

# Bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État

## Rapport d'enquête de sécurité



R-2021-21-I

Date de l'évènement  
Lieu  
Type d'appareil  
Organisme

12 décembre 2021  
Pamandzi (Mayotte)  
Vulcanair P68 C  
Réunion Fly Services

## AVERTISSEMENT

### UTILISATION DU RAPPORT

Conformément à l'article L.1621-3 du code des transports, l'unique objectif de l'enquête de sécurité est la prévention des accidents et incidents sans détermination des fautes ou des responsabilités.

L'établissement des causes n'implique pas la détermination d'une responsabilité administrative civile ou pénale.

Dès lors, toute utilisation totale ou partielle du présent rapport à d'autres fins que son but de sécurité est contraire aux engagements internationaux de la France, à l'esprit des lois et des règlements et relève de la seule responsabilité de son utilisateur.

### COMPOSITION DU RAPPORT

Les faits, utiles à la compréhension de l'évènement, sont exposés dans le premier chapitre du rapport. L'identification et l'analyse des causes de l'évènement font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre tire les conclusions de cette analyse et présente les causes retenues.

Le BEA-É formule ses recommandations de sécurité dans le quatrième et dernier chapitre.

Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale de Mayotte en vigueur le jour de l'évènement (UTC+3).

---

## CRÉDITS

		Page de garde
Figure 1	Airliners.net	7
Figure 2	Géoportail et BEA-É	11
Figure 3	Google Earth	12
Figure 4	BEA-É	14
Figures 5 à 8	Google Earth	14 et 15
Figures 9 et 10	Vulcanair et RFS	17
Figure 11	BEA-É	20
Figure 12	Vulcanair	20
Figure 13	Vulcanair et BEA-É	21
Figure 14	Wikipédia	22
Figure 15	BEA-É	23
Figure 16	Vulcanair	23

## TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE .....	4
SYNOPSIS.....	5
1. Renseignements de base .....	7
1.1. Déroulement du vol.....	7
1.2. Dommages corporels.....	8
1.3. Dommages à l'aéronef .....	8
1.4. Autres dommages .....	8
1.5. Renseignements sur l'équipage.....	8
1.6. Renseignements sur l'aéronef .....	9
1.7. Conditions météorologiques .....	10
1.8. Aides à la navigation .....	10
1.9. Télécommunications .....	10
1.10. Renseignements sur l'aéroport .....	11
1.11. Enregistreurs de bord .....	11
1.12. Constatations sur l'aéronef .....	11
1.13. Renseignements médicaux.....	12
1.14. Incendie .....	12
1.15. Organisation des secours .....	12
1.16. Essais et recherches .....	13
1.17. Renseignements sur les organismes.....	13
1.18. Renseignements supplémentaires .....	13
2. Analyse.....	17
2.1. Expertises techniques.....	17
2.2. Séquence de l'évènement .....	23
2.3. Recherche des causes de l'évènement.....	24
3. Conclusion .....	27
3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement .....	27
3.2. Causes de l'évènement .....	27
4. Recommandations de sécurité .....	29
4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement .....	29
4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement .....	29

## GLOSSAIRE

DGA EP	Direction générale de l'armement Essais propulseurs
ft	<i>Feet</i> – pieds (1 ft vaut 30,46 cm)
kt	<i>Knots</i> – nœuds (1 nœud vaut 1,852 km/h)
LIC	Lutte contre l'immigration clandestine
MANEX	Manuel d'exploitation
MTOW	<i>Maximum take off weight</i> – masse maximale au décollage
Nm	<i>Nautical mile</i> – mille nautique (1 Nm vaut 1 852 mètres)
PC AEM	Poste de commandement de l'action de l'État en mer
RFS	Réunion Fly Services

## SYNOPSIS

Date et heure de l'évènement : 12 décembre 2021 à 7h42

Lieu de l'évènement : 11 Nm au sud-est de l'aéroport de Dzaoudzi Pamandzi (FMCZ)

Exploitant : Réunion Fly Services (RFS)

Organisme responsable du contrat d'affrètement : préfecture de Mayotte

Organisme en charge du contrôle opérationnel : poste de commandement de l'action de l'État en mer (PC AEM)

Aéronef : Vulcanair P68 C, immatriculé F-ORET

Nature du vol : observation aérienne

Nombre de personnes à bord : 2

### Résumé de l'évènement selon les premiers éléments recueillis

Engagé dans une mission de lutte contre l'immigration clandestine sous l'autorité préfectorale, le P68 C de RFS décolle de l'aéroport de Dzaoudzi Pamandzi à 7h26 avec à son bord un équipage constitué d'un pilote commandant de bord et d'un observateur. Peu de temps après, en éloignement à 12 Nm vers le sud-est à une altitude de 800 ft, le pilote perçoit un bruit anormal sur le moteur gauche ainsi qu'un mouvement oscillatoire du cône d'hélice. Craignant la perte en vol d'une partie de l'ensemble propulsif, il décide de couper le moteur gauche et d'annuler la mission. Au cours du retour vers Dzaoudzi, alors en monomoteur, le moteur droit subit une perte de puissance et se coupe peu après. Après plusieurs tentatives de rallumage donnant lieu à des reprises de puissance éphémères, et après avoir envisagé l'amerrissage lors d'un point bas à 120 ft, le pilote finit par poser l'avion en vol plané sur la piste de Dzaoudzi. Une fois l'avion immobilisé, les secours de l'aéroport interviennent rapidement.

L'équipage, indemne, évacue l'avion.

### Composition du groupe d'enquête de sécurité

- un directeur d'enquête de sécurité du bureau enquêtes accidents pour la sécurité de l'aéronautique d'État (BEA-É) ;
- un directeur d'enquête adjoint (BEA-É) ;
- un représentant accrédité du bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile (BEA).

### Autres experts consultés

- direction générale de l'armement Essais propulseurs (DGA EP)/division investigations physico-chimiques ;
- atelier de maintenance aéronautique Aérowood de Nîmes-Courbessac ;
- école de l'aviation de transport de l'armée de l'Air et de l'Espace.

PAS DE TEXTE

## 1. RENSEIGNEMENTS DE BASE

### 1.1. Déroulement du vol

#### 1.1.1. Mission

Type de vol : CAG VFR<sup>1</sup>

Type de mission : travail aérien (observation aérienne)

Dernier point de départ : aéroport de Dzaoudzi Pamandzi (FMCZ)

Heure de départ : 7h26

Point d'atterrissage prévu : aéroport de Dzaoudzi Pamandzi

#### 1.1.2. Déroulement

##### 1.1.2.1. Préparation du vol

Dans le cadre de la lutte contre l'immigration clandestine (LIC), la préfecture de Mayotte a affrété à RFS un P68 C et son équipage. Le 12 décembre 2021, l'appareil doit réaliser une mission d'observation aérienne en basse altitude (entre 500 et 1 200 ft) au large de Mayotte. Après avoir exploité le dossier de mission et coordonné le vol avec le PC AEM, le pilote prépare l'avion et réalise des prélèvements de carburant par le dispositif de purge sur les deux réservoirs et les deux moteurs. Il constate la présence d'une quantité inhabituelle d'eau dans le décanteur du moteur droit et dans le réservoir droit. La purge de l'eau est effectuée jusqu'à apparition du carburant.

##### 1.1.2.2. Description du vol et des éléments qui ont conduit à l'évènement

À l'issue des actions pré-vol, le pilote commandant de bord s'installe en place avant gauche et l'observateur à l'arrière droit de l'appareil. À 7h20, le roulage est demandé. L'appareil chemine vers le taxiway puis remonte la piste 34 avant de s'aligner et de décoller pour une sortie vers l'est à une altitude de 1 200 ft.

##### 1.1.2.3. Reconstitution de la partie significative de la trajectoire du vol



<sup>1</sup> CAG VFR : Circulation aérienne générale, règles de vol à vue (*visual flight rules*).

Quelques minutes après le décollage, alors que l'appareil est en éloignement au sud-est du terrain au-dessus de la mer, le pilote perçoit un bruit anormal provenant du moteur gauche et observe une légère ondulation du cône de l'hélice. Craignant la perte en vol d'une partie du groupe propulsif, il décide d'annuler la mission et sécurise le moteur gauche en le coupant, puis en mettant l'hélice en drapeau. À 11 Nm sur l'axe de piste 34, alors que l'avion survole l'océan à 450 ft, le moteur droit se coupe spontanément. Le pilote tente immédiatement un premier redémarrage avec succès mais le moteur se coupe à nouveau peu de temps après. Par ailleurs, le pilote tente un rallumage du moteur gauche en vain. Il engage une série de quatre redémarrages du moteur droit, à chaque fois suivis d'extinctions. Cela lui permet cependant d'atteindre *in extremis* la piste de Dzaoudzi. L'atterrissage sur la piste 34 est réalisé en vol plané sans aucun moteur en fonctionnement. L'appareil est immobilisé sans dommage à mi-piste. Les secours interviennent immédiatement. L'équipage est indemne.

#### 1.1.3. Localisation

- Lieu :
  - pays : France
  - département : Mayotte
  - commune : Pamandzi
  - coordonnées géographiques : S 012°48'24" / E 45°16'50"
  - altitude de l'évènement : 450 ft
- Moment : jour
- Aérodrome le plus proche au moment de l'évènement : Dzaoudzi Pamandzi (FMCZ)

#### 1.2. Dommages corporels

L'équipage est indemne.

#### 1.3. Dommages à l'aéronef

L'appareil est légèrement endommagé au niveau du groupe propulsif gauche.

#### 1.4. Autres dommages

Sans objet.

#### 1.5. Renseignements sur l'équipage

##### 1.5.1. Pilote commandant de bord

- Âge : 42 ans
- Employeur : Réunion Fly Services
- Fonction dans l'organisme : gérant de la société
- Formations :
  - Qualifications :
    - CPL(A)<sup>2</sup> délivré le 24 octobre 2012 – IR<sup>3</sup> du 27 mai 2021
    - Instructeur CRI<sup>4</sup> renouvelé le 30 novembre 2021
    - Qualification de classe : MEP<sup>5</sup> prorogée le 27 mai 2021

---

<sup>2</sup> CPL(A) : *Commercial pilot licence (aeroplane)* – licence de pilote professionnel (avion).

<sup>3</sup> IR : *Instrument rating* – qualification de vol aux instruments.

<sup>4</sup> CRI : *Class rating instructor* – instructeur de qualification de classe.

<sup>5</sup> MEP : *Multi-engine piston* – moteurs multiples à piston.



- Expérience comme pilote :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont P68 C	sur tout type	dont P68 C	sur tout type	dont P68 C
Total (h)	1 395	502	63	63	22	22

- Date du précédent vol sur P68 C : la veille de l'incident, le 11 décembre 2021

#### 1.5.2. Observateur aérien

- Âge : 33 ans
- Employeur : Réunion Fly Services
- Fonction dans l'organisme : responsable des observateurs et coordinateur des astreintes
- Heures de vol estimées comme observateur :

	Total		Dans le semestre écoulé		Dans les 30 derniers jours	
	sur tout type	dont P68 C	sur tout type	dont P68 C	sur tout type	dont P68 C
Total (h)	810	450	N/A	N/A	50	50

L'observateur aérien est affecté à une tâche spécifique de surveillance maritime. Il dispose d'appareils de prises de vue et d'un GPS autonome. Il a bénéficié d'une formation interne décrite dans le manuel d'exploitation (MANEX). Ce personnel ne dispose pas de formation aéronautique.

#### 1.6. Renseignements sur l'aéronef

- Organisme : Réunion Fly Services
- Aérodrome de stationnement : Dzaoudzi Pamandzi (FMCZ)
- Type d'aéronef : Vulcanair P68 C

Le Vulcanair P68 C est un avion bimoteur léger non complexe<sup>6</sup> de catégorie A<sup>7</sup>, certifié le 2 janvier 1979, à aile haute, train fixe, monopilote, disposant de six places. Le détenteur du certificat de type est Vulcanair.

	Type-série	Numéro	Heures de vol totales	Heures de vol depuis RG <sup>8</sup>	Heures de vol depuis dernière VP <sup>9</sup>
Cellule	Vulcanair P68 C	279	3 706	Sans objet	32
Moteur 1	Lycoming IO-360-A1B6	L-26653-51A	2 725	604	32
Moteur 2	Lycoming IO-360-A1B6	L-26652-51A	2 725	604	32
Hélice 1	Hartzell HC-C2YK-2CUF/FC7666A-4	AU11613B	669	Sans objet	Sans objet
Hélice 2	Hartzell HC-C2YK-2CUF/FC7666A-4	AU11612B	669	Sans objet	Sans objet

<sup>6</sup> Un avion à motorisation complexe est un avion ayant une MTOW (*Maximum take off weight*) > 5.7 t, ou nombre de PAX > 19, ou équipage de conduite d'au moins deux pilotes, ou équipé d'au moins un turboréacteur ou turbopropulseur.

<sup>7</sup> La catégorie de l'avion est définie par sa vitesse de référence. Vref (vitesse d'atterrissage) < 91 kt.

<sup>8</sup> RG : Révision générale, selon le manuel de maintenance AMM10.702-1 de Vulcanair.

<sup>9</sup> VP : Visite périodique.

### 1.6.1. Maintenance

Le suivi de la navigabilité de l'appareil est assuré par SEGA AERO qui possède un agrément partie CAMO<sup>10</sup>. Les opérations de maintenance sont réalisées conformément au plan d'entretien du constructeur. Les interventions techniques sont menées sous la responsabilité d'Aérowood (cf. 1.17.2), une société basée en métropole. La dernière visite périodique portant sur la cellule et les éléments moteur a été réalisée sur le site d'exploitation à Mayotte le 30 novembre 2021. Elle a donné lieu notamment à une vérification du système d'injection carburant dans les moteurs et à un réglage du calage plein petit pas des hélices.

Les réservoirs carburant ont fait l'objet d'une vérification complète cinq mois auparavant. La prochaine révision doit intervenir de manière calendaire en juillet 2023. Le potentiel restant avant ce contrôle est établi à 330 heures de vol au moment de l'incident.

La maintenance est conforme à l'attendu. L'aéronef est navigable.

### 1.6.2. Performances

Compte tenu de la masse, des températures ambiantes et des altitudes de vol, l'appareil a des performances conformes à l'attendu et compatibles avec la mission prévue.

### 1.6.3. Masse et centrage

Au moment de l'évènement, le centrage et la masse (1,7 tonnes) se situent dans le domaine normal de vol.

### 1.6.4. Carburant

- Type de carburant utilisé : AVGAS 100 LL
- Quantité de carburant au décollage : 300 litres
- Quantité de carburant au moment de l'évènement : environ 280 litres

## 1.7. Conditions météorologiques

### 1.7.1. Prévisions

Les prévisions météorologiques consultées avant le vol sont : plafond nuageux à 9 000 ft avec une visibilité supérieure à 10 kilomètres et un vent modéré d'environ 10 kt du nord-est. Des averses ponctuelles pourraient être observées avec une réduction locale de visibilité à 1 500 mètres (m).

### 1.7.2. Observations

Au moment du vol, les conditions météorologiques sont : plafond nuageux à 5 000 ft, vent à 1 200 ft du nord-est pour 25 kt. La température de l'air est de 28 °C et le point de rosée 23 °C, soit un taux d'humidité de 74%. La mer est agitée (force 4 avec une hauteur des vagues de 1,25 à 2,5 m).

## 1.8. Aides à la navigation

L'appareil est équipé d'un système de navigation fonctionnel comprenant un GPS<sup>11</sup> et un VOR<sup>12</sup>/DME<sup>13</sup>.

## 1.9. Télécommunications

L'aéronef est équipé de deux radios VHF<sup>14</sup>, d'une radio HF<sup>15</sup>, d'un téléphone satellite et d'un transpondeur. Pendant tout le vol, le pilote est en contact permanent avec la tour de Dzaoudzi et le PC AEM.

---

<sup>10</sup> CAMO : *Continuing airworthiness management organisation* – organisme de gestion du maintien de la navigabilité d'après les règlements de l'Union Européenne 2019/1383 et 2020/270.

<sup>11</sup> GPS : *Global positioning system* – système de positionnement par satellites.

<sup>12</sup> VOR : *VHF Omnidirectional Range* – système d'aide à la navigation aérienne.

<sup>13</sup> DME : *Distance measuring equipment* – télémètre utilisé en navigation aérienne.

<sup>14</sup> VHF : *Very High Frequency* – très haute fréquence.

<sup>15</sup> HF : *High Frequency* – haute fréquence.

### 1.10. Renseignements sur l'aéroport

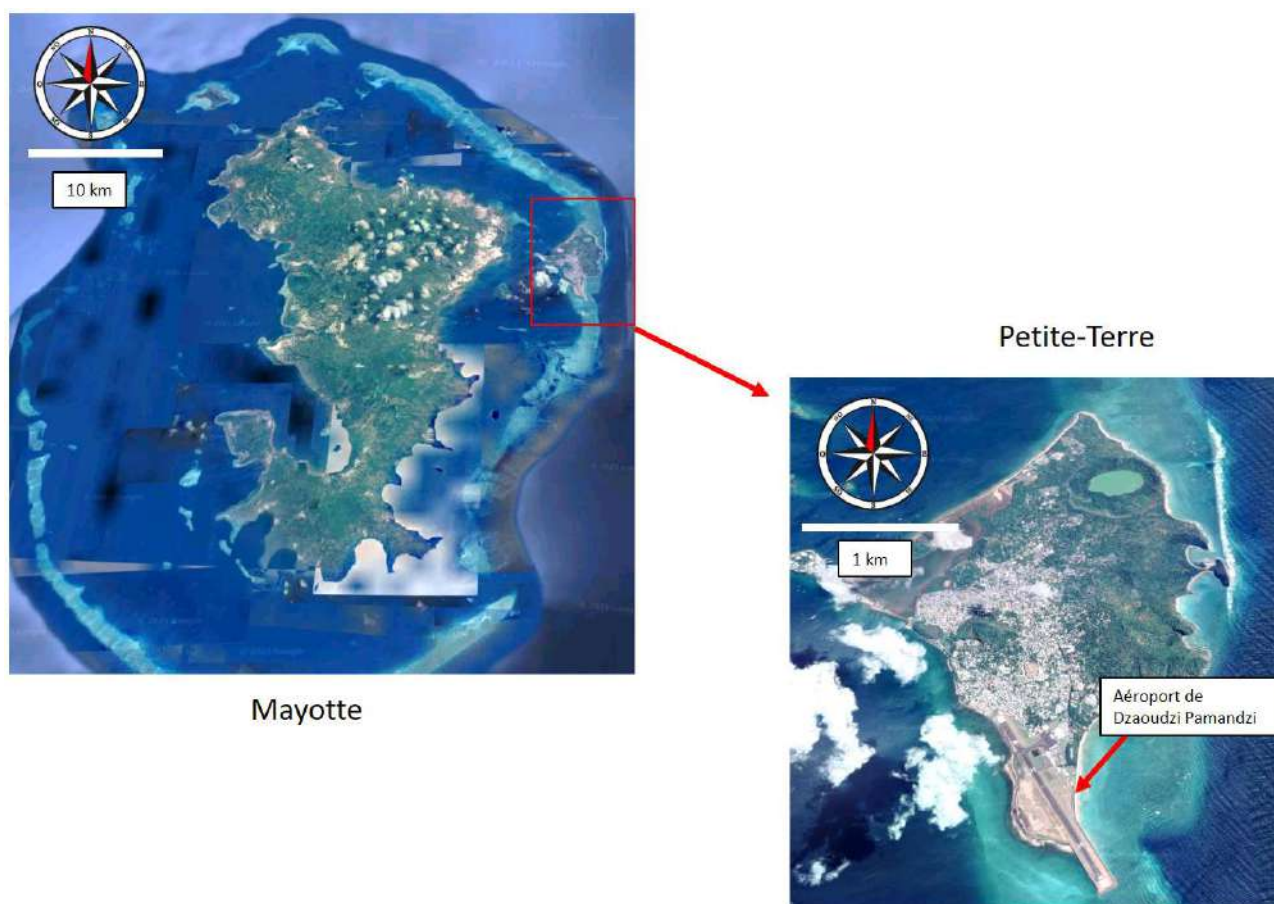


Figure 2 : aéroport de Dzaoudzi Pamandzi

L'aéroport de Dzaoudzi Pamandzi est situé sur Petite-Terre à l'est de Grande-Terre. Il est équipé d'une piste revêtue orientée au 16/34, d'une longueur de 1 930 m pour 45 m de large et ouverte à la circulation aérienne publique. Il dispose d'un VOR/DME. Un NOTAM<sup>16</sup> précise que le NDB<sup>17</sup> n'est pas fonctionnel. L'aéroport est situé en espace de classe G. Il est réservé aux aéronefs munis de radio. C'est un aérodrome contrôlé.

### 1.11. Enregistreurs de bord

L'appareil n'est équipé d'aucun système d'enregistreur de bord.

### 1.12. Constatations sur l'aéronef

Le groupe propulsif gauche présente des marques extérieures d'endommagement sous la forme de deux fissures sur le support du cône d'hélice.

<sup>16</sup> NOTAM : *Notice to airmen* – message aux navigants aériens.

<sup>17</sup> NDB : *Non directional beacon* – balise non directionnelle.



Figure 3 : support de cône d'hélice du moteur gauche

Aucun autre dommage n'est constaté.

### **1.13. Renseignements médicaux**

#### **1.13.1. Pilote commandant de bord**

- Dernier examen médical<sup>18</sup> :
  - type : visite au centre aéromédical de La Réunion le 7 décembre 2021
  - résultat : apte classe 1
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : néant

#### **1.13.2. Observateur aérien**

- Dernier examen médical : sans objet
- Examens biologiques : non effectués
- Blessures : néant

### **1.14. Incendie**

Sans objet.

### **1.15. Organisation des secours**

Depuis le décollage, le pilote est en contact permanent avec la tour de l'aéroport. À l'annonce de la coupure du premier moteur, le contrôleur met les pompiers du site en alerte. Quand l'appareil perd son second moteur, le contrôleur déclenche immédiatement les secours et tente d'alerter la compagnie des sauveteurs en mer, en vain.

<sup>18</sup> Conforme à la Part-MED du règlement européen (UE) n° 1178/2011 du 3 novembre 2011 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables au personnel navigant de l'aviation civile conformément au règlement (CE) n° 216/2008 du Parlement européen et du Conseil européen.

Dans la minute suivant l'immobilisation du P68 C sur la piste, les deux véhicules incendie, situés à 350 m, pénètrent sur la piste et prennent position en avant de l'aéronef. Constatant que les deux membres d'équipage ont évacué l'avion, le responsable des secours les rejoint à pied et les prend en charge. À l'issue, l'aéronef est tracté vers sa zone de stationnement.

#### 1.16. Essais et recherches

L'analyse des fluides présents dans le circuit carburant est réalisée par la division investigations physico-chimiques de DGA EP.

Des essais au sol et en vol sont réalisés par Réunion Fly Services, Aérowood et l'école de l'aviation de transport de l'armée de l'Air et de l'Espace.

L'analyse des facteurs organisationnels et humains est réalisée par le BEA-É.

#### 1.17. Renseignements sur les organismes

##### 1.17.1. Réunion Fly Services

RFS est une société d'importation d'essence aviation 100 LL et de services aéronautiques spécialisés, qui propose la réalisation de missions de surveillance aérienne et de prises de vue dans la région de l'Afrique-Océan Indien. Son activité est déclarée dans le cadre de la réglementation relative aux SPO<sup>19</sup>. Elle dispose sur Mayotte d'un P68 C qui couvre l'ensemble des activités de la société, de quatre pilotes qualifiés sur l'appareil, d'un apprenti mécanicien, de trois observateurs aériens et de locaux techniques situés dans l'enceinte des aéroports de Mayotte et de La Réunion.

Le cadre contractuel du vol ayant fait l'objet de l'incident est un contrat d'affrètement passé avec la préfecture de Mayotte pour des missions de surveillance aérienne.

##### 1.17.2. Aérowood

Basée sur l'aérodrome de Nîmes-Courbessac, Aérowood assure des services de construction aéronautique, de maintenance et de suivi de navigabilité. Cette entreprise possède un agrément Part CAMO<sup>20</sup> adapté aux aéronefs non complexes exploités hors transport aérien commercial. Les interventions techniques s'opèrent sous la responsabilité d'Aérowood.

#### 1.18. Renseignements supplémentaires

##### 1.18.1. Activité aérienne au bénéfice de la LIC

Conduite sous l'autorité de la préfecture, la politique de lutte contre l'immigration clandestine associe tous les services de l'État à Mayotte. Afin de compléter les moyens terrestres et maritimes existants, la préfecture a décidé en 2020 de renforcer le volet aérien au moyen d'une prestation externe contractualisée. L'objectif recherché est la mise en place d'une surveillance aérienne maritime en coordination étroite avec les moyens de détection et d'interception étatiques. Cette mission implique une activité aérienne journalière pour le P68 C de RFS. Ainsi, sur les 12 derniers jours précédant l'incident, l'appareil a volé quotidiennement, souvent plusieurs fois par jour, pour un total de plus de 30 heures de vol. Ces vols sont conduits exclusivement de jour et durent en moyenne deux heures.

##### 1.18.2. Stationnement de l'appareil

L'appareil est stationné en permanence sur l'emprise de l'aéroport. Il ne dispose pas d'abri. Deux emplacements sont habituellement utilisés : une surface herbeuse sans inclinaison ainsi qu'une surface revêtue en léger dévers située le long d'un hangar. Au cours de la nuit précédant le vol, l'appareil était stationné sur cette surface revêtue et orienté face à l'est.

---

<sup>19</sup> SPO : *Specialized operations* – exploitations spécialisées dont l'observation aérienne d'après le règlement de l'Union Européenne n° 965/212 « AIR-OPS ».

<sup>20</sup> CAMO : *Combined airworthiness management organisation* – agrément combiné d'organisme de maintien de navigabilité.



Figure 4 : lieu de stationnement du P68 C

#### 1.18.3. Approvisionnement en carburant et procédures d'avitaillement

Le P68 C est avitaillé à partir de fûts d'AVGAS 100 LL de 195 litres fournis par RFS. Ils sont scellés et situés sous abris. Le carburant est réputé pollué si l'ancienneté du fût est supérieure à 24 mois ou si, une fois entamé, la date d'ouverture remonte à plus de 14 jours. L'avitaillement est toujours réalisé par le commandant de bord ayant effectué le vol et fait l'objet d'une procédure détaillée dans le MANEX de RFS.

Sur les 12 derniers jours, le plein des réservoirs est presque systématiquement effectué à l'issue de la journée de vol, à l'exception notable de la veille de l'incident. Le dernier plein en carburant est réalisé le 10 décembre par un commandant de bord différent de celui de l'évènement, soit deux jours avant l'incident. Le lendemain, l'avion effectue un vol de deux heures. Lorsqu'il est stationné pour la nuit précédant l'incident, il dispose d'environ 300 litres, répartis de manière homogène dans les deux réservoirs d'aile, pour une contenance maximale de 538 litres.

#### 1.18.4. Cône d'hélice

Sur les moteurs du P68 C, le cône d'hélice est fixé pour sa partie arrière sur un support solidaire de l'hélice, et à l'avant sur un axe, appelé butée de plein petit pas, qui sert également à régler la vitesse de rotation de l'hélice.

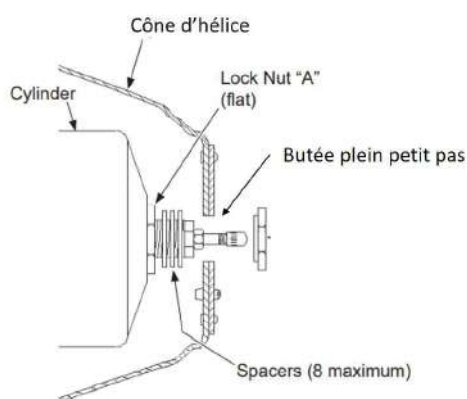


Figure 5 : fixation avant sur la butée plein petit pas



Figure 6 : cône d'hélice et son support



#### 1.18.4.1. Circuit carburant

L'appareil est équipé de deux réservoirs d'aile d'une capacité de 269 litres chacun. En fonctionnement standard, chaque moteur est relié au réservoir d'aile correspondant. Il est possible de modifier en vol cette configuration en reliant un moteur au réservoir opposé au moyen du *fuel selector valve* (sélecteur de réservoir).

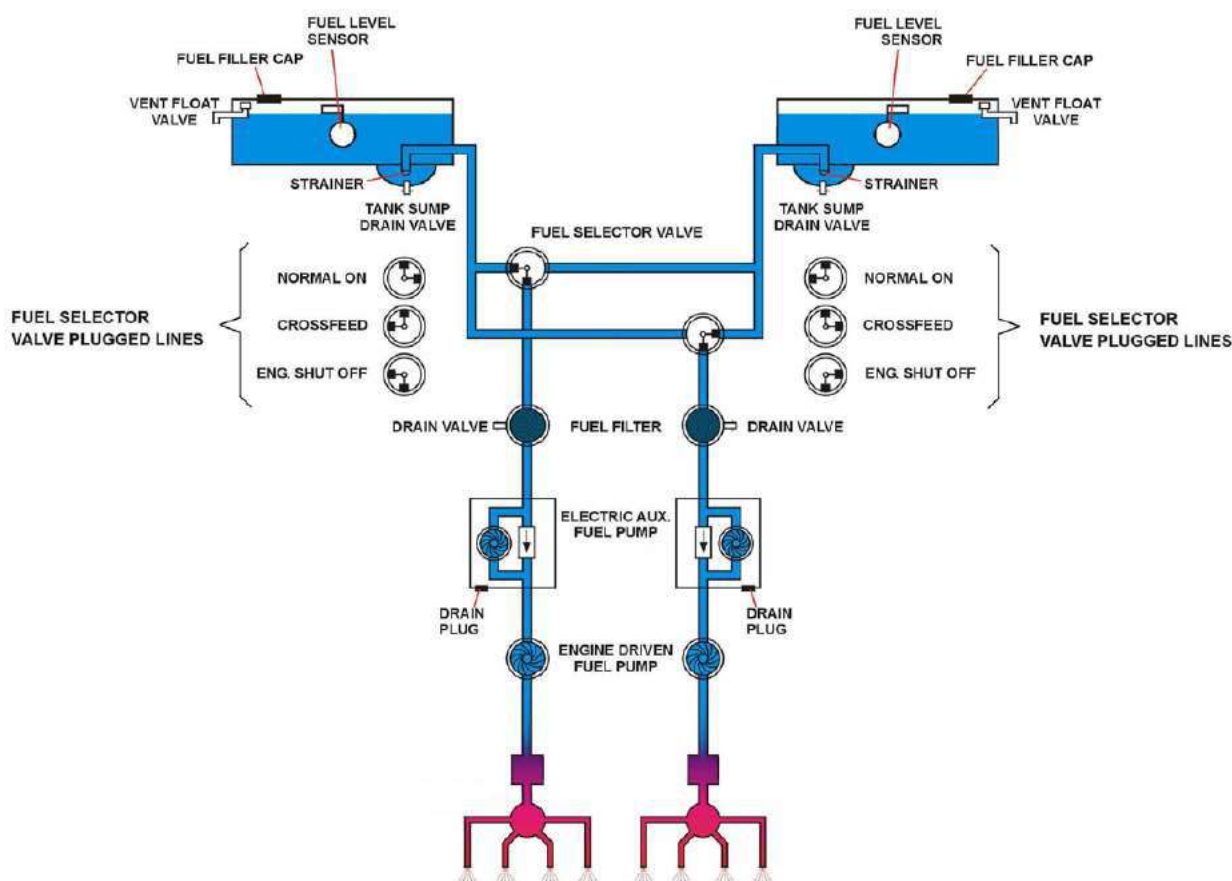


Figure 7 : circuit carburant du P68 C

Les points d'admission en carburant et les valves de purge sont situés à côté de chaque moteur, à l'opposé de l'extrémité de chacune des deux ailes.

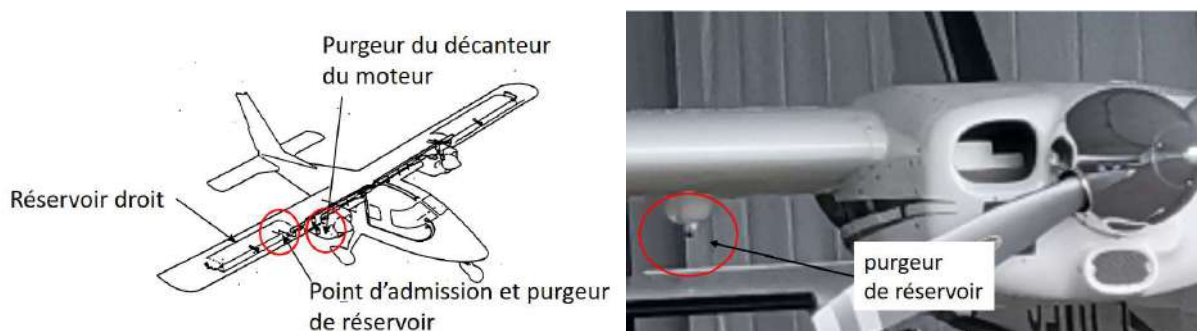


Figure 8 : réservoir droit

#### 1.18.5. Enquête sous responsabilité du BEA-É

Le règlement européen 996/2010 relatif aux enquêtes sur les accidents et incidents dans l'aviation civile précise en son article 3 paragraphe 3 qu'il ne s'applique pas « aux enquêtes de sécurité relatives à des accidents et des incidents graves impliquant des aéronefs affectés à des opérations militaires, douanières ou policières ou à des opérations analogues, sauf si l'État membre concerné en décide ainsi ». L'article L1621-2 du code des transports prévoit que tout accident ou incident grave d'aviation civile fait l'objet d'une enquête

de sécurité, et l'article R1621-1 du même code désigne le BEA comme autorité chargée d'enquêter sur les accidents ou incidents d'aviation civile.

Cependant, compte tenu de la nature de la mission ayant donné lieu à cet événement et en application du protocole de coopération entre le BEA-É et le BEA du 6 juin 2019 et notamment son article 2, la responsabilité de l'enquête a été déléguée au BEA-É.



## 2. ANALYSE

### 2.1. Expertises techniques

#### 2.1.1. Expertise du moteur gauche

Au démontage de l'ensemble propulsif, il est constaté la rupture en plusieurs parties du support de cône d'hélice. Sous la coiffe du cône, le repère de position de l'écrou de serrage de la butée du plein petit pas est décalé d'une dizaine de degrés par rapport à son montage initial. Les fils de sécurité sont rompus. L'axe de réglage de la butée plein petit pas présente des marques de frottement à l'endroit où la partie supérieure du cône était fixée. Le trou axial de maintien du cône présente les mêmes marques de frottement.

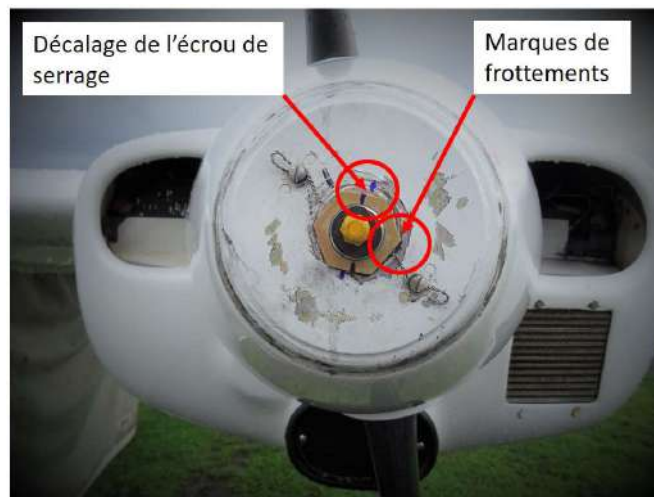


Figure 9 : vue sous la coiffe

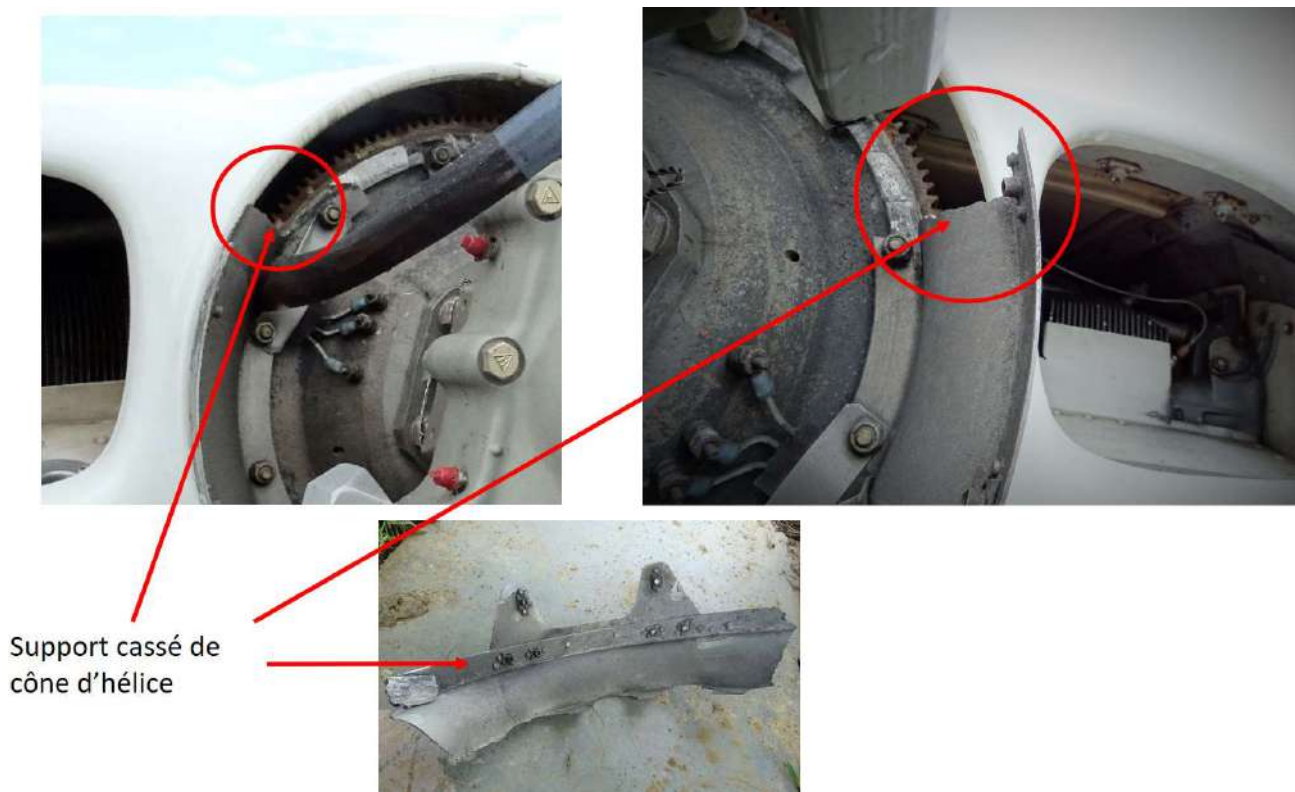


Figure 10 : vue de l'hélice sans le cône

L'inspection détaillée de l'ensemble propulsif ainsi que les tests réalisés au sol et en vol n'ont pas permis de mettre en évidence un défaut de fonctionnement de l'hélice ou du moteur.

Le jour de l'évènement, le pilote indique avoir constaté une oscillation notable du cône l'ayant incité à couper le moteur.

Ces éléments tendent à montrer que l'origine des dégâts provient d'un décalage de l'écrou de serrage de la butée plein petit pas provoquant un désalignement du cône par rapport à l'axe longitudinal de l'hélice ayant entraîné des efforts radiaux aux deux points de fixations : sur le support de cône situé à l'arrière et sur l'axe de la butée plein petit pas situé à l'avant. Cela aboutit à une fragilisation et à une rupture du support du cône d'hélice.

**Les dégâts sur le groupe propulsif du moteur gauche sont la conséquence du réglage du plein petit pas et témoignent d'un probable défaut d'alignement du cône d'hélice.**

#### 2.1.2. Expertise du moteur droit

Le moteur droit ne présente aucun défaut de fonctionnement.

**Le moteur droit est intègre.**

#### 2.1.3. Expertise du carburant

##### 2.1.3.1. Évaluation de la pollution

L'analyse du carburant prélevé dans le réservoir droit et au niveau du décanteur du moteur droit démontre la présence d'une pollution par eau. Le volume d'eau recueilli après le vol est estimé à environ 200 millilitres (ml). En dehors de cette pollution, les caractéristiques du carburant prélevé sont conformes à l'attendu.

Cette quantité d'eau est en mesure de provoquer une coupure du moteur par absorption. En effet, l'eau n'étant pas miscible avec l'essence 100 LL et étant plus dense que le carburant, elle forme un ensemble homogène concentré au niveau du point bas du réservoir. On considère qu'un moteur non alimenté en carburant pendant plus de trois secondes s'arrête spontanément. Or, avec un régime de 2 450 tours par minute, soit 40 tours par seconde, et une consommation de l'ordre de 40 litres par heure, le moteur Lycoming du P68 C peut absorber 33 ml de liquide en trois secondes sur 120 tours. Si ce liquide est exclusivement constitué d'eau, il provoquera l'arrêt du moteur.

**Durant le vol, le volume d'eau présent dans le circuit carburant du moteur droit est suffisant pour provoquer l'arrêt en vol de ce dernier.**

#### 2.1.3.2. Expertise de l'eau présente dans le système carburant, moteur droit

L'analyse de l'eau contenue dans le réservoir droit a été menée en laboratoire. Les résultats sont comparés à un échantillon d'eau du robinet prélevé dans la zone de stationnement de l'appareil, aux analyses de l'agence régionale de santé (ARS) datées du 20 septembre 2021, à de l'eau de mer, à de l'eau de pluie et à de l'eau de condensation.

Origine de l'eau analysée	Conductivité (µs/cm)	Cl - (mg/L)	Alcalinité totale (mg/L CaCO <sub>3</sub> )
Eau de pollution contenue dans le réservoir droit	561	156	113
Eau témoin issue du robinet	823	185	94
Analyses ARS des eaux destinées à la consommation humaine	non mesurée	110	105
Eau de mer	de l'ordre de 56 000 <sup>21</sup>	de l'ordre de 35 000	120 <sup>22</sup>
Eau de condensation/pluie	moins de 80 <sup>23</sup>	proche de 0	non mesurée

Le niveau de conductivité de l'eau de pollution est cent fois plus faible que celui de l'eau de mer et sept fois plus élevé que celui de l'eau de pluie ou de condensation. En revanche, il est du même ordre de grandeur que celui de l'eau du robinet. Le niveau de chlorures est très proche de celui de l'eau du robinet et de celui mesuré par l'ARS, mais très éloigné de celui de l'eau de mer et de l'eau de pluie. Les niveaux d'alcalinité totale sont similaires.

L'analyse démontre que l'eau prélevée dans le réservoir droit n'est ni de l'eau de mer, ni de l'eau de condensation, ni de l'eau de pluie. En revanche, ses caractéristiques apparaissent proches de celles de l'eau du robinet.

**L'eau contenue dans le réservoir droit présente des caractéristiques très proches de celles de l'eau du réseau domestique de la région de Dzaoudzi.**

#### 2.1.4. Expertise du bouchon d'avitaillement

L'étude du bouchon droit d'avitaillement situé sur l'extrados de l'aile n'a révélé aucun écart de qualité en termes d'étanchéité. Sa position est vérifiée à chaque visite pré-vol. Les essais réalisés par Aérowood et RFS en conditions réelles de fortes pluies après l'évènement n'ont pas démontré un défaut d'étanchéité du bouchon ni du réservoir.

<sup>21</sup> Source : AgroParisTech.

<sup>22</sup> Source : *Global Ocean Data Analysis Project Climatology*.

<sup>23</sup> Source : AgroParisTech.

### 2.1.5. Étude de l'efficacité des purges

Chaque réservoir d'aile est équipé d'un puisard (*fuel tank sump*) qui permet de recueillir les polluants plus lourds que le carburant comme l'eau. Il faut noter que la crépine d'admission du carburant (*fuel strainer*) est située à l'aplomb du puisard.

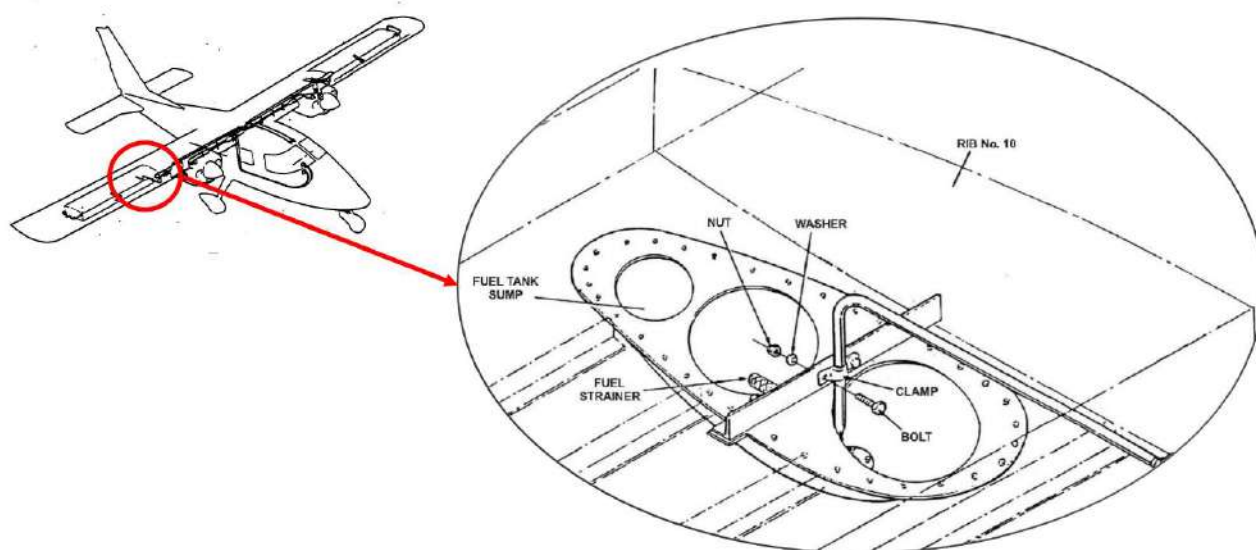


Figure 11 : puisard (*fuel tank sump*) et crépine d'admission du carburant (*fuel strainer*)

Ce système est positionné à une extrémité des réservoirs, près des fixations des moteurs. Quand l'avion est à plat (inclinaison nulle), les ailes formant un dièdre<sup>24</sup> nul, les puisards constituent un point bas. Cette configuration permet une optimisation du processus de purge des réservoirs.

Le parking sur lequel l'avion était stationné la veille du vol présente une inclinaison vers le sud. L'appareil faisant face à l'est était donc incliné à droite créant ainsi un second point bas situé à l'extrémité du réservoir de l'aile droite.

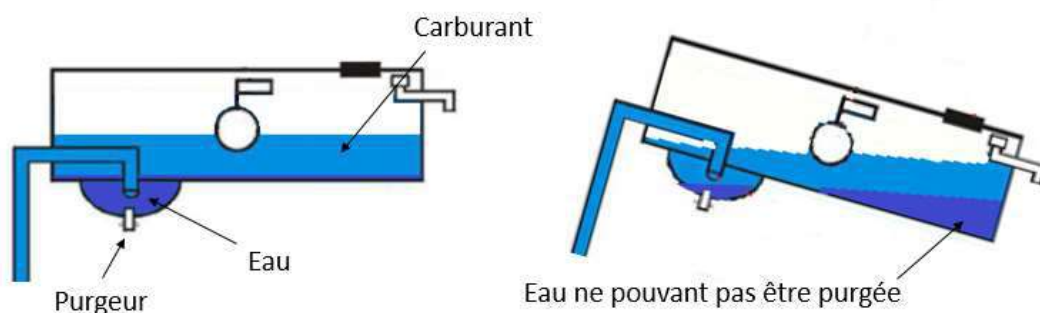


Figure 12 : illustrations du réservoir à plat et incliné

Dans cette dernière configuration, la purge effectuée lors de la pré-vol n'a pas suffi à évacuer toute l'eau accumulée en dehors du puisard droit.

On constate en effet qu'à l'issue du vol, il reste une quantité significative d'eau dans le réservoir.

En raison d'un stationnement légèrement incliné à droite lors de la visite pré-vol de l'aéronef, la purge du réservoir droit n'a pas permis d'éliminer toute l'eau présente.

<sup>24</sup> Le dièdre est l'angle formé par le plan de chaque aile et le plan horizontal.

### 2.1.6. Pilotage du P68 C en configuration N-1<sup>25</sup>

Lors de l'arrêt d'un des deux moteurs, le vol s'effectue à puissance dissymétrique provoquant des effets aérodynamiques et gyroscopiques tendant à faire pivoter l'avion sur son axe de lacet et de roulis vers le moteur en panne. Afin de maintenir la trajectoire, le pilote doit agir sur la direction et le gauchissement pour contrer ces effets. En dessous d'une certaine vitesse, appelée  $V_{mc}$ <sup>26</sup>, l'efficacité seule des gouvernes n'est plus suffisante pour maîtriser la trajectoire de l'avion. Sur un bimoteur à hélices classiques<sup>27</sup> comme le P68 C, le moteur gauche est considéré comme le moteur critique, son arrêt provoquant les effets les plus difficiles à contrôler autour des axes de roulis et de lacet. En N-1, les performances de l'avion sont nettement dégradées avec un taux de montée inférieur à 200 ft par minute<sup>28</sup>.

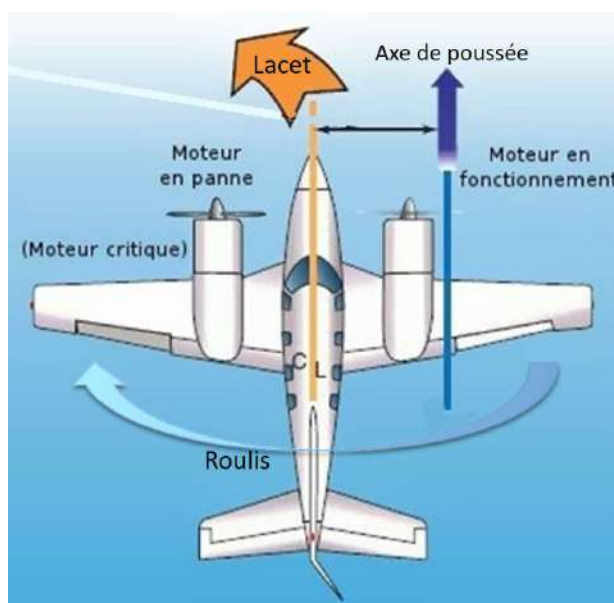


Figure 13 : effets induits par la panne du moteur critique

À altitude constante, lorsqu'un virage est effectué avec les deux moteurs en fonctionnement, l'action combinée de la gravité et de la force centrifuge a tendance à maintenir le carburant au fond des réservoirs, comme si l'appareil volait à plat. En configuration N-1 et afin de conserver une trajectoire rectiligne, l'appareil accusant un certain dérapage, une inclinaison non nulle peut être appliquée pour conserver une trajectoire rectiligne. Le carburant peut alors se déplacer dans les réservoirs sous la seule action des forces de gravité.

**En configuration N-1 avec le moteur critique à l'arrêt, le vol est dissymétrique, les performances sont nettement dégradées, le maintien d'attitude est difficile et le carburant est mobile dans les réservoirs.**

<sup>25</sup> N-1 : se dit d'une configuration d'un bimoteur lorsque l'un de ses moteurs est inopérant.

<sup>26</sup>  $V_{mc}$  : *Minimum control speed* – vitesse la plus petite à laquelle l'appareil est contrôlable avec une inclinaison de moins de 5° quand un moteur s'arrête soudainement et que l'autre moteur fonctionne normalement à la puissance de décollage. Pour le P68 C, elle est de 62 kt indiqués.

<sup>27</sup> Dont les deux hélices, vues de l'arrière, tournent en sens horaire.

<sup>28</sup> À 1 000 ft d'altitude, 23°C et à la MTOW en maintenant 88 kt de vitesse indiquée, correspondant au meilleur taux de montée.



### 2.1.7. Analyse de la trajectoire

#### 2.1.7.1. Évolutions de l'altitude

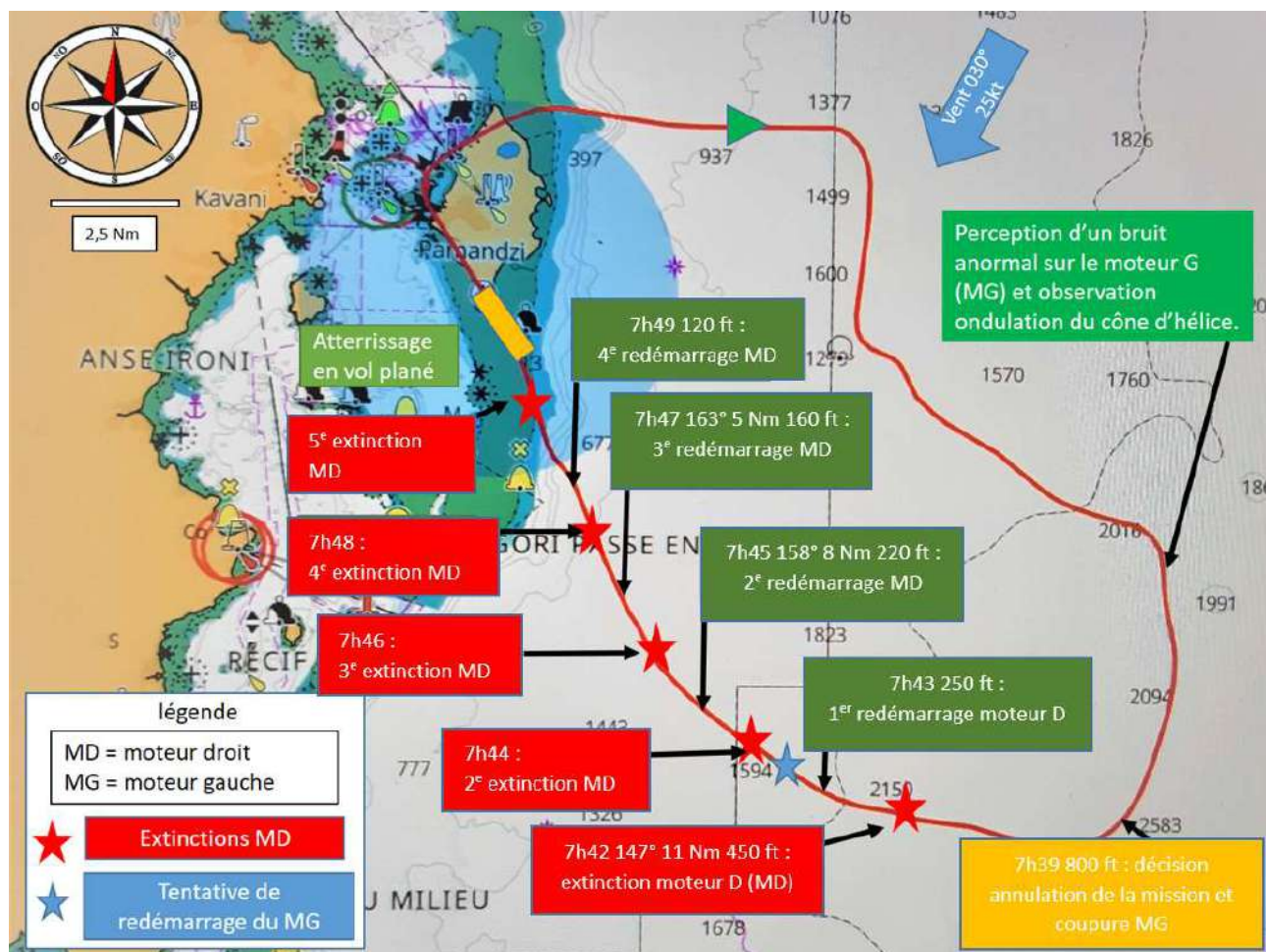


Figure 14 : trajectoire et événements

À l'annonce de la coupure du moteur critique, l'avion évolue à une altitude de 800 ft. Mais quand le moteur opposé se coupe la première fois, l'avion n'est plus qu'à 450 ft. Son redémarrage est annoncé à 250 ft. L'altitude semble ensuite osciller entre 250 ft et 120 ft durant l'approche.

**La perte d'altitude juste après l'arrêt du moteur critique démontre la difficulté à maîtriser la trajectoire.**

#### 2.1.7.2. Mouvement de l'eau dans le réservoir droit

Le moteur droit se coupe à cinq reprises sur les dix dernières minutes du vol et son temps de fonctionnement ne semble jamais dépasser une minute. On constate que le moteur se coupe à chaque fois que le vol est dissymétrique en configuration N-1. En vol dissymétrique sans être en virage, l'eau présente dans le réservoir droit tend à s'accumuler vers le point d'alimentation du moteur. Les conditions d'extinction par absorption d'eau sont alors réunies et peuvent provoquer la coupure du moteur en moins d'une minute.

Lorsque les deux moteurs sont coupés, l'avion étant alors en plané, le vol redevient symétrique. L'eau n'est plus concentrée à proximité du point d'alimentation du moteur créant des conditions favorables à un redémarrage.

**Les arrêts du moteur droit interviennent après la coupure volontaire du moteur critique et à chaque fois que l'appareil est en vol dissymétrique. Après chaque redémarrage réussi, le temps de fonctionnement du moteur droit ne dépasse pas une minute.**

### 2.1.8. Procédures de sécurisation et de rallumage d'un moteur

La procédure d'arrêt et de sécurisation d'un moteur en vol est décrite dans le manuel de vol. Elle consiste à positionner les manettes de puissance et de richesse en secteur plein réduit/fermé, à mettre l'hélice en drapeau afin de limiter la traînée et à isoler le moteur des circuits carburant et électrique en actionnant quatre interrupteurs ou sélecteurs. Le moteur est alors sécurisé.

Inoperative engine:  
(1) Throttle — CLOSE;  
(2) Propeller — FEATHER;  
(3) Mixture — IDLE CUT-OFF.

Inoperative Engine — SECURE as follows:  
(1) Fuel Selector — ENG. SHUT-OFF;  
(2) Auxiliary Fuel Pump — OFF;  
(3) Magneto Switches — OFF;  
(4) Alternator—OFF.

Figure 15 : procédure de sécurisation d'un arrêt moteur en vol

La procédure de redémarrage en vol nécessite au préalable de reconnecter le moteur à ses circuits d'alimentation, de repositionner les manettes de puissance et de pas d'hélice vers l'avant et d'injecter une quantité limitée de carburant en agissant sur la manette de richesse. Lorsqu'un moteur a été sécurisé, sa remise en route exige ainsi six actions en cabine avant de lancer le démarreur. De plus, il existe un risque de « noyade » du moteur si trop de carburant est injecté avant le lancement du démarreur. Une ventilation est alors nécessaire avant de relancer la procédure de rallumage.

ENGINE RESTART IN FLIGHT

1. Fuel Selector — ON
2. Magneto Switches — ON
3. Auxiliary Fuel Pump — ON
4. Throttle — FORWARD approximately 1/2 inch.
5. Propeller — FULL FORWARD
6. Mixture — RICH, until, a fuel flow is indicated, then IDLE CUT-OFF
7. Starter — PRESS; when engine fires, RELEASE Starter and move Mixture toward FULL RICH (The Mixture Lever should be advanced in function of the Altitude).
8. Auxiliary Fuel Pump — OFF
9. Alternator — ON

#### NOTE

If start is unsuccessful, turn inoperative engine magneto switches OFF, retard mixture to IDLE CUT-OFF, open throttle fully, and engage starter for several revolutions. Then repeat airstart procedure.

Figure 16 : procédure de rallumage et de ventilation en vol

**Le redémarrage en vol d'un moteur préalablement sécurisé est une procédure longue. L'oubli d'un item peut compromettre la réussite de la séquence de redémarrage.**

## 2.2. Séquence de l'évènement

Le 12 décembre 2021, le P68 C de RFS est stationné sur le parking revêtu. Une quantité significative d'eau est présente dans le réservoir droit. Lorsque le pilote effectue les purges, seule l'eau accumulée dans le puisard est évacuée du fait de l'inclinaison de l'aile à droite. Au cours du vol, le déséquilibre du cône d'hélice gauche provoque la rupture de son support et son oscillation autour de l'axe de rotation. Constatant le défaut, le pilote, volant alors à une altitude de 800 ft, prend un cap retour vers le terrain, coupe le moteur gauche et règle l'avion en configuration monomoteur en contrant les effets à gauche à la direction et au gauchissement. Le pilotage difficile dans cette configuration et les faibles performances de l'avion en monomoteur ne lui permettent pas de maintenir l'altitude. Les forces aérodynamiques et gyroscopiques ont tendance à faire embarquer l'avion à gauche et dégradent probablement la stabilité du roulis.

En vol dissymétrique sans être en virage, l'eau présente dans le réservoir droit s'accumule vers le point d'alimentation du moteur, alors à pleine puissance. En absorbant de l'eau selon une concentration trop importante pendant plus de trois secondes, le moteur s'arrête, annulant brutalement les effets liés au vol en monomoteur. L'avion étant toujours trimé à droite, le roulis induit tend à le faire virer légèrement dans le même sens. L'eau se décale alors vers l'extrémité de l'aile favorisant le redémarrage. Le pilote effectue la procédure d'urgence et redémarre le moteur droit moins d'une minute après sa coupure. De même, il tente une procédure de rallumage du moteur gauche, en vain. Durant ce temps, les effets liés à la configuration N-1 s'appliquent à nouveau, entraînant l'eau vers la prise d'admission de carburant. Après une minute de fonctionnement, le moteur droit se coupe à nouveau. La séquence de redémarrage du moteur droit se répète au total cinq fois, rendant toujours plus difficile pour le pilote la maîtrise de sa trajectoire en raison des alternances de puissances dissymétriques, de sa très faible hauteur et des manipulations en cabine liées aux redémarrages. Lorsque le moteur se coupe pour la cinquième fois, l'avion est suffisamment proche de la piste pour pouvoir s'y poser moteurs coupés.

### 2.3. Recherche des causes de l'évènement

Les causes de l'évènement relèvent du domaine technique et du domaine organisationnel et humain.

#### 2.3.1. Cause relevant du domaine technique

La rupture de fixation d'un cône d'hélice n'est pas un phénomène rare. Avec le temps, les points de fixation de cette partie tournante peuvent présenter un certain degré de liberté qui, en fonctionnement, dégrade le support de fixation du cône. Il n'y a pas de limite de vie à cette pièce, souvent aussi ancienne que l'avion. Son remplacement ne s'effectue généralement qu'à la suite de la découverte d'un défaut lors des inspections périodiques ou lors des visites pré-vol.

Deux semaines avant l'incident, la butée plein petit pas a été réglée et l'écrou de fixation avant du cône a été changé et resserré. Cette action a pu modifier l'alignement du cône en supprimant un jeu au niveau de ce point de fixation. En vol, les défauts d'équilibrage ont créé des efforts sur le support arrière concourant à sa rupture.

**La rupture du support du cône pourrait être liée à son ancienneté et aux maintenances réalisées sur la butée plein petit pas.**

#### 2.3.2. Causes relevant du domaine des facteurs organisationnels et humains

##### 2.3.2.1. Origine de l'eau présente dans le système carburant

###### 2.3.2.1.1. Étanchéité des réservoirs

Cinq mois avant le vol, les réservoirs d'aile ont fait l'objet d'une vérification dans le cadre d'une visite périodique prévue au plan d'entretien. Aucune anomalie n'a alors été détectée. Par ailleurs, l'étude du bouchon d'avitaillement n'a révélé aucun écart.

**Un quelconque défaut d'étanchéité des réservoirs n'est pas à l'origine de la pollution du circuit carburant.**

###### 2.3.2.1.2. Erreur de manipulation

Les pleins en carburant ont été réalisés pour la dernière fois au retour du vol du 10 décembre, deux jours avant l'incident, par un pilote différent de celui qui a réalisé les deux vols suivants. Les bouchons des réservoirs n'ont plus été manipulés jusqu'à l'incident. Or, dans la nuit du 10 au 11 décembre, de fortes pluies ont eu lieu (23,8 litres par m<sup>2</sup>). Si le bouchon droit n'avait pas été bien refermé durant cette nuit, c'est donc potentiellement environ 200 ml d'eau de pluie au maximum qui aurait pu se déverser dans le réservoir. Ce volume d'eau représente une valeur approchant celle recueillie dans le réservoir après l'évènement, donc en-dessous de la quantité potentiellement présente avant la purge.



Pourtant, à l'issue du vol de l'incident, on constate que le bouchon est correctement fermé. Une erreur de manipulation par le pilote ayant réalisé les pleins est donc peu probable.

**Une erreur de manipulation n'est probablement pas à l'origine de la pollution du circuit carburant.**

#### 2.3.2.1.3. Phénomène de condensation

La nuit précédant le vol, l'appareil, stationné en extérieur, ne disposait pas des pleins. Chaque réservoir contenait un volume d'air d'environ 120 litres qui, à la température observée de 28,8 °C, pouvait admettre au maximum 3,6 g d'eau sous forme gazeuse. Au cours de la nuit, la température chute à 24 °C. Ce même volume d'air, ne pouvant contenir à cette température que 2,6 g d'eau, a pu libérer 1 g d'eau sous forme liquide.

Selon ces hypothèses, il aurait fallu plusieurs mois de stockage avec les réservoirs à moitié vides pour accumuler un volume d'eau équivalent à ce qui a été constaté après l'incident. Chaque aile étant purgée avant le premier vol de la journée et l'avion étant rarement immobilisé sans les pleins, il est improbable que de l'eau de condensation se soit accumulée de manière significative sur la durée.

**La condensation seule ne peut être à l'origine du niveau de pollution constatée dans le réservoir droit.**

#### 2.3.2.1.4. Eau du robinet

L'analyse de l'échantillon de l'eau contenue dans le réservoir droit montre des similarités chimiques avec l'eau du robinet. Il ne s'agit ni d'eau de condensation, ni d'eau de mer, ni d'eau de pluie. Donc, la présence d'eau dans le réservoir droit n'est pas d'origine naturelle.

**L'eau contenue dans le réservoir droit n'est pas d'origine naturelle.**

#### 2.3.2.2. Procédure de purge des réservoirs

Le manuel de vol précise qu'au cours de l'inspection pré-vol, les puisards des réservoirs doivent être vérifiés afin d'identifier une accumulation d'eau. Cette procédure a correctement été effectuée le jour du vol ce qui a permis d'évacuer l'eau contenue dans le puisard droit, mais sans atteindre celle accumulée en extrémité d'aile. Cette procédure n'est donc pas adaptée aux situations où l'avion n'est pas stationné à plat.

**Les vérifications pré-vol n'ont pas permis d'évacuer l'intégralité de l'eau présente dans le réservoir droit car l'avion n'était pas stationné à plat.**

#### 2.3.2.3. Sous-évaluation du risque

##### 2.3.2.3.1. Analyse des purges

Lors de la purge du réservoir et du décanteur du moteur droit, le pilote constate une quantité inhabituellement importante d'eau qui pourrait correspondre à une fraction de la contenance du puisard. Une fois toute l'eau évacuée, c'est-à-dire à l'apparition du carburant au cours du prélèvement, le réservoir est réputé totalement débarrassé des polluants liquides plus lourds que l'essence 100 LL. La quantité importante d'eau recueillie dans le réservoir droit et les différences de niveaux de pollution entre les deux réservoirs, celui de gauche ne présentant qu'une quantité infime d'eau dont l'origine pourrait provenir de la condensation nocturne, éveillent le doute chez ce pilote habitué aux conditions climatiques de la région de Mayotte. Pourtant, le niveau d'alerte n'est pas suffisant pour l'inciter à purger davantage de carburant en positionnant préalablement l'appareil sur une surface sans inclinaison afin d'atteindre l'unique point bas.

**Bien qu'inexpliquée au moment de l'inspection pré-vol, la différence importante des niveaux de pollution en eau des deux réservoirs ne constitue pas pour le pilote une raison d'annulation de la mission, les purges ayant été réalisées jusqu'à apparition du carburant.**

#### 2.3.2.3.2. Motivation liée au vol

La réalisation de la mission d'observation aérienne au profit de la LIC représente un enjeu important pour l'équipage qui apporte un soin particulier à la préparation du vol. Les conditions météorologiques des deux précédentes journées n'ont pas permis de conduire l'activité aérienne programmée. Dans un contexte difficile de lutte contre l'immigration clandestine, la capacité d'observation aérienne, associée aux moyens terrestres et maritimes, est devenue un atout essentiel pour optimiser les interceptions des embarcations clandestines et réaliser des « levés de doute » sur les navires non identifiés. Conscient des enjeux, de leur place dans le dispositif global et des attentes des autorités en charge de la LIC, l'équipage de l'appareil présente une motivation importante pour réaliser ce vol.

**Le jour de l'évènement, l'état mental de l'équipage est caractérisé par une motivation importante pour réaliser la mission.**

#### 2.3.2.3.3. Gestion de la panne moteur gauche en basse altitude

Le pilote est qualifié et expérimenté sur appareils bimoteurs. Il est également instructeur et a l'habitude de démontrer et de faire réaliser des exercices de panne moteur. Le jour de l'incident, lorsqu'il sécurise le moteur gauche en le coupant, il rassure son observateur sur ses capacités à ramener l'avion au terrain.

La forte expérience aéronautique du pilote et la pratique régulière d'exercices de panne moteur peuvent être à l'origine d'une sensation de maîtrise du risque générant une perception erronée du danger.

Juste avant que le moteur droit s'arrête, l'appareil survole l'océan à 450 ft à plus de 10 Nm de la piste de Dzaoudzi avec une composante de vent de face de 15 kt. Les performances du P68 C en N-1 sont fortement réduites avec un taux de montée maximum de l'ordre de 200 ft/min à 88 kt, alors que la vitesse de décrochage sans volet, fixée à 66 kt à la masse maximale en vol symétrique, augmente significativement en vol dissymétrique. De plus, en cas de décrochage en N-1, l'appareil peut perdre 600 ft, contre 120 ft en configuration normale. Les marges de sécurité face à un décrochage, qui serait fatal à 450 ft, sont donc nettement diminuées.

Malgré ce risque, le pilote décide de couper le moteur gauche, sans prendre la précaution de rechercher une altitude de sécurité au préalable. Sa perception du danger est alors focalisée sur le risque de perte du cône d'hélice.

**L'expérience du pilote et sa pratique régulière d'exercices de panne moteur ont pu favoriser une sous-évaluation du risque du vol en N-1 à basse altitude.**

#### 2.3.2.4. Erreur dans l'application d'une procédure d'urgence

Durant l'évènement, alors que le moteur droit a été redémarré pour la première fois avec succès, le pilote tente de rallumer le moteur gauche qu'il avait sécurisé quatre minutes plus tôt et dont il est sûr de son bon fonctionnement. Le redémarrage en vol d'un moteur préalablement sécurisé est une procédure qui exige une application stricte des nombreuses actions en cabine. En raison de l'urgence de la situation, la procédure est néanmoins appliquée de mémoire sans être lue et vérifiée sur la check-list. Cette tentative de redémarrage se soldera par un échec.

Cette situation a été recréée en simulateur avec un pilote instructeur très expérimenté sur un appareil dont les procédures d'urgence sont relativement comparables. Elle a conduit également à un échec car, sous l'effet du stress, le pilote avait oublié d'appliquer un item de la procédure.

**L'échec du rallumage en vol du moteur gauche a probablement pour cause une erreur dans l'application de la procédure.**

### 3. CONCLUSION

L'évènement est une panne de moteur en vol en raison d'une contamination importante et volontaire du carburant en eau alors qu'un défaut technique nécessite la coupure du moteur gauche.

#SCF-PP<sup>29</sup>

#FUEL<sup>30</sup>

#SEC<sup>31</sup>

#### 3.1. Éléments établis utiles à la compréhension de l'évènement

Au cours d'un survol maritime à 800 ft, constatant un défaut de fixation du cône d'hélice gauche, le pilote décide de sécuriser le moteur en le coupant. Trois minutes plus tard, le moteur droit se coupe spontanément par absorption d'eau. Ce moteur est redémarré avec succès mais la tentative de redémarrer le moteur gauche se solde par un échec. Une minute plus tard, le moteur droit se coupe à nouveau. Les changements d'attitude de l'avion provoqués par les arrêts/marches successifs du moteur droit créent alternativement des conditions propices à sa coupure ou à son redémarrage. Les phases de fonctionnement en N-1 ne durant qu'environ une minute, le pilote ne peut maintenir sa hauteur qui décroît inexorablement. Lorsque le moteur droit se coupe pour la cinquième fois, l'appareil est suffisamment proche de la piste pour se poser en plané. Le pilote réussit à atterrir sur la piste. L'avion est légèrement endommagé. Le pilote et l'observateur sont indemnes.

#### 3.2. Causes de l'évènement

Le défaut de fixation du cône d'hélice gauche trouve son origine dans un désalignement lié aux opérations de maintenance et à l'usure du point de fixation avant.

Soumis à un stress important saturant ses ressources cognitives, le pilote, lors de sa tentative de redémarrage du moteur gauche, a probablement commis une erreur dans l'application de la procédure de rallumage du moteur gauche conduisant à son échec.

Les coupures du moteur droit sont provoquées par une pollution importante du carburant en eau lorsque l'avion est en vol dissymétrique. L'origine de cette pollution n'est pas naturelle. L'application de la procédure de purge lors de la visite pré-vol n'a pas permis d'éliminer sa présence à cause de la déclivité du point de stationnement de l'aéronef.

---

<sup>29</sup> *System/component failure or malfunction (powerplant)* selon la taxonomie du système de déclaration des données sur les accidents et incidents aériens de l'OACI : <https://www.icao.int/safety/airnavigation/aig/pages/adrep-taxonomies.aspx>.

<sup>30</sup> *Fuel related* – relatif au carburant.

<sup>31</sup> *Security related* – relatif à la sécurité.

PAS DE TEXTE

## 4. RECOMMANDATIONS DE SECURITE

### 4.1. Mesures de prévention ayant trait directement à l'évènement

#### 4.1.1. Présence d'eau dans le réservoir

L'eau présente dans le réservoir droit n'est pas naturelle. Sa présence apparaît comme le résultat d'un acte volontaire.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à RFS de mettre en place un dispositif permettant de sécuriser les accès et les organes vitaux de l'aéronef.**

**R1 – [R-2021-21-I] Destinataire : Réunion Fly Services**

#### 4.1.2. Réalisation de la purge des réservoirs

L'application de la procédure de vérification de présence d'eau dans les réservoirs, décrite dans le manuel de vol du P68 C, n'a pas permis de réduire significativement la pollution du carburant mais aurait pu alerter le pilote sur la présence d'une quantité anormale d'eau. Cette information aurait pu l'inciter à purger davantage de carburant en positionnant préalablement l'avion sur une surface sans inclinaison afin d'atteindre l'unique point bas.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**à RFS d'effectuer les purges pré-vol sur une surface sans inclinaison.**

**R2 – [R-2021-21-I] Destinataire : Réunion Fly Services**

### 4.2. Mesures n'ayant pas trait directement à l'évènement

#### 4.2.1. Organisme chargé des enquêtes de sécurité

Compte tenu de la nature de la mission ayant donné lieu à cet évènement, et en application du protocole de coopération entre le BEA-É et le BEA du 6 juin 2019, la responsabilité de l'enquête revient au BEA-É.

En conséquence, le BEA-É recommande :

**au ministère de l'intérieur d'inclure une clause dans les contrats d'externalisation visant à faire notifier au BEA-É les évènements devant faire l'objet d'une enquête de sécurité au sens du code des transports.**

**R3 – [R-2021-21-I] Destinataire : Ministère de l'intérieur**

PAS DE TEXTE

