



Incident grave survenu au De Havilland - DHC-6 Twin Otter
Série - 300
immatriculé **F-OCQZ**
exploité par Aircalin
le mardi 4 mai 2021
à Futuna Pointe Vélé (Îles de Wallis et Futuna)

Heure	Vers 11 h 10 ¹
Nature du vol	Vol de transport commercial de fret
Personnes à bord	Commandant de bord (PF) et copilote (PM)
Conséquences et dommages	Aucun

Perte de puissance des moteurs lors de l'approche finale

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages. L'avion n'était pas équipé d'enregistreurs de vol.

Le F-OCQZ effectue un vol de transport commercial de fret entre les aérodromes Wallis-Hihifo (986) et Futuna Pointe Vélé (986). Le temps de vol prévu est de 53 minutes.

L'avion est léger : le fret transporté correspond à une charge de 120 kg. Le carburant (873 kg) est emporté pour l'équivalent de trois étapes (trajet aller-retour avec un décollage possible sur Futuna). La charge disponible restante est de plus d'une tonne (1 096 kg).

En début de descente, sous pilote automatique, en mode *vertical speed*, l'avion prend soudainement une forte assiette à cabrer. Le PF déconnecte le pilote automatique et pousse le manche pour corriger l'attitude de l'avion. Constatant l'effort important nécessaire à cette correction, il se rend compte que le trim de profondeur est en butée à cabrer.

Le PF coupe le trim électrique et poursuit le vol en pilotage manuel.

Approchant de l'aérodrome de destination, au vu des conditions météorologiques observées, il décide de réaliser une approche à vue pour la piste 25. En raison du vent du nord-ouest qui leur a été annoncé par l'agent AFIS, l'équipage anticipe de possibles turbulences au cours de la finale, liées au passage du vent sur le relief de l'île. La vitesse d'approche est majorée de 10 kt.

Selon l'équipage, à 500 ft, l'approche est stabilisée.

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale à Wallis et à Futuna, le jour de l'événement. Il convient d'y soustraire 12 h pour obtenir le temps universel coordonné (UTC).

Vers 400 ft, la vitesse augmente à 90 kt². Le PF positionne les manettes de puissance sur la position *idle* (ralenti vol). La vitesse diminue, le PF ramène les manettes sur la position « puissance de finale ». La vitesse continue de diminuer, le PF agit à plusieurs reprises sur les manettes de puissance, jusqu'à atteindre la butée pleine puissance. Il maintient pendant cette phase le plan de descente et le point d'aboutissement. Les actions successives sur les manettes de puissance, jusqu'à la butée, semblent sans effet et la vitesse continue de diminuer.

Alors que la vitesse atteint 62 kt, le PF applique une action à piquer sur le manche pour maintenir une marge par rapport à la vitesse de décrochage (environ 56 kt). Le point d'aboutissement se décale sur la zone située entre le rivage et le seuil de piste. La vitesse augmente vers 66 kt.

Il réalise l'arrondi au-dessus de cette zone et utilise l'effet de sol pour se poser sur la piste.

Le roulage est réalisé sans difficulté particulière, en utilisant les manettes de puissance entre *idle* et *reverse* (plage beta).

Au parking, l'équipage avance la manette de puissance du moteur droit³ #2 en butée avant et constate que cette action est sans effet.

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Cadre du vol - Exploitation de la ligne Wallis-Futuna

L'exploitation de la ligne Wallis-Futuna est réalisée par Aircalin dans le cadre d'une délégation de service public pour assurer la continuité territoriale. La disponibilité de la liaison fait partie des exigences du contrat ; l'objectif étant d'avoir moins de 3 % d'annulation.

Deux DHC-6 Twin Otter Séries 300, avions de transport régional construits par De Havilland Aircraft of Canada Ltd, assurent les liaisons. Les DHC-6 sont équipés de deux turbopropulseurs PT6A-27 construits par PRATT & WHITNEY Canada.

Aircalin exploite ces DHC-6 en équipage à deux pilotes. Six pilotes (cinq commandants de bord et un copilote) sont basés à Wallis.

Aircalin est détenteur des agréments de gestion du maintien de la navigabilité et de maintenance des deux avions. Sur le site de Wallis, huit personnes sont au service de production pour l'entretien en ligne et en base des deux DHC-6 (voir § 2.7.2.2).

2.2 Renseignements météorologiques

2.2.1 Situation météorologique générale le jour de l'événement

Le 4 mai 2021, l'île de Futuna était sous l'influence d'une vaste zone convective et instable. Le vent était de secteur nord et généralement faible, avec effet de rafales probables à proximité des nuages convectifs.

² La VFE est de 93 kt dans la configuration choisie (volets 20°).

³ L'équipage effectue cet essai sur le moteur droit #2 en raison de dysfonctionnements antérieurs sur ce moteur.

Entre 10 h et 12 h, le temps se caractérisait par une masse d'air humide et instable en basse couche. Le ciel était très nuageux avec un plafond entre 1 500 et 2 000 ft au-dessus l'aérodrome de Futuna Pointe Vélé. Le vent de secteur nord-ouest était moyen à faible, de l'ordre de 16 kt à 11 h 10.

Les relevés sur l'aérodrome de Futuna Pointe Vélé indiquaient les éléments suivants :

À 11 h, le vent était de direction variable pour une vitesse de 2 kt. Les nuages étaient épars à 2 300 ft, fragmentés à 3 100 ft et à 3 700 ft.

À 11 h 30, le vent était de 5 kt, venant du 300° variant du 240° au 60°. Les nuages étaient épars à 1 000 ft, fragmentés à 2 400 et 3 500 ft.

2.2.2 Informations à disposition de l'équipage

Les équipages ne disposaient pas de mesures sur l'aérodrome de Futuna en raison de l'indisponibilité de certains paramètres normalement mesurés au niveau du mont Mamati (mont à proximité de l'aérodrome). Ils disposaient des prévisions (TAF long) dans le dossier de vol.

De 6 h le 4 mai à 6 h le 5 mai, il était prévu un vent du 060° de 10 kt avec une visibilité supérieure à 10 km ; avec temporairement de 9 h à 18 h une visibilité réduite à 1 400 m, des averses de pluie, des nuages fragmentés à 900 ft, des CB épars à 1 800 ft et des nuages épars à 2 500 ft.

Les pilotes avaient pris les dernières données météorologiques auprès de l'AFIS avant le départ et en début de descente. Le vent annoncé venait du 250° pour 10 kt, variant du 200° au 300°.

2.3 Aspects opérationnels

2.3.1 Expérience, compte-rendu et témoignages de l'équipage

2.3.1.1 Commandant de bord

Le commandant de bord, âgé de 51 ans, est titulaire d'une licence de pilote commercial CPL(A) depuis 2010 et d'une qualification de type DHC-6. Il est instructeur sur type.

Il totalisait environ 10 000 heures de vol, dont 6 200 en tant que commandant de bord. Sur type, il totalisait 4 500 h, dont 4 350 en tant que commandant de bord.

Dans la compagnie pour laquelle il volait auparavant sur DHC-6 également, il était responsable de la formation.

2.3.1.2 Copilote

Le copilote, âgé de 53 ans, est titulaire d'une licence de pilote de ligne ATPL (A) depuis 2005 et d'une qualification de type DHC-6 depuis 2009. Il est instructeur et examinateur sur type depuis 2010.

Il totalisait environ 9 000 heures de vol, dont environ 5 000 heures sur le type en tant que commandant de bord.

Il travaille pour Aircalin depuis 2018 et est responsable des opérations pour la flotte DHC-6.

2.3.1.3 Compte-rendu (ASR) et témoignages

En complément des éléments indiqués dans le déroulement du vol (voir § 1), les pilotes ont rapporté les éléments suivants concernant la conduite de l'approche.

Le commandant de bord indique que les approches sont souvent à vue sur Futuna, la majorité du temps en piste 07. En raison de la topographie de l'île, le vent enjambe l'île lorsqu'il vient du nord. La piste terrain étant collée au relief, il peut y avoir des turbulences assez fortes à l'arrivée sur Futuna.

Ce jour-là, la piste 25 était en service. Le plafond était élevé, mais de la pluie arrivait sur la piste depuis l'est. La branche vent-arrière restait dégagée ainsi que l'île de Futuna, l'approche à vue était possible. L'équipage s'attendait à quelques turbulences. Le copilote indique qu'ils ont considéré les menaces suivantes pour l'approche : la possibilité de cisaillement de vent⁴ et l'approche de précipitations. Ils n'ont pas évoqué les moteurs.

Pour la masse du jour à l'atterrissage (4 334 kg) et une configuration volets 20°, la Vref est de 71 kt. La Vapp minimum calculée est de 76 kt (correction minimum de 5 kt appliquée à la Vref) ; l'équipage a adopté une vitesse d'approche comprise entre 80 et 85 kt ; soit une correction de 9 à 14 kt.

Le commandant de bord explique que selon les procédures, une réduction de puissance au ralenti (idle) indique que l'approche n'est pas stabilisée et entraîne une remise de gaz. Cependant, selon lui, un bref passage en idle est une pratique habituelle sur Twin Otter ; le plancher de stabilisation à 500 ft lui paraît très haut pour ce type d'avion.

Le jour de l'événement, après avoir réduit la puissance à idle, il a ramené immédiatement les manettes de puissance vers une position compatible avec une approche habituelle. Il précise qu'à ce moment-là il ne regardait plus les indications de couple moteur (torque). Le circuit visuel est dans ce cas « extérieur, assiette, vitesse ». Il a annoncé « la puissance ne monte pas », il n'a pas entendu les turbines – l'avion est normalement bruyant, là, il n'y avait ni bruit ni sensation d'effet cabreur lié à l'augmentation de puissance.

Le PM indique que lorsque la vitesse était à 68 kt, il a vu l'action correctrice du commandant de bord et a perçu un bruit un peu plus fort à gauche. Il indique que la vitesse était sous 70 kt à une hauteur comprise entre 150 et 100 ft environ, puis qu'elle a commencé à augmenter à nouveau. Il n'a pas regardé les indications de torque, son attention était focalisée sur la vitesse. Ils avaient un taux de descente d'environ 400 ft/min, l'événement a donc selon lui duré de l'ordre de 20 s. La durée serait ainsi supérieure au délai de montée en puissance des moteurs qui est d'environ 4 ou 5 s.

Le PF indique qu'après l'arrondi, la suite de l'atterrissage était normale, il a mis les manettes en zone beta, le PM a annoncé « 2 beta », l'avion s'est arrêté très vite. Il est revenu en idle et n'a pas utilisé les inverseurs de poussée.

Le PF précise qu'il est impossible qu'il ait compensé une dissymétrie sans s'en rendre compte ; en effet avec un moteur en idle et l'autre avec une puissance d'approche ou plus, la dissymétrie est telle que la compensation correspondante aux palonniers ne peut pas passer inaperçue.

⁴ *Windshear.*

L'équipage explique avoir effectué les tests uniquement sur le moteur droit #2 après l'événement. L'avion avait, en effet, eu à plusieurs reprises des problèmes de puissance sur le moteur droit #2 : au décollage, au roulage en quittant le parking et lors d'un redécollage après plusieurs vols d'entraînement.

L'équipage rapporte avoir été informé verbalement, lors du vol précédant celui de l'événement, que le FCU⁵ droit #2 avait été changé. Ils n'avaient pas trouvé de trace de ce changement dans le compte-rendu matériel (ATL). Ils étaient contrariés de cette incohérence mais n'étaient pas inquiets, tous les événements s'étant produits au sol.

2.3.2 Gestion de la puissance moteur

Le couple de sortie du moteur (torque) est utilisé comme principal paramètre de réglage de la puissance. Le manuel d'exploitation – Partie B contient les informations sur le réglage de la puissance qui doivent être utilisées pour déterminer les réglages de torque corrects pour réaliser le décollage et la croisière en fonction de l'altitude et de la température ambiante. Il est précisé que si l'un des deux moteurs ne peut atteindre le torque correspondant à la puissance calculée pour le décollage, le vol doit être annulé.

Les équipages signalent les écarts de 1 psi (unité de mesure du torque).

D'autres paramètres du moteur, tels que la température inter turbine (ITT) et le régime du générateur de gaz (Ng), sont surveillés pour vérifier qu'ils se situent dans des limites acceptables.

L'équipage dispose de l'interface suivante pour suivre les paramètres moteur :

⁵ Le *Fuel Control Unit* (FCU) détermine le dosage du carburant en fonction de la position de la commande de puissance. Le contrôle du régime du générateur de gaz (Ng) est effectué en régulant le débit carburant délivré à la section combustion du moteur. La puissance disponible du moteur dépend directement de la vitesse de la turbine du compresseur.

2.4 Renseignements sur l'avion

2.4.1 Cellule

Constructeur	DE HAVILLAND		
Type	DHC-6 – 300		
Numéro de série	412		
Immatriculation	F-OCQZ		
Mise en service	20/02/1974		
Certificat de navigabilité	247858	31/03/2008	
Certificat d'examen de navigabilité	24785886921	Du 13/07/2020	Au 13/07/2021
Utilisation au 04/05/2021	44 573 heures de vol / 55 810 cycles		

2.4.2 Moteur(s)

		Moteur gauche #1	Moteur droit #2
Constructeurs		PWC	PWC
Type		PT6 A-27	PT6 A-27
Numéro de série		PCE-PG0400	PCE42464
Date de production		02/09/2009	25/03/1986
Date d'installation		21/04/2020	21/04/2020
Temps total (cycles) de fonctionnement	à la date de l'installation	<i>TSO : 2 992 - CSO : 3 054</i>	<i>TSO : 2 311 - CSO : 3 847</i>
	depuis la dernière visite	<i>3 heures (2 cycles)</i>	<i>3 heures (2 cycles)</i>
	au 04/05/2021	<i>6 833 h/7 157 cycles</i>	<i>12 733 h/35 667 cycles</i>

De novembre 2019 à juillet 2020, une Grande Visite a été réalisée sur l'avion. Au cours de cette visite, une inspection des parties chaudes a été réalisée sur les deux moteurs. L'avion a été équipé du Garmin 950 de Genesys dans le cadre d'un certificat de type supplémentaire (STC).

2.4.3 Historique des problèmes moteurs - Période du 01/01/2021 au 03/05/2021

Le problème de puissance des moteurs en vol rapporté par l'équipage a été précédé de plusieurs pannes ou dysfonctionnements de même type.

L'historique a été établi à partir des données de l'ATL. Les anomalies constatées par les pilotes ou par les techniciens de maintenance y sont enregistrées, ainsi que les travaux effectués pour les résoudre et les approbations pour remise en service (APRS).

Au 1^{er} janvier 2021, au lâcher des freins, l'équipage a constaté une puissance disponible de 48 psi au lieu des 50 psi prévus sur le moteur gauche #1. Le FCU gauche #1 (qui avait accumulé 119 heures de fonctionnement depuis la dernière révision générale) a été remplacé par un FCU en provenance d'un atelier de Pratt & Whitney.

Trente et un vols ont été réalisés.

Le 17 janvier, l'équipe de maintenance a procédé au réglage de ce même FCU.

Quatre vols ont été réalisés.

Le 19 janvier 2021, l'équipage a observé une puissance disponible au décollage de 46,4 psi au lieu de 48,4 sur le moteur droit #2. Le FCU droit #2 (qui avait accumulé 3 161 heures de fonctionnement depuis la dernière révision générale) a été changé. Un FCU en provenance d'un

organisme de réparation approuvé par le constructeur du FCU (Keystone Turbine) a été mis en place.

Trente-six vols ont été réalisés.

Le 12 février, l'équipage a interrompu le décollage, la puissance disponible sur le moteur droit #2 est de 45 psi. Au sol, lors des réglages, aucune anomalie n'a été détectée.

Vingt-quatre vols ont été réalisés.

Le 24 février, le moteur droit #2 est resté sur *idle*. Les vérifications au sol de la partie pneumatique du circuit carburant n'ont donné aucun résultat, le dysfonctionnement n'a pas été reproduit.

Aucun vol n'a été réalisé entre le 24 et le 28 février.

Le 28 février, lors de vols consécutifs d'entraînement, il n'y a pas eu de montée en puissance du moteur droit #2 lors du troisième décollage. Le système de régulateur de survitesse de l'hélice a été remplacé et l'avion remis en vol.

L'avion n'a pas volé jusqu'au 19 mars (un problème d'*auto feather* a été réglé le 17 mars), puis environ trente vols ont été réalisés.

Le 9 avril 2021, le moteur droit #2 est resté sur *idle* quand la commande de puissance a été déplacée vers la puissance maximale.

Les tests effectués sur le moteur droit #2 n'ont rien révélé. Le circuit carburant du moteur droit #2 a été vérifié et nettoyé, aucune anomalie n'a été détectée. Les actions de maintenance effectuées entre-temps concernent le pilote automatique (défaut détecté le 30 avril pendant la *daily check*, échange du servo trim de profondeur).

L'avion n'a pas volé jusqu'aux vols d'entraînement effectués la veille de l'événement.

Concernant le DHC-6 immatriculé F-OFUT exploité et entretenu dans les mêmes conditions, l'ATL a également été consulté et il n'a pas été relevé de problème en lien avec la puissance des moteurs.

2.5 Examens post-événements

2.5.1 Actions effectuées par l'exploitant après l'événement

2.5.1.1 Dysfonctionnement du pilote automatique

Après le vol retour vers Wallis, des tests ont été effectués sur le pilote automatique. Aucun dysfonctionnement n'a été identifié. Par mesure de précaution, Aircalin a changé les pièces suivantes :

- actionneur de trim ;
- calculateur d'assiette ;
- transmetteur d'altitude.

2.5.1.2 Problèmes de puissance

Comme indiqué dans le déroulement du vol, à la suite de l'événement, l'équipage a procédé à un contrôle de performance au sol sur le moteur droit #2 : le torque du moteur est resté à 5 psi.

L'équipe de maintenance a réalisé les tests sur les deux moteurs et a obtenu les résultats suivants :

- les paramètres du moteur gauche #1 étaient dans les tolérances ;
- le moteur droit #2 restait sur idle.

À la demande du constructeur du moteur (PRATT & WHITNEY), les FCU et les échangeurs de chaleur (huile/carburant) des deux moteurs ont été remplacés et envoyés dans leurs ateliers pour examen.

2.5.2 Examen des FCU par PRATT & WHITNEY dans le cadre de l'enquête de sécurité

L'examen a été effectué en plusieurs étapes, une première inspection à l'œil nu et à l'aide d'un boroscope, un passage au banc d'essai, un démontage et une nouvelle inspection visuelle ainsi qu'une analyse des éléments trouvés. Le FCU a été testé selon le manuel Honeywell (CMM 73-20-31).

Lors de l'inspection physique des deux FCU, il a été constaté la présence de débris au niveau des prises P3 et Py.

L'inspection des entrées d'air P3 et PY du FCU gauche #1 à l'aide d'un boroscope a mis en évidence la présence de débris floconneux, de dépôts granuleux noirs, de fibres, de particules jaunâtres et de traces de corrosion.

L'inspection des entrées d'air P3 et PY du FCU droit #2 à l'aide d'un boroscope a mis en évidence la présence de dépôts granuleux noirs, de cristaux jaunâtres et de fibres.

Le passage au banc des deux FCU n'a pas mis en évidence d'anomalie de fonctionnement pouvant expliquer l'événement.

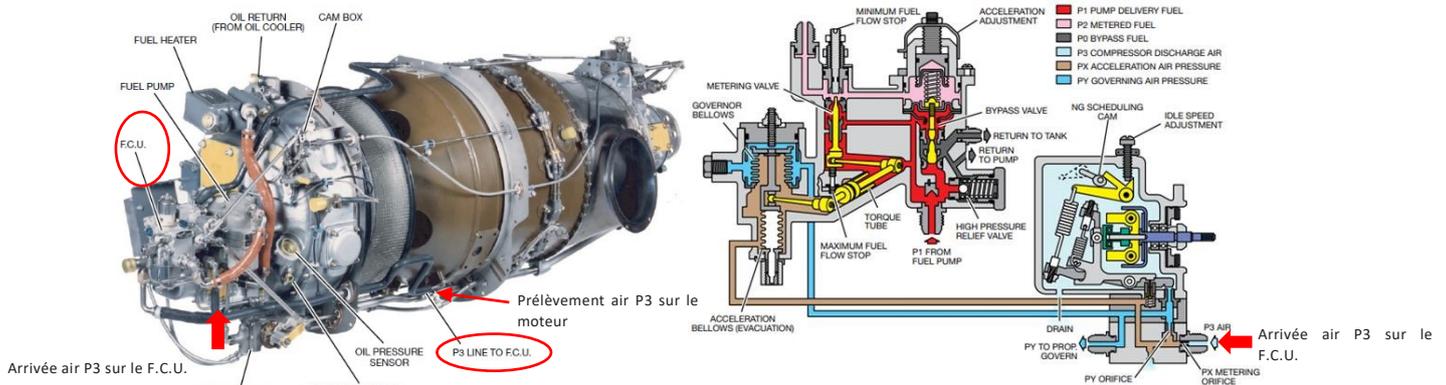


Figure 2 : FCU et ligne d'alimentation P3 sur le PT6A27 (Source : PRATT & WHITNEY)

SYSTÈME D'AIR DU FCU ESN PG0400

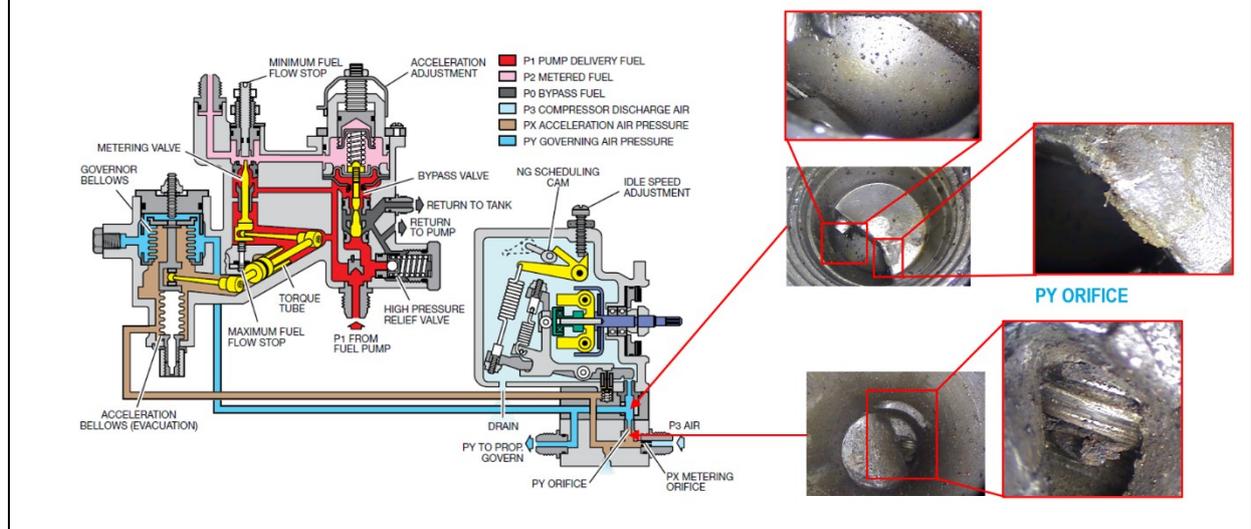


Figure 3 : examen du FCU #1 (Source : PRATT & WHITNEY)

SYSTÈME D'AIR DU FCU ESN 42464

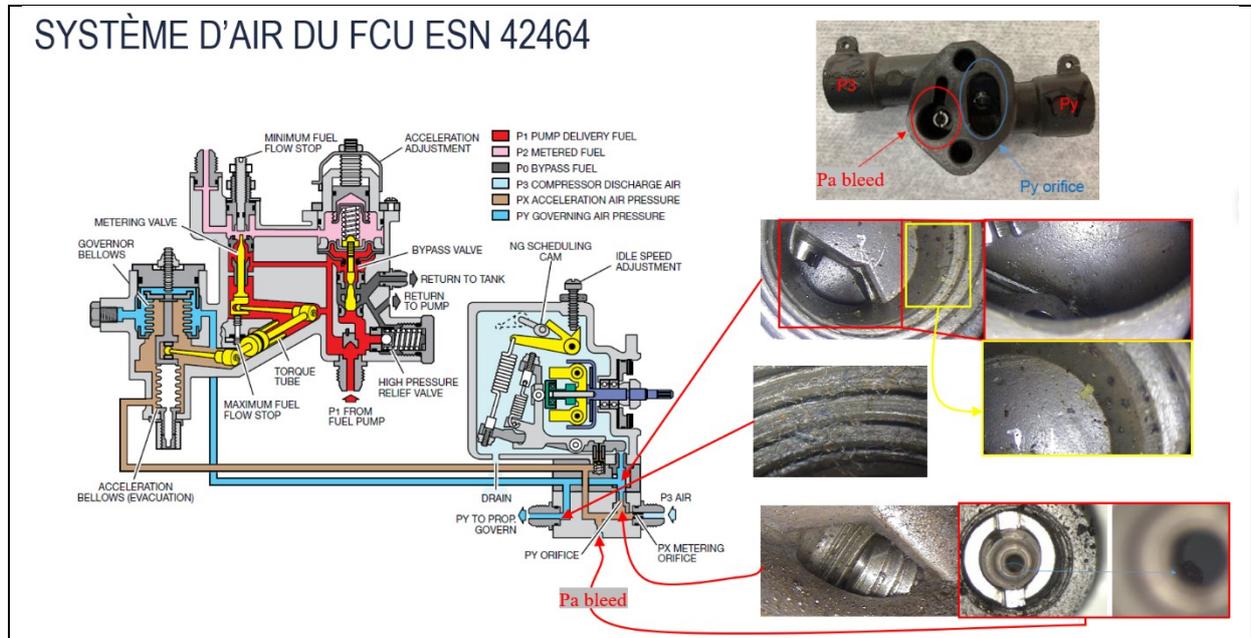


Figure 4 : examen du FCU droit #2 (Source : PRATT & WHITNEY)

Des débris noirs ont été trouvés dans les passages d'air Px et Py, des débris noirs et floconneux dans la cavité Px comparables à ceux identifiés dans la prise Py lors de l'inspection au boroscope. La prise Py était contaminée avec des débris noirs.

L'analyse chimique a montré que les résidus observés étaient un agglomérat de graisse (probablement de l'huile moteur), de divers éléments environnementaux et de sous-produits de corrosion. Les éléments environnementaux détectés sont composés de chlore, sodium, carbone, soufre, calcium, silicium, magnésium, fluor et fibres de coton.

Selon PRATT & WHITNEY, les débris présents dans l'entrée de l'orifice Py du FCU gauche #1 peuvent affecter le fonctionnement du FCU et entraîner des dysfonctionnements (lenteur ou absence) d'accélération du moteur.

Selon PRATT & WHITTNEY, les débris retrouvés lors de l'examen du FCU droit #2 à l'emplacement où ils ont été trouvés n'ont pas un impact direct sur le fonctionnement du FCU. PRATT & WHITTNEY souligne cependant la possibilité que ces débris se déplacent dans le circuit air et puissent de façon momentanée impacter le fonctionnement du FCU.

2.5.3 Examen des échangeurs de température carburant – huile

Les examens effectués sur les échangeurs de température carburant – huile n'ont pas mis en évidence de dysfonctionnement majeur pouvant expliquer l'événement.

2.5.4 Examens complémentaires lors de la révision générale du moteur droit #2 et du changement du FCU gauche #1

Fin septembre 2021, de nouveaux dysfonctionnements liés à des fluctuations de torque, ont été constatés en vol. Ces dysfonctionnements n'ont pas été reproduits au sol et leur origine n'a pas pu être déterminée. L'exploitant a anticipé la révision du moteur droit #2 PCE 42464 et effectué l'échange du FCU du moteur gauche #1.

Les examens effectués par le MRO TAE (Australie) dans le cadre de la révision générale du moteur droit #2 n'ont pas mis en évidence de défaut d'étanchéité de roulements ni de la pompe de récupération (*scavenge pump*)⁶.

L'ensemble du circuit d'air du moteur ne présentait pas de contamination particulière. De légères piqûres noires ont été observées ainsi qu'une contamination mineure par l'eau (côté carburant).

En complément, le FCU gauche #1 a été examiné et aucune contamination n'a été observée.

2.5.5 Conclusions sur les examens réalisés post-événement

Une contamination a été observée sur les deux FCU en place lors de l'événement. Cette contamination est composée de sous-produits de corrosion, d'éléments environnementaux et de graisse (probablement de l'huile moteur). Un processus de corrosion a pu conduire à des détachements de matière qui se sont agrégés en partie en raison de la présence de matière grasseuse.

Selon PRATT & WHITNEY, le niveau de contamination des deux FCU est largement supérieur à celui habituellement constaté sur les FCU.

PRATT & WHITNEY précise que cette contamination peut affecter le fonctionnement des FCU, provoquer des accélérations plus longues ou non contrôlées, une instabilité et des dysfonctionnements à différents niveaux de puissance.

2.6 Origine de la contamination des FCU

Ce chapitre consiste en une analyse des défaillances ayant pu conduire à la contamination des deux FCU en place au moment de l'événement (arbre des défaillances).

⁶ Le défaut d'étanchéité était l'une des hypothèses privilégiées par PRATT & WHITTNEY pour expliquer la présence de substance grasseuse dans la partie pneumatique des FCU.

2.6.1 Hypothèse d'une contamination antérieure

Les deux FCU ont été installés peu de temps avant les événements (120 h pour le FCU du moteur gauche #1 et 87 h pour le FCU du moteur droit #2). Leur remplacement faisait suite à des dysfonctionnements liés à des niveaux de puissance inférieurs à ceux attendus. La provenance des FCU a été questionnée, les approvisionnements en pièces détachées ayant été particulièrement difficiles en période de confinement.

Aucun élément n'a pu être identifié en faveur de l'hypothèse d'une contamination initiale, c'est-à-dire d'une contamination liée à un usage antérieur et non détectée en atelier ou liée aux conditions de transport et de stockage.

2.6.2 Hypothèse d'une contamination en provenance du moteur

La présence de graisse (probablement de l'huile moteur) dans les deux FCU a fait soupçonner une fuite d'huile sur les deux moteurs. La prise d'air étant au niveau du compresseur, une contamination d'huile pourrait se propager via la prise P3. Cependant, l'examen du moteur droit #2 n'a pas révélé de fuite susceptible de contaminer le circuit air du FCU.

2.6.3 Hypothèse d'une contamination liée à l'exploitation

Une pollution extérieure (atmosphère saline, pollutions extérieures diverses, présence d'humidité de l'environnement) peut être ingérée dans le flux d'air du moteur et se propager via le prélèvement d'air qui alimente le FCU.

Les modèles récents sont équipés d'un filtre P3. Selon PRATT & WHITNEY, les bénéfices de ce type de filtration sont :

- une filtration des particules de taille supérieure à 10 µm dans l'air ;
- une capture des éventuelles vapeurs d'huile ;
- une possibilité de détection de la présence de contamination lors de l'inspection des filtres.

Selon, PRATT & WHITNEY, les filtres P3 contribuent à réduire le risque de contamination de l'air du FCU, mais ils n'éliminent pas toutes les sources de contamination possibles (particules inférieures à 10 µm).

À la date de l'événement, ni les moteurs installés sur le F-OCQZ ni ceux installés sur le F-OFUT n'étaient équipés de système de filtration.

Or aucun problème de puissance n'a été rapporté sur le F-OFUT. Aussi l'absence de filtre ne peut pas être considérée comme explication unique de la contamination.

2.6.4 Hypothèse d'une contamination liée aux rinçages compresseur

Une contamination peut provenir des interventions de maintenance en relation avec les prises d'air alimentant les FCU, en particulier les rinçages compresseur (rinçage du compresseur et de la turbine des moteurs PT6).

2.6.4.1 Procédure utilisée pour les rinçages compresseur

Concernant les rinçages compresseur, le manuel de maintenance de PRATT & WHITNEY précise les éléments suivants.

- L'entretien des moteurs doit permettre d'éliminer le sel, la saleté et les autres dépôts brûlés qui s'accumulent au fil du temps et entraînent une détérioration des performances du moteur ainsi qu'une corrosion ou sulfuration⁷.
- En cas d'exploitation en environnement salin, le rinçage compresseur, le rinçage turbine de compresseur et le rinçage moteur extérieur sont à effectuer après le dernier vol de la journée. Les trois rinçages sont réalisés à l'eau potable.
- PRATT & WHITNEY recommande d'effectuer le rinçage de la turbine du compresseur après le rinçage du compresseur dans la mesure où le rinçage du compresseur transfère des dépôts de sel à l'intérieur de la turbine. La mise en garde suivante est également indiquée : si le rinçage de la turbine du compresseur doit être effectué en même temps que le rinçage du compresseur, rincer d'abord le compresseur.

Les techniciens de maintenance d'Aircalin installent l'ensemble des équipements (pour le rinçage du compresseur et de sa turbine) puis procèdent au rinçage proprement dit, c'est-à-dire à l'envoi de l'eau sur moteur sollicité en rotation par le démarreur puis au séchage.

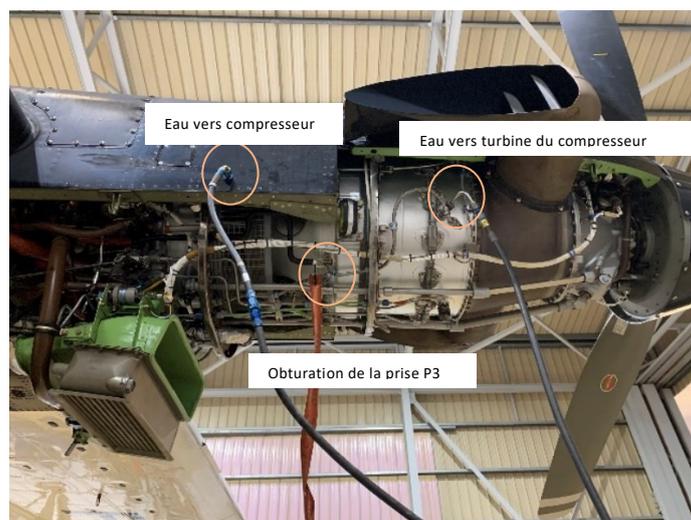


Figure 5 : installation des équipements pour le rinçage compresseur (partie compresseur et partie turbine) (Source : Aircalin)

Selon PRATT & WHITNEY, le fait de procéder aux rinçages du compresseur et de la turbine du compresseur de manière simultanée peut engendrer une accumulation d'eau entre le compresseur et la turbine qui pourrait ne pas être évacuée lors du séchage au cours de la mise en puissance des deux moteurs. Cette présence d'eau peut être évacuée progressivement. Elle peut aussi se positionner dans le circuit d'air et, au contact de certains métaux, peut générer un processus de corrosion.

⁷ PWC Maintenance Manual PART n° 3013242, chapitre 71.00.00 « Engine washing ».

- La procédure 71.00.00 « engine washing » demande à démonter la tuyauterie avant P3 afin d'éviter que de l'eau pénètre dans le circuit de régulation pneumatique du FCU. Si la prise P3 n'est pas démontée ou si elle est mal isolée pendant un rinçage compresseur, des contaminants peuvent migrer du compresseur vers le FCU via cette ligne P3.

Les techniciens de maintenance d'Aircalin ne démontent pas complètement la tuyauterie : pour les moteurs, dans la configuration de ceux en place sur le F-OCQZ au moment de l'événement, les techniciens de maintenance d'Aircalin utilisent une pastille obturatrice sur la sortie d'air P3. Cette pastille est une confection locale.

PRATT & WHITNEY indique que cette méthode est adéquate si on a la certitude que le blocage est efficace et que, lorsque l'on enlève cette pastille, la tuyauterie est bien asséchée. PRATT & WHITNEY ne se prononce pour autant pas sur l'efficacité de cette méthode.

Au moment de l'événement, les deux moteurs du F-OFUT étaient eux équipés d'une *safety valve* faisant l'objet d'un STC. Cette *safety valve* permet de ne pas démonter la tuyauterie avant la prise P3 et d'assurer rapidement l'étanchéité de celle-ci.

2.6.4.2 Régularité des rinçages compresseur

En novembre 2020, l'OSAC a procédé à un audit de l'organisme Part 145 sur l'aéroport de Wallis. Il a été noté un manque de traçabilité du contrôle des tâches répétitives (nettoyage turbine).

Lors de l'enquête du BEA, ont également été rapportés lors des entretiens des doutes sur la régularité des rinçages compresseur, suspicions alimentées par le manque de traçabilité.

Selon PRATT & WHITNEY, le manque de régularité dans les rinçages compresseur n'a pas d'impact direct sur la contamination des FCU.

2.6.4.3 Nettoyage compresseur

En cas de diminution des performances moteur, un nettoyage compresseur de récupération des performances (*compressor performance Recovery wash*) doit être réalisé en utilisant un liquide de lavage dédié contenant des additifs chimiques pour éliminer les dépôts les plus tenaces (ce qui a été effectué le 18 février et le 16 avril 2021).

2.6.5 Conclusion sur l'origine de la contamination des FCU

L'analyse des défaillances possibles à l'origine de la contamination a amené aux résultats suivants :

- la récurrence des pertes de puissance et le fait que les FCU ne proviennent pas des mêmes ateliers amènent à ne pas privilégier l'hypothèse d'un défaut lié à l'approvisionnement des FCU ;
- les moteurs des deux avions n'étaient pas équipés de système de filtration permettant de limiter la contamination dans la partie air des FCU via le prélèvement d'air P3 ;
- la présence d'une substance graisseuse dans les FCU n'a pas pu être expliquée ;
- la régularité des rinçages compresseur (tous les soirs) n'a pas pu être établie de façon certaine. Celle-ci n'a cependant pas un impact direct sur la contamination des FCU selon PRATT & WHITNEY ;
- si la prise P3 n'est pas démontée et si elle est mal isolée pendant un rinçage compresseur, il peut y avoir migration d'éléments depuis le compresseur vers le FCU. Il s'agit d'un

potentiel point de fragilité présent sur les moteurs du F-OCQZ au moment de l'événement et non sur ceux du F-OFUT en raison de la mise en place d'un système d'étanchéité (modification sous STC) ;

- le rinçage compresseur doit être suivi d'un rinçage turbine pour éliminer les dépôts transférés dans la turbine. Le fait de faire les deux rinçages de façon simultanée ne permet pas d'éliminer la totalité de l'eau. L'impact de cette eau sur la contamination des FCU n'est pas établi.

Il s'agit du seul événement de double défaillance moteur PT6A associée à une contamination des FCU au cours des dix dernières années, soit un taux d'événements de 0,024 événement/million d'heures.

Transports Canada, l'autorité de l'aviation civile canadienne, indique qu'en moyenne, au cours des cinq dernières années, le taux d'événements de perte de puissance associés à la contamination de la partie air du FCU est d'environ 0,2 événement/million d'heures. À moins que des modes communs ne soient présents, la probabilité d'un événement double est extrêmement faible.

Les éléments recueillis dans le cadre de l'enquête n'ont pas permis l'identification certaine d'un mode de défaillance commun aux deux moteurs et d'établir de façon précise l'origine de la contamination des FCU. La seule explication commune possible identifiée au cours de l'enquête pourrait être l'absence d'étanchéité de la prise P3 lors des rinçages compresseur.

2.7 Renseignements sur les processus de traitement des pannes récurrentes

La récurrence des pannes et le fait que l'avion a été remis en vol après quatre occurrences similaires sans que l'origine en soit identifiée amènent à interroger les processus de traitement des pannes récurrentes, en particulier les compétences auxquelles peuvent faire appel les équipes de maintenance, l'assistance qui leur est fournie, l'éventuelle pression subie pour une remise en vol et enfin l'impact de la collaboration entre pilotes et équipes de maintenance.

2.7.1 Traitement des pertes de puissance

Les techniciens de maintenance d'Aircalin ont procédé aux *troubleshooting* en suivant les éléments décrits dans le manuel de maintenance de Viking du Twin Otter et le manuel de maintenance spécifique au moteur PT6 de PRATT & WHITTNEY.

Les techniciens d'Aircalin indiquent que si un moteur reste au ralenti, les causes peuvent être :

- les câbles de commande ;
- le FCU ;
- la *start control valve* ;
- les injecteurs.

Après les changements de FCU, quatre événements de perte de puissance ont été signalés sur le moteur droit #2. Pour le premier, lors des réglages au sol, aucune anomalie n'avait été constatée. Après le deuxième, la partie pneumatique avait été inspectée et aucun dysfonctionnement n'avait été relevé. À la suite du troisième événement, le régulateur hélice avait été changé. À la suite du quatrième événement, l'avion était resté au sol pendant plus de trois semaines en raison d'un autre dysfonctionnement, les tests au sol n'avaient rien révélé, le moteur avait été nettoyé et l'avion remis en vol.

Dans l'ATL, il n'est pas fait mention d'un traitement spécifique des pannes ou dysfonctionnements récurrents.

2.7.2 Partage d'expériences et assistance

2.7.2.1 Site de Wallis

Sur le site de Wallis, huit personnes sont au service de production pour l'entretien en ligne et en base des deux DHC-6 (un responsable de production, deux techniciens APRS, quatre aides-mécaniciens sans APRS et un magasinier).

Pour les DHC-6, les travaux suivants peuvent être réalisés sur le site de Wallis :

- réalisation de l'ensemble des visites d'entretien jusqu'à et y compris la grande visite ;
- pour les moteurs PT6A-27 :
 - échange standard,
 - habillage/déshabillage,
 - inspection endoscopique.

Les techniciens en charge de l'entretien des DHC-6 ont tous une licence Part 66 et sont qualifiés sur le type. Le maintien de compétences techniques est basé sur l'activité. Un seul des techniciens a reçu une formation dédiée aux réglages des moteurs, ce qui limite les apports mutuels de compétences.

La décision d'AOG (*Aircraft On Ground*) revient entièrement aux techniciens bénéficiant de l'habilitation correspondante (celle associée à l'APRS) à Wallis. Le document « fleet status » traitant du Twin Otter est envoyé à chaque modification de l'état de l'avion au centre de contrôle de maintenance.

2.7.2.2 Bureau Technique (au sein de la Direction Technique)

La Direction Technique, basée à Nouméa, gère le Bureau Technique, la logistique et la production (maintenance).

La Direction Technique assure la responsabilité réglementaire de responsable d'entretien des avions entretenus dans l'atelier PART 145.

Le Centre de Contrôle de la Maintenance (MCC) pilote et assiste les équipes de maintenance d'Aircalin en base principale et les sous-traitants en escale dans les dépannages des avions dans le respect des procédures de l'exploitant. Il effectue une vérification hebdomadaire des plaintes répétitives.

Les pages de l'ATL sont scannées et envoyées au Bureau Technique au fur et à mesure. Le Bureau Technique est chargé d'identifier les plaintes répétitives, de développer et de planifier un programme de rectification afin de déterminer l'efficacité du programme mis en place.

Les pannes constatées sur le F-OCQZ ont ainsi été reportées au fur et à mesure au Bureau Technique. Cependant, pendant la période COVID, des réductions de poste ont eu lieu avec un impact possible sur le suivi de navigabilité des Twin Otter.

Le responsable du Bureau Technique a souligné la difficulté de traiter une panne non franche telle que les problèmes de puissance reportés dans l'ATL. Au deuxième remplacement de FCU, une

alerte sur une baisse de fiabilité des équipements a été mise en place. Le Bureau Technique s'est intéressé aux fournisseurs des FCU, les *shop reports* des précédents ont été demandés et la politique d'approvisionnement a été changée : l'approvisionnement en FCU ayant fait l'objet d'une simple réparation a été stoppé pour exiger exclusivement des éléments ayant fait l'objet d'une révision générale.

2.7.2.3 Motoriste PRATT & WHITNEY

Le Bureau technique indique qu'il n'y a eu aucun échange avec PRATT & WHITNEY pendant la période des pannes récurrentes.

2.7.3 Absence d'enregistreurs de vol ou de maintenance

Un audit de surveillance d'Aircalin mené par la Direction de l'aviation civile en Nouvelle-Calédonie (DAC-NC) en novembre 2020 pointait la nécessité d'une collaboration transverse au sein de la compagnie pour le traitement des événements précurseurs en soulignant que ceci était d'autant plus important que les DHC-6 ne sont pas dotés d'enregistreurs de données de vol.

Or, les éléments suivants ont été mentionnés au cours des entretiens effectués dans le cadre de l'enquête de sécurité du BEA :

- un doute des équipages par rapport à certaines réparations effectuées par les équipes de maintenance sur la base de Wallis ;
- des doutes des techniciens de maintenance quant au bien-fondé du report par les pilotes de certaines défaillances qu'ils jugent minimales ;
- une absence de discussion et des échanges limités au contenu de l'ATL, parfois très peu explicatif, la seule mention « Nil defect found » par exemple ;
- a contrario, dans la volonté de maintenir une bonne communication, une absence de report de certaines défaillances de la part des pilotes.

Ce déficit de collaboration entre mécaniciens et pilotes a pu avoir un impact sur le traitement de pannes récurrentes. Cela était d'autant plus vrai dans le cas des pertes de puissance qui ne sont pas reproduites de façon systématique au sol et qui plus est en l'absence d'enregistreurs de paramètres d'une part et de suivi des paramètres enregistrés par le calculateur Garmin d'autre part.

2.7.4 Conclusion sur le traitement des pannes récurrentes

Selon les témoignages recueillis dans le cadre de l'enquête, il apparaît que la remontée d'information depuis la base de Wallis vers la Direction Technique a été effective. Pour autant, il n'y a pas eu de recours au constructeur. La répétition des pannes n'a pas amené d'action spécifique immédiate, hormis une alerte sur les approvisionnements futurs. Enfin, le fait qu'un seul technicien soit formé au réglage des moteurs ne favorise pas la confrontation des expériences.

Les pannes récurrentes n'étaient pas systématiquement reproductibles au sol et le F-OCQZ n'est pas équipé d'enregistreurs. Dans ce contexte, les échanges entre pilotes et techniciens de maintenance, au moyen de l'ATL ou autre support de communication, étaient la seule source d'information. Or, la collaboration entre pilotes et techniciens était parfois défaillante.

2.8 Actions de suivi de navigabilité

Au cours des années précédentes, PRATT & WHITNEY avait émis plusieurs bulletins de service (SB) concernant l'installation de filtres sur la ligne entre le compresseur et le FCU pour prévenir la contamination de la partie air du FCU, notamment :

- le SB 1205 recommandé en 1974 ;
- le SB 1343 optionnel en 1981 ;
- le SB 1448 optionnel en 1990 avec en complément le SB 1495 concernant l'installation d'un système de drainage permettant de ne pas démonter la ligne d'air P3 entre le compresseur et le FCU lors des rinçages compresseur.

Les deux moteurs ont été construits selon des spécifications qui n'incorporaient pas de filtre sur la prise P3. Aucun des SB n'est classé dans les catégories obligatoires par PRATT & WHITNEY ni n'a fait l'objet d'une consigne de navigabilité par les autorités de certification ou de surveillance. Aucun des exploitants précédents de ces moteurs n'a intégré de filtre en appliquant l'un des SB. Ainsi les moteurs n'ont pas été équipés de système de filtration ni lors de leur construction ni en exploitation.

Aircalin n'a pas sollicité de conseils de PRATT & WHITNEY sur la mise en place de ces systèmes de filtration avant la survenue de l'événement

2.9 Actions mises en place par l'exploitant depuis l'événement

La Direction de la Sécurité et de la Conformité d'Aircalin a lancé une dizaine d'enquêtes relatives à la flotte DHC-6 en particulier à la suite de demandes de pilotes s'inquiétant de la baisse de fiabilité des avions. Une restitution d'un bilan DHC-6 s'est tenue en avril 2022. Parmi les sujets peuvent être cités :

- les lavages avion ;
- les visites journalières ;
- les rinçages compresseur.

Le Bureau Technique a recruté une personne dont le travail est dédié au suivi des DHC-6. Des échanges ont eu lieu avec le représentant local du motoriste, permettant une prise de connaissance et une meilleure collaboration future.

Des conseils ont été délivrés concernant :

- les procédures de rinçages compresseur ;
- la formation des techniciens de maintenance ;
- un rehaussement du niveau de suivi des performances des moteurs.

Des filtres P3 ont été mis en place. Une carte SD a été insérée dans le Garmin 950 pour permettre un suivi de certains paramètres moteur.

3 CONCLUSIONS

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

Scénario

Entre le 12 février et le 4 mai 2021 (jour de l'événement), quatre dysfonctionnements relatifs à des problèmes de puissance des moteurs au sol avaient été constatés et enregistrés dans le compte rendu matériel (ATL) de l'avion. Pour les quatre événements, les problèmes n'avaient pas été reproduits lors des opérations de maintenance leur faisant suite.

La veille de l'événement, les pilotes avaient réalisé un vol d'entraînement de nuit sans constater de problème de puissance.

Lors du vol de transport commercial de fret entre Wallis et Futuna, le 4 mai 2021, les pilotes ont opté pour une vitesse d'approche majorée de 10 kt en raison de possibles turbulences. La plage de vitesse entre la vitesse adoptée et la Vmax était alors réduite (de l'ordre de 8 kt). Les pilotes ont l'habitude de cette majoration, il s'agit d'une stratégie d'adaptation à l'absence de données météorologiques fiables et à l'absence d'indicateur de *windshear* dans l'avion.

Après avoir réduit de façon momentanée la puissance à idle pour diminuer la vitesse, le PF a constaté que la puissance ne remontait pas, il ne percevait pas le bruit attendu des turbines. La vitesse continuait à baisser malgré ses tentatives pour augmenter la puissance jusqu'à positionner les manettes en position pleine poussée. Il est parvenu à poser l'avion sur la piste grâce à une action à piquer et à un arrondi anticipé. Aucune asymétrie de traction n'a été remarquée par l'équipage lors de la remise en puissance.

Les tests au sol réalisés par l'équipage ont confirmé le problème de puissance sur le moteur droit (moteur #2). Le moteur gauche (moteur #1) n'a pas été testé immédiatement, le problème n'a pas été confirmé ensuite.

Les examens effectués sur les FCU des deux moteurs ont mis en évidence une contamination d'un niveau inhabituel, composée d'éléments environnementaux et de graisse (probablement d'huile moteur), susceptible de provoquer des défauts de fonctionnement tels qu'une absence de montée en puissance du moteur, sans que ce soit établi de façon certaine.

L'enquête n'a pas permis de conclure de façon certaine sur l'origine de cette contamination.

Facteurs contributifs

L'enquête a amené à identifier des facteurs de fragilité ayant pu contribuer à la contamination des FCU :

- une exploitation en air salin avec des moteurs configurés sans filtre en amont de la prise P3. La présence de filtre permet de limiter la contamination sans en éliminer toutes les sources ;
- des processus de rinçage qui diffèrent de ceux préconisés par le constructeur, comportant potentiellement des fragilités notamment vis-à-vis de l'isolation de la ligne P3.

L'enquête a amené à identifier des fragilités dans le traitement des pannes récurrentes :

- une absence d'alerte ou de traitement spécifique lors de pannes répétées ;
- des possibilités restreintes d'échanges et d'assistance offertes aux équipes de maintenance présentes à Wallis en raison notamment de l'éloignement géographique et des déplacements restreints en période de pandémie ;
- des difficultés à objectiver certains dysfonctionnements en l'absence d'enregistreurs ;
- une collaboration réduite avec le motoriste.

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.