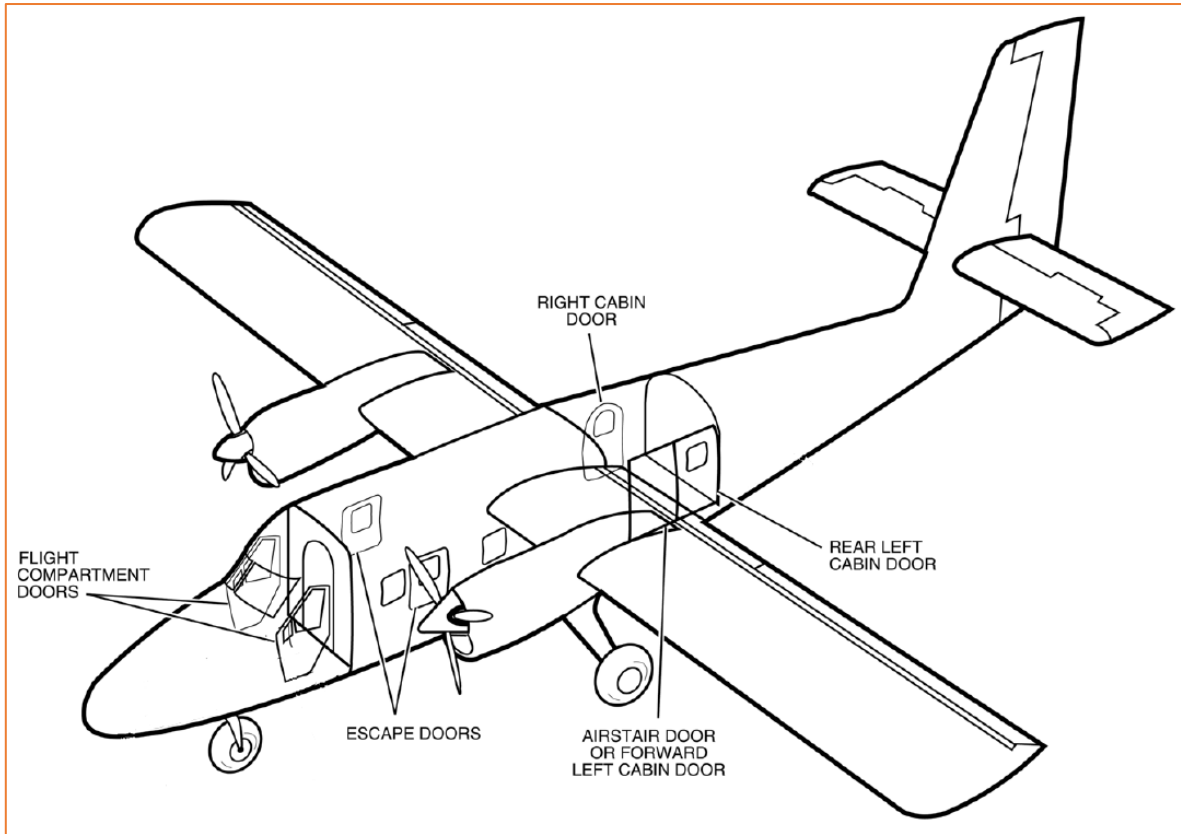


Figure 11 : portes du DHC-6 (Source : De Havilland, modifié par le BEA)

2.2 Renseignements sur le site et l'épave

Les marques laissées par les roues de l'avion le long de sa trajectoire au sol, dès le toucher des roues, mettent en évidence un marquage prononcé de la roue avant, cohérent avec le dérapage de cette roue lié à son non-alignement sur la trajectoire. Aucune particularité similaire n'a été notée sur les traces laissées par les roues des trains principaux.



Figure 12 : trace de la roue avant (Source : BEA)

L'aile gauche du DHC-6 est arrachée, retenue par le hauban et les bielles de commande et autres flexibles de liaison. Des endommagements sont visibles sur le bord d'attaque, correspondant au point de contact avec l'hélicoptère. L'hélice gauche présente des déformations liées au contact avec le sol.

L'hélicoptère a été considéré comme non réparable économiquement.

2.3 Renseignements sur l'aéroport

L'aéroport de Saint-Barthélemy est un aérodrome à usage restreint, réservé aux aéronefs de caractéristiques et de performances appropriées et aux pilotes autorisés. Il dispose d'une piste 28-10 revêtue de 646 m de longueur et de 18 m de largeur.

Une aire de stationnement pour hélicoptère est située à l'extrémité est de l'aire de trafic (mention « P HEL » sur la **Figure 13**).

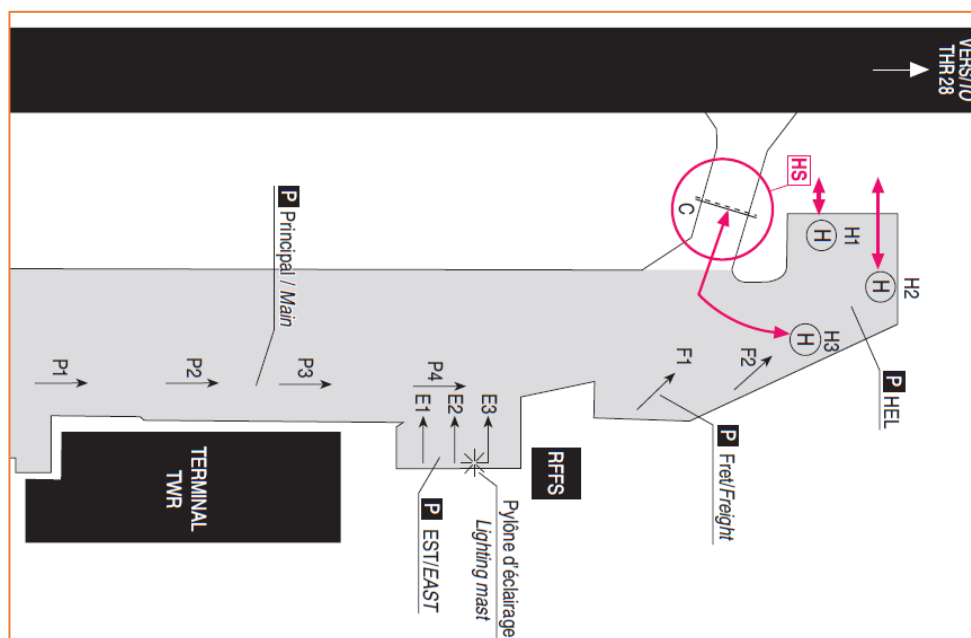


Figure 13 : extrait du plan de l'aire de trafic (Source : AIP)

Étant à 30 m de l'axe de piste, la position de cette aire est conforme aux normes de certification d'aérodrome applicables¹⁴ à l'aéroport de Saint-Barthélemy, car elle n'empiète pas sur la bande aménagée¹⁵, dont la largeur minimale est de 60 m. Le positionnement du panneau de direction indiquant l'embranchement avec la voie de circulation est également compatible avec les normes liées à la présence d'objets sur cette bande.

¹⁴ Arrêté « CHEA » du 28 août 2003 modifié relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes (<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LEGITEXT000005657923>).

¹⁵ Pour un aérodrome tel que celui de Saint-Barthélemy, la piste n'étant pas exploitée aux instruments, il n'existe pas de largeur minimale pour la bande de piste, mais uniquement une largeur minimale de la bande aménagée. Il en résulte que, du point de vue latéral, la bande de piste est confondue avec la bande aménagée.

2.4 Renseignements météorologiques

Le message d'observation météorologique automatique de 15 h 30 sur l'aéroport de Saint-Barthélemy contenait les informations suivantes :

- vent du 020° pour 8 kt ;
- température 34 °C, Point de rosée 27 °C ;
- QNH 1 013.

Le vent annoncé à l'équipage par l'agent AFIS avant l'atterrissage à 15 h 40 était du 030° pour 7 kt.

L'examen des images de vidéosurveillance de l'aérodrome, sur lesquelles apparaît la manche à air située à proximité du seuil 28, permet de confirmer que le vent était faible au moment de l'atterrissage.



*Figure 14 : position de la manche à air au moment de l'atterrissage du F-OMYS
(Source : Collectivité de Saint-Barthélemy)*

2.5 Renseignements sur les membres d'équipage

2.5.1 Commandant de bord

2.5.1.1 Qualification et expérience

Le CDB, âgé de 33 ans, est titulaire d'une licence CPL(A) depuis décembre 2013, ainsi que d'une licence d'instructeur FI(A).

Le jour de l'accident, il totalisait 4 538 heures de vol, dont 3 208 sur DHC-6, dont 1 109 en qualité de commandant de bord sur le type. Dans les 30 derniers jours, il avait réalisé 58 heures de vol, toutes dans le cadre des opérations pour CAIRE.

Il a obtenu la qualification de type DHC-6 en juin 2018. Cette qualification a été réalisée pour CAIRE au sein de l'ATO Aéropyrénées. Les vols pour l'obtention de cette qualification étaient effectués en opération mono-pilote, en place gauche, avec un instructeur en place droite.

Il était passé commandant de bord sur DHC-6 en janvier 2022, au sein de CAIRE, et exerçait cette fonction depuis cette date.

2.5.1.2 Activité dans les jours précédents

Dans le compte-rendu d'événement que le CDB avait rédigé pour cet accident, celui-ci avait coché la case « fatigue ». Il exprimait dans ce rapport être « un peu fatigué »¹⁶, indiquant comme raison à cette fatigue une privation de sommeil, et comme facteurs à cet état de fatigue la préoccupation par rapport à la situation de la compagnie, l'impact de cette situation sur le versement des salaires, ses responsabilités domestiques et un sentiment d'obligation de voler en lien avec la situation de la compagnie.

Les éléments suivants sont issus de son témoignage.

Après quatre jours de repos, il avait eu un « jour blanc »¹⁷ le 22 août, pendant lequel il n'avait pas été activé. Il s'était couché vers 22 h ce jour-là, mais avait été réveillé vers minuit. Il s'était recouché vers 0 h 30 puis s'était réveillé vers 5 h pour réaliser une journée de vols, constituée de trois allers-retours entre PTP et SBH. Le service avait débuté à 6 h 30, le premier vol étant programmé à 7 h 15. Le dernier vol s'était terminé à 17 h et il s'était couché vers 22 h. Il pense avoir mis du temps à s'endormir, peut-être vers 0 h 30.

Le jour de l'accident, il s'était réveillé à 5 h. Le service débutait à 6 h 30, le premier vol étant programmé à 7 h 15.

2.5.1.3 Témoignage

Le CDB explique que les premiers vols de la journée se sont déroulés de manière habituelle, sans événement particulier. Il se rappelle avoir discuté avec le copilote pendant les vols de la situation de la compagnie, de l'impact pour les grévistes sur leur salaire (voir § 2.7.3), ainsi que de la fatigue liée à la perturbation du sommeil de ces dernières nuits le concernant. Ils ont eu également des discussions approfondies sur des sujets de société.

Il indique que pour l'approche du vol de l'événement, les conditions ne présentaient pas de difficultés particulières.

Concernant la douleur à l'oreille ressentie pendant le virage de 360° à l'approche de l'étape de base, il explique qu'il a occasionnellement de la gêne pendant la descente. Cette fois-ci, il a senti une douleur plus vive. Il a réussi à compenser, mais a gardé un léger sentiment d'inconfort. Il estime cependant que cela ne l'a pas gêné par la suite.

Il ajoute qu'après l'accident, il ne se rappelait plus s'ils avaient fait la check-list avant atterrissage.

Concernant la procédure de vérification du NWS, il explique qu'il réalise une vérification visuelle de l'alignement des marques sur la commande de NWS. Il indique qu'il y a du jeu sur la commande et que parfois il y a un léger décalage entre les marques. Il ajoute que les marques du NWS sont dans son champ de vision lorsqu'il regarde le PFD et qu'il pense qu'il aurait remarqué si les marques n'étaient pas alignées pendant le vol.

¹⁶ Choix « *slightly tired* » parmi un menu déroulant d'option.

¹⁷ Cette journée apparaît comme « journée de dispersion » dans le planning du CDB fourni par CAIRE au BEA. Ces termes ne sont pas décrits dans le manuel d'exploitation de CAIRE. Le CDB a expliqué aux enquêteurs qu'un jour blanc était une journée pendant laquelle un membre d'équipage pouvait être activé avec un préavis de 12 heures.

Au moment de virer en finale, estimant qu'il était un peu haut, il a un peu piqué pour rattraper le plan et se donner du temps pour stabiliser sa vitesse. Il pense que c'est pour cela que l'alarme « SINK RATE » s'est déclenchée. Il estime qu'après cette correction, ils étaient sur le plan d'approche, bien axés et avec la vitesse d'approche. Il indique qu'ils étaient stabilisés.

Il mentionne avoir fait un usage asymétrique des inverseurs de traction durant la course au sol, mais ne se rappelle pas dans quel sens les avoir appliqués.

Il explique qu'il sait qu'il ne faut pas utiliser le NWS au décollage ou à l'atterrissage. Il a connaissance de l'incident survenu dans la compagnie en 2022 lié à son utilisation pendant le roulement au décollage. Pour cette raison, pendant la course à l'atterrissage, il a commencé par utiliser la commande de NWS de manière modérée. Mais il avait l'impression que la commande était très dure. Il a fini par l'empoigner pour la soulever de toutes ses forces.

Concernant la décision d'évacuer l'avion uniquement par la porte arrière droite, il a considéré qu'il serait inopportun d'utiliser les portes secondaires d'évacuation, qui sont plus petites, en raison du faible nombre de passagers et de l'âge de certains d'entre eux. Il a également privilégié l'évacuation côté droit en raison des dégâts sur le côté gauche de l'avion et du risque associé de départ d'incendie qui en découlait.

Concernant la documentation¹⁸, le CDB explique qu'il utilise le manuel de l'exploitant pour réviser les procédures opérationnelles. Il utilise le POH de De Havilland pour réviser les chapitres sur les systèmes et sur les performances.

Il pense que le sujet de la double vérification du NWS, visuelle et tactile, n'a pas été évoqué pendant son dernier entraînement périodique. Il ajoute qu'on le lui a peut-être expliqué lorsqu'il a passé la qualification de type sur DHC-6 en 2018, mais il n'en a pas le souvenir. Il ne se rappelle pas qu'un instructeur lui ait fait une remarque sur son application de la procédure pendant ses vols ou séances de simulateur, en entraînement, en AEL ou en test.

2.5.2 Copilote

2.5.2.1 Qualification et expérience

Le copilote, âgé de 23 ans, est titulaire d'une licence CPL(A) depuis mai 2020.

Le jour de l'accident, il totalisait près de 1 150 heures de vol, dont 950 sur DHC-6. Dans les 30 derniers jours, il avait réalisé 67 heures de vol.

Il a obtenu la qualification de type DHC-6 en février 2022 dans le cadre de son embauche par CAIRE. Cette qualification a été réalisée pour CAIRE au sein de l'ATO EPAG NG.

¹⁸ Les versions des documents utilisés par le CDB pour ses révisions personnelles ont été vérifiées en cohérence avec les procédures décrites au § 2.1.2 : elles présentent les mêmes différences entre manuel de l'exploitant et POH qu'indiqué dans ce chapitre.

2.5.2.2 Activité dans les jours précédents

Le 21 août, le copilote avait réalisé deux rotations entre PTP et SBH. Les 22 et 23 août, selon sa programmation, il était de « dispersion », mais n'avait pas été activé.

2.5.2.3 Témoignage

Le copilote indique qu'il n'était pas fatigué physiquement le jour de l'accident. Il sentait toutefois une fatigue morale par rapport à la situation de la compagnie.

Le témoignage du copilote sur le déroulement du vol est cohérent avec celui du CDB.

Il précise que pendant le roulement à l'atterrissage, il n'a pas touché aux commandes, mais lorsqu'ils approchaient de l'hélicoptère, il a mis les pieds sur les freins.

Il exprime avoir ressenti des difficultés à gérer les passagers pendant l'évacuation, expliquant qu'ils ne suivaient pas ses consignes.

Il ajoute qu'après l'accident, il ne se rappelait plus s'ils avaient fait la check-list avant atterrissage.

Concernant la procédure de vérification du NWS, il explique qu'il s'agit d'une vérification visuelle. Il a constaté que certains CDB touchent le levier du NWS pour cette vérification. Lorsqu'il est PM et qu'il lit la check-list, il fait également une vérification visuelle de l'alignement des marques depuis sa place.

2.5.3 Fatigue

L'examen des temps de service, de vol et de repos de chacun des membres d'équipage, fournis par l'exploitant aux enquêteurs après l'accident, n'a pas mis en évidence de dépassement des limitations réglementaires.

Cependant, certains termes utilisés dans la programmation des équipages ne sont pas définis dans le manuel d'exploitation (journée de dispersion) et les entretiens avec l'équipage ont mis en évidence d'autres termes qui n'apparaissent ni dans le manuel d'exploitation ni dans la programmation.

Les éléments de témoignages concernant l'activité du CDB, ses temps de sommeil et les perturbations de ces temps de sommeil dans les jours précédents (voir § 2.5.1.2) mettent en évidence un déficit de sommeil.

Le copilote n'a pas exprimé de sentiment de fatigue physique. Il a toutefois exprimé une fatigue morale liée à la situation de la compagnie.

2.6 Exploitation des enregistrements

2.6.1 Enregistreurs de vol

L'avion était équipé de deux enregistreurs de vol (FDR et CVR) conformément à la réglementation en vigueur, ainsi que d'un enregistreur de données de vol IONode dont l'enregistrement est utilisé par l'exploitant pour réaliser l'analyse systématique des données de vol.

2.6.1.1 Exploitation de l'enregistrement de données de vol (FDR)

La position de la roue avant et celle de la commande de NWS ne sont pas enregistrées.

En raison du faible échantillonnage d'enregistrement des paramètres moteur (une valeur par seconde) et de l'absence d'enregistrement¹⁹ de certaines données (pas de l'hélice, position des manettes de commande du moteur et de l'hélice), il n'a pas été possible de déterminer le côté d'application des inverseurs de traction.

Des difficultés ont été rencontrées lors du décodage des paramètres du FDR. Ces difficultés ainsi qu'une évaluation des références réglementaires associées à cette problématique sont décrites au § 2.6.3.

2.6.1.2 Exploitation de l'enregistrement phonique

Sur l'enregistrement CVR, on entend de brefs crissements de pneus suivis d'un crissement continu de 3,5 s s'interrompant brusquement. Cette durée est cohérente avec le temps de parcours de la roue avant sur la piste, avant le passage sur l'herbe.

L'examen des conversations enregistrées sur le CVR met également en évidence des discussions sans lien avec le vol pendant la phase de cockpit stérile, sous 5 000 ft (voir § 2.7.5), comme illustré sur la **Figure 15**. Sur les 8 min 46 passées sous cette altitude, moins de 42 % du temps est occupé par des locutions techniques en lien avec le vol ou par l'absence de conversation, 58 % du temps est consacré à des conversations sans lien avec le vol. Les temps de silence sont quasi inexistant.

¹⁹ L'enregistrement de ces paramètres n'est pas obligatoire réglementairement pour ce type d'avion.

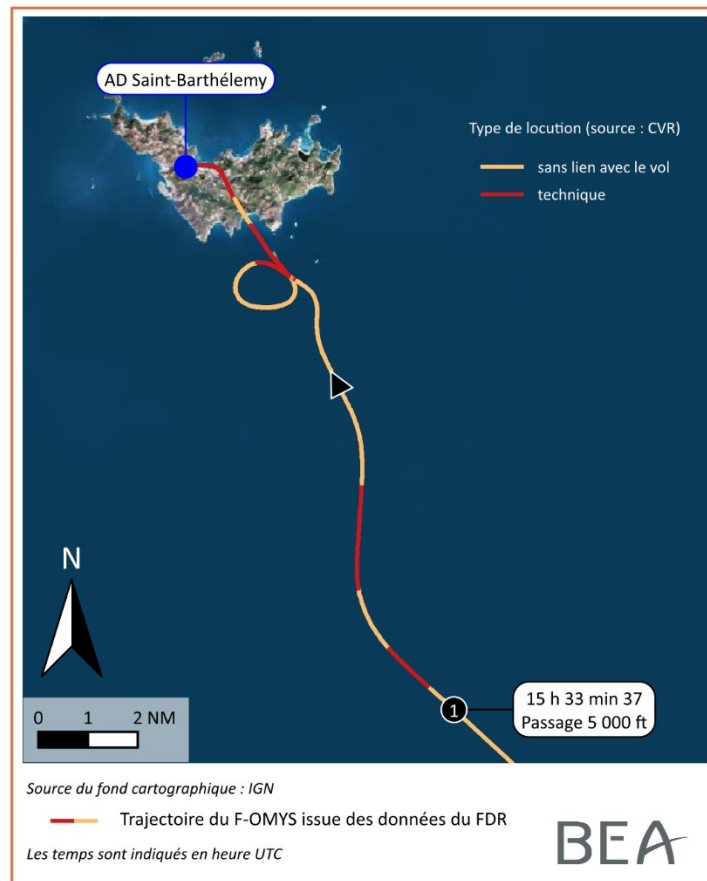


Figure 15 : trajectoire du F-OMYS, nature des conversations au cours du vol

2.6.2 Enregistrements vidéo

Les fichiers de vidéosurveillance ont été récupérés auprès de l'exploitant d'aérodrome. L'examen des vidéos a permis de compléter la compréhension de l'événement et de confirmer certains éléments parmi lesquels :

- la position de l'avion au point de toucher sur la piste et sa trajectoire sur la piste, permettant d'affiner les calculs de trajectoire basés sur l'enregistrement des paramètres ;
- la roue avant était orientée vers la gauche pendant la courte finale et au moment de l'atterrissage (donnée non enregistrée sur le FDR) ;
- la position de la manche à air au moment du toucher (voir § 2.4).

La Figure 14 illustre ces aspects.

Concernant l'orientation de la roue observée sur les images, les tests effectués sur le NWS (voir § 2.1.2.6) ont montré une cohérence entre la position de la commande du NWS et l'orientation de la roue, malgré la tension insuffisante du câble du NWS et les jeux constatés pendant les tests au sol. Ainsi, le désaxage important observé sur les images implique que les marques de la commande du NWS étaient significativement décalées à ce moment du vol.

2.6.3 Documentation de décodage des enregistreurs de données de vol

Pour répondre à l'exigence d'emport d'un FDR sur les avions de type DHC-6 400, mise en place par exemple en Europe par l'AESA pour les avions de ce type dont le premier certificat de navigabilité individuel a été émis après le 1^{er} avril 1998, De Havilland a choisi une solution intégrée que constitue la suite avionique Primus Apex d'Honeywell.

2.6.3.1 Difficultés rencontrées

Après l'accident, De Havilland a fourni au BEA une documentation de décodage générique, relative à la suite avionique Primus Apex d'Honeywell. Cette documentation n'était pas spécifique à l'installation sur l'avion : elle présentait un nombre bien plus important de paramètres que ceux réellement enregistrés, et des informations essentielles étaient manquantes (telles que des conventions de signe et la définition des paramètres discrets). Un document complémentaire, établi dans le cadre de la certification de l'installation de cette suite avionique sur les avions de type DHC-6 400, présentant les données de corrélation pour certains paramètres, a également été fourni par De Havilland. Ces deux documents n'ont pas suffi à réaliser un décodage et une analyse efficaces des données FDR dans le cadre de l'enquête de sécurité.

Au cours de l'enquête, le BEA a contacté ses homologues canadiens, taiwanais et d'un autre pays tiers²⁰, qui ont confirmé avoir eu des difficultés similaires pour le décodage de FDR équipant des DHC-6 400 au cours d'enquêtes.

Au terme de l'enquête sur le F-OMYS, la liste exacte des paramètres enregistrés n'a pas pu être déterminée ni confirmée par le constructeur de l'avion. De Havilland a confirmé que la documentation nécessaire n'avait pas été produite pour la série DHC-6 400.

De Havilland a informé le BEA qu'il traite actuellement cette problématique à travers une revue des installations FDR sur DHC-6 400. Cette revue devrait conduire, en 2026, à la publication d'un document contenant les informations nécessaires et suffisantes au décodage des enregistrements FDR sur ce type avion.

2.6.3.2 Exigences réglementaires

La partie 1 de l'Annexe 6 de l'OACI relative à l'« Exploitation technique des aéronefs » applicable à l'aviation de transport commercial international établit dans l'Appendice 8 « Enregistreurs de bord » des exigences relatives à la documentation de décodage des FDR.

Parmi celles-ci, il est indiqué que, d'une part, le constructeur de l'enregistreur doit fournir à l'autorité de certification compétente les informations de décodage des paramètres et que, d'autre part, l'exploitant doit tenir à jour une documentation de décodage du FDR suffisante pour garantir que les autorités chargées d'enquêter sur les accidents disposent des renseignements nécessaires pour le décodage des données.

Le règlement (UE) n° 965/2012 dit « AIR-OPS »²¹ reprend la norme OACI concernant le suivi de la documentation par l'exploitant dans l'annexe IV (Part-CAT), CAT.GEN.MPA.195 (*Handling of flight recorder recordings: preservation, production, protection and use*).

Concernant la conception de cette documentation, l'AESA a émis un Bulletin d'information de sécurité (SIB) en janvier 2015 (SIB 2009-28R1) contenant une recommandation à ce sujet. Celle-ci, applicable à tous les aéronefs en service équipés d'enregistreur de vol, recommande aux titulaires de certificat de type de fournir aux exploitants européens les informations nécessaires au décodage des enregistrements de données.

²⁰ Par respect des règles de confidentialité exigées par ce pays, la nationalité n'est pas indiquée.

²¹ Règlement de la Commission du 5 octobre 2012 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables aux opérations aériennes ([Version en vigueur le jour de l'accident](#)).

Parmi les raisons justifiant cette recommandation, sont mentionnées :

- la problématique de documentation incomplète ou inexacte identifiée par les autorités d'enquêtes,
- dans ce cas, l'impossibilité pour les exploitants d'aéronefs concernés de satisfaire au règlement européen leur demandant d'assurer un suivi de cette documentation.

L'application de cette recommandation n'est pas obligatoire.

En 2020, l'amendement 26 aux spécifications de certification CS-25²² a introduit, comme moyen acceptable de mise en conformité (AMC²³ 25-1459), la mention selon laquelle les instructions pour le maintien de la navigabilité (ICA²⁴) doivent inclure :

- les vérifications d'étalonnage des paramètres des capteurs dédiés à l'enregistreur de données de vol afin de vérifier l'exactitude de ces paramètres ; et
- la documentation de décodage du FDR.

Cette mention est accompagnée d'une description de la documentation attendue (format et contenu).

Ces amendements ne sont pas rétroactifs et il n'existe pas de disposition équivalente à l'AMC 25-1459 pour les avions relevant des exigences CS-23²⁵, comme c'est le cas d'avions certifiés en Europe de catégorie équivalente à celle du DHC-6. Le sujet a été pris en compte uniquement pour les avions relevant des exigences CS-25, car ce sont ceux pour lesquels les principales difficultés ont été rencontrées et remontées par les autorités d'enquête et les exploitants²⁶.

Ainsi, à ce jour, la réglementation européenne n'indique pas que la documentation relative au décodage des données FDR doit être produite pour les avions de catégorie normale (ni pour les aéronefs de catégorie CS-25 certifiés avant décembre 2020).

Le DHC-6 400 a été certifié par l'autorité du Canada en charge de l'Aviation civile (TCCA²⁷) en 2010, sur la base des exigences de certification en vigueur en 2007²⁸.

TCCA a informé que le Règlement de l'Aviation Canadien (RAC) exige que l'installateur fournisse un rapport contenant des informations pour la conversion des données enregistrées en valeurs exploitables afin d'obtenir l'approbation de l'installation (AWM²⁹ 551.100(d)(4)(i)(A)). Cette exigence s'applique à l'installation initiale du FDR. Elle est entrée en vigueur en 2009 et les installations antérieures à cette date, comme celle du DHC-6 400, n'étaient pas soumises à cette exigence.

²² Exigences applicables aux avions dont la masse maximale au décollage est supérieure à 5 670 kg.

²³ *Means of Compliance*.

²⁴ *Instructions for Continued Airworthiness*.

²⁵ Exigences applicables aux « avions de catégorie normale, utilitaire, acrobatique et de transport régional ».

²⁶ Une modification équivalente a concerné les spécifications de certification CS-29 applicables aux hélicoptères de grande capacité.

²⁷ *Transport Canada Civil Aviation*.

²⁸ Date de dépôt du dossier de certification.

²⁹ *Airworthiness Manual*.

2.7 Renseignements sur l'exploitant

2.7.1 Généralités

CAIRE (Compagnie Aérienne Inter Régionale Express) était une compagnie composée de deux entités commerciales, Air Antilles et Air Guyane Express.

La flotte était composée d'avions de type ATR 42, ATR 72, DHC-6 300 et 400, Cessna Caravan et Let 410.

Les opérations de transport de passagers vers Saint-Barthélemy étaient réalisées uniquement avec les DHC-6 400³⁰.

2.7.2 Surveillance de l'exploitant par l'autorité

Un audit portant sur l'organisation et la sécurité des vols de CAIRE, conduit par la DSAC en avril 2016, avait mis en évidence des non-conformités aux exigences règlementaires de l'AIR-OPS. Certains dysfonctionnements avaient été considérés comme significatifs. Ils concernaient :

- le système de gestion, sur des aspects tels que la gestion du risque, l'entraînement du personnel et le suivi de conformité ;
- le temps consacré par les responsables désignés à leurs tâches de management ;
- des dépassements répétés de temps de service des personnels navigants.

Plusieurs des constatations réalisées au cours de cet audit ayant déjà fait l'objet de notifications au cours d'actions de surveillance antérieures, il avait été considéré que les actions mises en œuvre par l'exploitant depuis ces notifications se révélaient inefficaces. Pour ces raisons, CAIRE avait été placé sous surveillance renforcée en mai 2016. Cette surveillance renforcée consistait en une réduction de la durée du cycle de surveillance et une augmentation du nombre de contrôles en vol et au sol pendant les escales.

Le BEA a demandé à la DSAC une analyse des non-conformités liées aux aspects documentaires concernés par les exigences de l'AIR-OPS (maîtrise, mise à jour et suivi de cohérence documentaire). Cette analyse met en évidence que l'aspect documentaire était une faiblesse identifiée de CAIRE. Cependant, depuis la mise sous surveillance renforcée, il avait été constaté une amélioration continue, illustrée par une baisse relativement constante du nombre de constatations de non-conformités sur ce sujet depuis 2017.

2.7.3 Situation de la compagnie au moment de l'accident

Des pilotes du groupe CAIRE étaient en grève depuis le 14 juillet 2023. Un préavis de grève avait été déposé par un syndicat de personnel navigant commercial le 25 juillet 2023. Le lendemain, CAIRE s'était déclaré en situation de cessation de paiement. Le 2 août 2023, CAIRE avait été placé en liquidation judiciaire avec poursuite d'activité par le tribunal de commerce de Pointe-à-Pitre. Le mouvement de grève avait été suspendu à la suite de cette liquidation.

Le tribunal avait donné deux mois à CAIRE pour trouver un repreneur, l'échéance étant fixée au 1^{er} octobre 2023.

³⁰ CAIRE n'avait pas l'approbation pour les opérations d'approche à forte pente (exigence CAT.POL.A.245 de l'AIR OPS) pour le DHC-6 300.

2.7.4 Entretiens avec certains responsables désignés

Des entretiens ont été réalisés avec le Responsable de la Formation des Équipages (RDFE) et avec le chef de secteur DHC-6, également instructeur et examinateur.

Concernant l'entraînement des équipages, le NWS était abordé sur le cycle de connaissance théorique 2022-2023, avec un point d'attention particulier lié à un événement³¹ survenu en décembre 2022. Ce point soulignait le risque lié à l'utilisation du NWS pendant la course au décollage ou à l'atterrissage.

Le chef de secteur explique que la spécificité de la vérification du NWS sur DHC-6, à la fois visuelle et par action sur la commande, fait partie de la connaissance du système. Il lui paraît évident que les équipages connaissent cet aspect. Il ne le considère pas comme un point d'attention particulier au niveau des sessions d'entraînement en vol ou en simulateur. Il ajoute qu'il a été surpris lorsqu'après l'accident, un autre commandant de bord de la flotte DHC-6 lui a indiqué qu'il faisait également uniquement la vérification visuelle, sans agir sur la commande.

Le chef de secteur ajoute qu'il lui est arrivé de constater que la roue avant n'était pas centrée en vol. Il l'avait associé à un mauvais verrouillage du NWS.

Aucune explication n'est fournie quant à l'absence de l'intégration des amendements temporaires TA-31 et TA-32 dans le manuel de l'opérateur. Sont évoqués des facteurs tels que les changements de personnel au cours des années qui ont suivi la publication de ces amendements, ainsi que les modifications des processus de veille règlementaire au gré de ces changements de personnel.

2.7.5 Règle de cockpit stérile

Selon la partie du manuel d'exploitation relative au DHC-6, la règle de cockpit stérile pour les opérations de CAIRE sur ce type d'avion s'applique entre le sol et 5 000 ft³², et pendant les phases critiques du vol (décollage, approche, atterrissage, remise de gaz). Pendant ces périodes où la règle s'applique, « les conversations et annonces [doivent être] limitées au minimum nécessaire à la bonne exécution de la manœuvre en cours (check-lists et briefings) ».

2.8 Événements similaires

Le BEA a passé en revue les cas de sortie latérale de piste de DHC-6 sur une période allant de dix ans avant le changement de procédure en 2017 jusqu'à la date de l'accident³³. Les événements pour lesquels une cause probante est établie, non analogue au cas de l'accident du F-OMYS, ont été écartés.

Cinquante-quatre événements ont été répertoriés. Ces événements n'ont pas tous fait l'objet d'enquête. Seuls neuf rapports d'enquête, trois rapports préliminaires et un rapport interne de l'exploitant ont pu être obtenus.

³¹ Une sortie de piste au décollage avait eu lieu en raison, notamment, de l'utilisation du NWS pendant le roulage au décollage.

³² La règle de cockpit stérile utilisée par l'exploitant de manière générale, figurant dans la partie A du manuel d'exploitation, est la règle des 10 000 ft.

³³ Cette revue s'appuie sur la liste d'événements fournie par De Havilland, basée sur les notifications reçues des autorités d'enquête ou des opérateurs, et a été complétée d'informations disponibles par ailleurs.

Vingt et un cas de sortie latérale de piste sont postérieurs à la publication de l'amendement du POH.

Sur vingt-cinq cas pour lesquels l'information est disponible, on dénombre deux cas sans dommages à l'aéronef, six cas avec des dommages mineurs et dix-huit cas avec des dommages substantiels.

Du point de vue des conséquences humaines, sur vingt-cinq cas pour lesquels l'information est disponible :

- dans un seul cas, il est fait état d'une conséquence mortelle portée sur un tiers (la personne se trouvait à l'extérieur de l'avion, à proximité de la piste) ;
- dans trois cas, il y a eu des blessures mineures pour les personnes à bord.

Parmi les rapports disponibles, on note les cas suivants :

Date	Immatriculation		Lien vers le rapport
26/08/2015	9M-SSB	L'interview de l'équipage a mis en évidence que le CDB s'est rendu compte que le train avant était orienté à gauche en fin d'événement	Rapport de l'exploitant non public
28/08/2015	JA201D	Probabilité de vérification uniquement visuelle de l'alignement du NWS après décollage. Forte probabilité d'oubli de la liste de vérification avant atterrissage, d'absence de vérification du NWS, et de toucher avec la roue avant non alignée.	rapport final
07/01/2020	9M-SSE	Non-incorporation des amendements TA-31 et TA-32 du POH dans le manuel de l'opérateur, application incomplète des listes de vérification après décollage et avant l'atterrissage, atterrissage avec roue avant probablement non centrée. L'absence d'incorporation des amendements TA-31 et TA-32 du POH dans le manuel de l'opérateur est identifiée comme un facteur contributif de l'accident.	rapport final
23/12/2022	PK-OTY	Amendements TA-31 et TA-32 du POH non répercutés dans le QRH de l'opérateur, non-réalisation de la check-list approche	rapport préliminaire

En l'absence d'enregistrement de la position angulaire du train avant ou de la commande de NWS, il est difficile d'établir avec certitude qu'un non-alignement du train avant soit un facteur contributif d'une sortie de piste, sauf lorsqu'un enregistrement extérieur permet de vérifier la position du train, comme c'est le cas lors de l'accident du F-OMYS, ou lorsqu'un acteur se rend compte de son erreur (cas du 9M-SSB le 26/08/2015).

De Havilland a indiqué au BEA qu'il n'avait pas fait de communication aux opérateurs au sujet des amendements temporaires TA-31 et TA-32 à la suite de l'accident du F-OMYS.

2.9 Vérification de l'alignement des marques de NWS

Lorsque l'équipage a réalisé la check-list après décollage et celle avant l'atterrissage, il est établi qu'il n'a pas réalisé la vérification manuelle du verrouillage du NWS dans la position centrée.

Les enregistrements vidéo mettent en évidence un désaxage important de la roue avant à l'atterrissage. Les tests réalisés sur l'avion après l'accident ont montré que, malgré les jeux constatés sur les mécanismes, la position de la commande en poste reste cohérente avec celle de la roue.

Il est possible que la vérification visuelle de l'alignement des marques du NWS lors de la check-list avant l'atterrissage ait eu lieu alors que les marques étaient effectivement alignées, et que le train avant soit entré en rotation après l'application de cette check-list sous l'effet des manœuvres pendant l'approche.

Il est possible également que la vérification visuelle de l'alignement des marques du NWS lors de la check-list avant l'atterrissage n'ait pas été effective. Ce type d'erreur humaine a été mis en évidence dans plusieurs études, parmi lesquelles on peut citer l'étude de R. Key Dismukes & Ben Berman « *Checklists and monitoring in the cockpit: Why crucial defenses sometimes fail* » (NASA Technical Memorandum Report No. 2010-216396).

Cette étude, basée sur des vols d'observation en poste, montre un certain nombre de cas³⁴ où un pilote avait soit répondu verbalement à un item [de la check-list] sans inspecter visuellement l'élément correspondant, soit répondu verbalement avant d'inspecter l'élément, soit répondu que l'élément était correctement réglé alors qu'en fait ce n'était pas le cas.

Dans certains cas, ce qui avait été enregistré comme une réponse sans regarder pouvait en fait être une situation où l'on « regarde sans voir ». L'attente qu'un élément soit correctement placé découle du souvenir d'avoir juste placé ou vérifié un élément et du grand nombre de cas précédents dans lesquels cet élément a été correctement placé. Ainsi, même si le pilote peut diriger le regard vers l'élément à vérifier, il peut percevoir qu'il est dans la bonne position même si ce n'est pas le cas, en particulier si la fixation du regard sur l'élément est brève en raison de la précipitation. De plus, il est possible que la réponse des pilotes à la question de la check-list devienne si automatique qu'ils prononcent parfois la réponse automatiquement, peut-être même sans se rendre compte qu'ils n'ont pas confirmé visuellement l'élément demandé.³⁵

Plusieurs facteurs propices à ce type d'erreur sont énumérés dans l'étude. On note dans le cas de l'accident certains de ces facteurs, ce qui permet d'étayer l'hypothèse de l'absence de vérification effective de l'alignement des marques de NWS pendant la check-list avant atterrissage :

- un effet de distraction lié à la survenue du problème de compensation de l'oreille du CDB, concomitant avec le moment de la réalisation de la check-list ;

³⁴ Dans le classement des déviations observées, ce type de cas est en seconde position par rapport au nombre de déviations observées, représentant 22 % de ces déviations au total.

³⁵ Traduction libre d'extraits de l'étude.

- un effet de saturation de tâche, voire d'attention réduite concernant le copilote : la checklist a été réalisée à un moment où la répartition des tâches n'était plus standard - elle était lue par le copilote alors qu'il assumait temporairement la tâche de PF, pendant que le CDB tentait de résoudre son problème d'oreille. Avec une disponibilité réduite liée à l'accumulation des tâches, ceci a probablement privé le copilote de sa capacité à vérifier visuellement l'alignement des marques du NWS ;
- de manière plus générale, un probable manque de concentration, lié au non-respect de la règle de cockpit stérile – l'oubli de l'inhibition des alertes de type TERRAIN pour l'approche est une illustration de cette concentration insuffisante.

La fatigue du CDB, liée à une privation de sommeil dans les journées qui ont précédé l'accident, cumulée au stress lié à la situation de la compagnie, ressenti par les deux membres d'équipage, ont pu rendre l'équipage encore plus vulnérable à ce type d'erreur.

3 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête.

Scénario

Lors de l'atterrissage, la roue avant n'était pas centrée. Cette roue était orientée vers la gauche. Lorsque la roue avant a pris contact avec le sol, l'avion a dévié vers la gauche. Le PF n'a pas pu corriger cette tendance malgré ses actions (gouverne de direction, ailerons, puis utilisation asymétrique des inverseurs de traction).

L'avion est sorti de piste latéralement puis est entré en collision avec un hélicoptère stationné sur l'aire de stationnement dédiée.

L'équipage n'avait pas connaissance des modifications des procédures de vérification du système de contrôle de la roue avant (NWS) après décollage et avant atterrissage, consistant à vérifier le verrouillage du NWS dans la position centrée. Elles avaient été introduites dans le manuel du pilote (POH) des avions de la série DHC-6 par De Havilland en 2017. Ces modifications n'avaient pas été reportées dans les procédures de l'exploitant, adaptées de celles de De Havilland pour une opération multipilote.

La vérification du NWS après le décollage puis avant l'atterrissage a ainsi été réalisée de manière incomplète, sans l'action manuelle sur la commande de NWS qui assure la vérification du verrouillage du NWS dans la position centrée.

La tension du câble de commande du NWS était insuffisante. Il n'a pas été possible de déterminer l'origine de ce mauvais réglage. Cela a probablement eu pour conséquence une situation dans laquelle, au décollage, les marques sur la commande du NWS étaient alignées alors que le NWS n'était pas verrouillé dans la position centrée. N'étant pas verrouillée, la roue avant a probablement pivoté pendant le vol.

Facteurs contributifs

Il n'a pas été possible de déterminer si, au moment de la réalisation de la check-list avant atterrissage, la roue avant était alignée sur l'axe de l'avion. Dans le cas où elle l'aurait été et qu'elle se soit désalignée après la réalisation de la check-list, la seule barrière de sécurité eût été la vérification effective du verrouillage du NWS par l'action manuelle de vérification sur la commande de NWS, comme prévu par la procédure standard.

Ont pu contribuer à la méconnaissance par l'équipage des procédures de vérification du NWS après décollage et avant atterrissage :

- des lacunes dans le suivi documentaire de l'exploitant, qui ont résulté en l'absence d'intégration de l'amendement de ces procédures dans son manuel d'exploitation ;
- une attention insuffisante des instructeurs sur la réalisation de la vérification du NWS pendant la formation initiale puis les entraînements successifs des pilotes sur DHC-6.

Dans le cas où la roue aurait été déjà désalignée au moment de la réalisation de cette check-list, la vérification visuelle des marques sur la commande de NWS aurait dû permettre d'identifier cette situation. Dans cette hypothèse, ont pu contribuer à l'absence de vérification visuelle ou à l'inefficacité de celle-ci :

- un effet de distraction lié à la survenue du problème de compensation de l'oreille du CDB, au moment de la réalisation de la check-list ;
- un effet de saturation de tâche, voire d'attention réduite concernant le copilote, assumant au moment de la réalisation de la check-list les tâches de PF et de PM ;
- un probable manque de concentration de l'équipage ;
- la fatigue du CDB liée à une privation de sommeil dans les journées qui ont précédé l'accident.

Enseignements de sécurité

Gestion du risque

L'accident illustre l'importance, au niveau organisationnel, de la démarche proactive d'identification du risque.

Des dysfonctionnements dans le suivi documentaire de l'exploitant avaient été mis en évidence et cet aspect était en voie d'amélioration. Cependant, les modifications de procédures d'utilisation du DHC-6 publiées en 2017 par De Havilland n'avaient pas été intégrées dans les documents opérationnels utilisés par les équipages de CAIRE. Ceci a créé une situation d'erreur latente.

Un suivi actif des événements sur la flotte mondiale de DHC-6 pouvait attirer l'attention de l'exploitant sur le risque lié à la non-prise en compte de l'amendement des check-lists et aurait pu l'amener à vérifier ses documents opérationnels sur ce point particulier.

Les équipages, et plus particulièrement les instructeurs, sont également des acteurs proactifs de la sécurité. Il est probable que l'application incorrecte de la check-list par un membre d'équipage soit détectée, au cours d'un vol de contrôle ou d'entraînement par exemple. Il paraît important que cette détection fasse l'objet d'une réflexion approfondie qui aille au-delà de la constatation de l'erreur et de l'information de l'individu qui a commis l'erreur. Les vols d'entraînement doivent ainsi être un espace de réflexion amenant à comprendre pourquoi l'erreur a été commise.

Importance du respect de la règle de cockpit stérile

La règle du cockpit stérile est une exigence selon laquelle, pendant les phases critiques de vol, les activités non essentielles dans le poste de pilotage sont strictement interdites.

Cette règle a été imposée aux États-Unis en 1981 par la FAA à la suite des conclusions de plusieurs enquêtes sur des accidents, au terme desquelles il avait été conclu que la distraction des équipages, liée à des conversations ou des activités non essentielles pendant les parties critiques du vol, avait contribué à la survenue de l'accident.

À l'inverse, des études ont également démontré que les discussions en cockpit, même s'il s'agit simplement de bavarder pour « apprendre à se connaître », contribuent à la synergie de l'équipage. La règle du cockpit stérile présente l'avantage de définir clairement le moment où il est temps de mettre de côté les activités non essentielles et de se consacrer strictement à la tâche à accomplir afin de garantir la sécurité des opérations en vol.

4 RECOMMANDATIONS

Rappel : conformément aux dispositions de l'article 17.3 du règlement n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident, un incident grave ou un incident. Les destinataires des recommandations de sécurité rendent compte à l'autorité responsable des enquêtes de sécurité qui les a émises, des mesures prises ou à l'étude pour assurer leur mise en œuvre, dans les conditions prévues par l'article 18 du règlement précité.

4.1 Rappel aux opérateurs de DHC-6 des évolutions des procédures de vérification du NWS introduites en 2017

L'application rigoureuse d'une procédure est un élément essentiel de la sécurité des vols. Une base de ce principe de sécurité est que les évolutions des procédures dans le temps soient portées à la connaissance des équipages. Dans certains cas, il peut être également utile d'intégrer dans les entraînements théoriques ou pratiques des éléments permettant de favoriser la bonne compréhension et appropriation de ces évolutions de procédure par les utilisateurs.

Les recherches effectuées sur les événements similaires montrent que le cas de CAIRE illustré par cet accident n'est pas unique. Au moins deux autres exploitants de DHC-6 n'avaient pas pris en compte les amendements temporaires TA-31 et TA-32. Dans l'un de ces cas, pour lequel l'enquête a été achevée, cet aspect est noté comme facteur contributif à l'accident. Dans l'autre cas, l'enquête est en cours, mais l'absence de prise en compte des amendements temporaires TA-31 et TA-32 par l'exploitant a été notée dans le rapport préliminaire d'enquête.

Bien que la prise en compte par les exploitants des évolutions du POH ne soit pas de la responsabilité du constructeur de l'aéronef, le fait que plusieurs exploitants de DHC-6 n'aient pas pris en compte les amendements temporaires montre que De Havilland pourrait jouer un rôle positif en rappelant à tous les opérateurs de DHC-6 l'importance de la prise en compte des amendements temporaires TA-31 et TA-32, mise en évidence par les différents cas de sortie latérale de piste cités dans ce rapport.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant l'importance de l'application rigoureuse des procédures opérationnelles pour la sécurité des vols ;*
- *considérant que différents cas de sortie latérale de piste montrent que plusieurs exploitants de DHC-6 n'ont pas suffisamment pris en compte les amendements temporaires TA-31 et TA-32 et n'ont pas intégré dans leurs documents opérationnels ces amendements ;*
- *considérant que l'appropriation d'une modification de procédure par les équipages est favorisée au travers de l'entraînement ;*

De Havilland Aircraft of Canada Limited rappelle aux exploitants de DHC-6 l'évolution de la procédure de vérification du système de contrôle de la roue avant (NWS), introduite par les amendements temporaires TA-31 et TA-32 du POH du DHC-6, ainsi que l'importance de leur prise en compte par ces exploitants (notamment au travers de l'actualisation des documents opérationnels et de son intégration dans les programmes de formation des équipages).

[Recommandation FRAN-2026-001]

4.2 Document de décodage des enregistrements FDR

L'exploitation des enregistreurs de paramètres FDR apporte des informations essentielles à la compréhension d'un accident ou d'un incident. Pour permettre cette exploitation, la fourniture d'un document de décodage valide et actualisé est indispensable.

Lors de l'enquête sur cet accident, le BEA a rencontré des difficultés pour réaliser un décodage et une analyse efficaces des données FDR. Des difficultés similaires ont été rencontrées par des autorités d'enquête étrangères, lors d'enquêtes sur des accidents ou des incidents impliquant des DHC-6 400.

Ces difficultés sont liées au fait que De Havilland n'a pas produit un document de décodage pour les enregistreurs FDR équipant les DHC-6 400 lors de la conception de l'avion et de l'intégration du système d'enregistrement. À l'époque où le DHC-6 400 a été certifié, la base de certification applicable n'exigeait pas explicitement la production d'un tel document.

Au cours de l'enquête, De Havilland a informé le BEA qu'il traite actuellement cette problématique à travers une revue des installations FDR sur DHC-6 400. Cette revue devrait conduire, en 2026, à la publication d'un document contenant les informations nécessaires et suffisantes au décodage des enregistrements FDR sur ce type avion.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant les difficultés rencontrées par le BEA au cours de cette enquête et par d'autres autorités d'enquêtes par le passé pour exploiter les données des FDR équipant les DHC-6 400 ;*
- *considérant la nécessité qu'une documentation de décodage soit fournie par l'entité responsable de l'installation de l'enregistreur FDR sur l'avion ;*

De Havilland Aircraft of Canada Limited mène à terme sa démarche de produire la documentation nécessaire au décodage des enregistrements FDR sur les DHC-6 400.

[Recommandation FRAN-2026-002]

En application de l'exigence CAT.GEN.MPA.195 du règlement (UE) n°965/2012 dit « AIR OPS », les exploitants de transport commercial qui exploitent des aéronefs pour lesquels il existe une obligation d'emport d'un FDR doivent conserver et maintenir à jour la documentation de décodage de l'enregistrement FDR.

À la suite de difficultés rencontrées par les autorités d'enquête et des recommandations faites par celles-ci aux autorités de l'aviation civile, l'AESA a amendé l'AMC 25.1459 des spécifications de certification CS-25 dans le but d'améliorer la disponibilité et la qualité des données enregistrées par les enregistreurs de vol.

Un amendement similaire n'a pas été apporté aux spécifications de certification CS-23 applicables aux avions de catégorie équivalente à celle du DHC-6 400.

L'enquête a mis en évidence qu'aucun document de décodage n'était disponible pour le DHC-6 400. Par conséquent, l'exploitant du F-OMYS n'était pas en mesure de répondre à l'obligation de la norme CAT.GEN.MPA.195.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant que le problème de documentation de décodage des enregistreurs FDR mis en évidence par les autorités d'enquête n'est pas propre aux aéronefs de la catégorie CS-25 et qu'il touche également les aéronefs de la catégorie CS-23 équipés d'enregistreur FDR ;*
- *considérant que la modification de l'AMC 25.1459 dans le cadre de l'amendement 26 de la CS-25, dont l'objectif est d'expliquer les attentes en matière d'instructions pour le maintien de la navigabilité de l'installation FDR, pourrait être transposée aux aéronefs de la catégorie CS-23 équipés d'enregistreur FDR ;*

L'AESA impose que la documentation de décodage FDR soit produite par les organismes de conception des avions de la catégorie CS-23 équipés d'un enregistreur FDR, permettant ainsi aux exploitants de ces avions de se conformer à l'exigence CAT.GEN.MPA.195. [Recommandation FRAN-2026-003]

Les enquêtes du BEA ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement à la détermination de fautes ou responsabilités.