

Feu du moteur droit en montée initiale, demi-tour, atterrissage d'urgence

Aéronef	Fokker F27 MK500, immatriculé I-MLHT
Date et heure	Mardi 20 septembre 2011 à 23 h 46 UTC ⁽¹⁾
Exploitant	MiniLiner
Lieu	AD Paris Charles de Gaulle (95)
Nature du vol	Transport public régulier de fret
Equipage (de conduite)	Commandant de bord (PF) Copilote (PNF)
Conséquences et dommages	Dommages importants au moteur droit

⁽¹⁾Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC).

DÉROULEMENT DU VOL

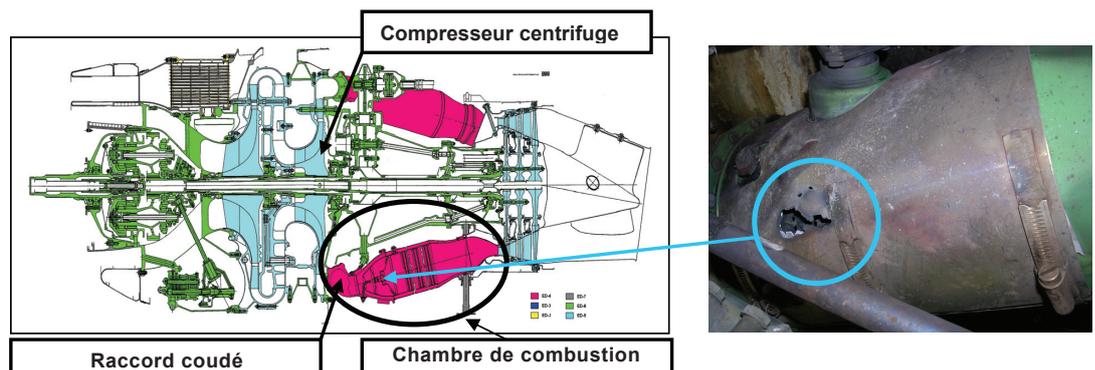
L'équipage décolle à 23 h 37 de l'aérodrome de Paris Charles de Gaulle à destination de Dôle Tavaux. A 23 h 46 alors que le Fokker 27 approche le niveau de vol 60 en montée, l'équipage constate l'allumage du voyant « feu moteur » droit avec le fonctionnement de l'alarme sonore. Il applique la procédure « feu moteur » et se déclare en détresse. Après avoir utilisé l'un des deux extincteurs et arrêté le moteur droit, il constate l'extinction du voyant « feu moteur ». Il fait demi-tour et atterrit sans autre incident à Paris-Charles-de-Gaulle.

RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

Examens du moteur droit

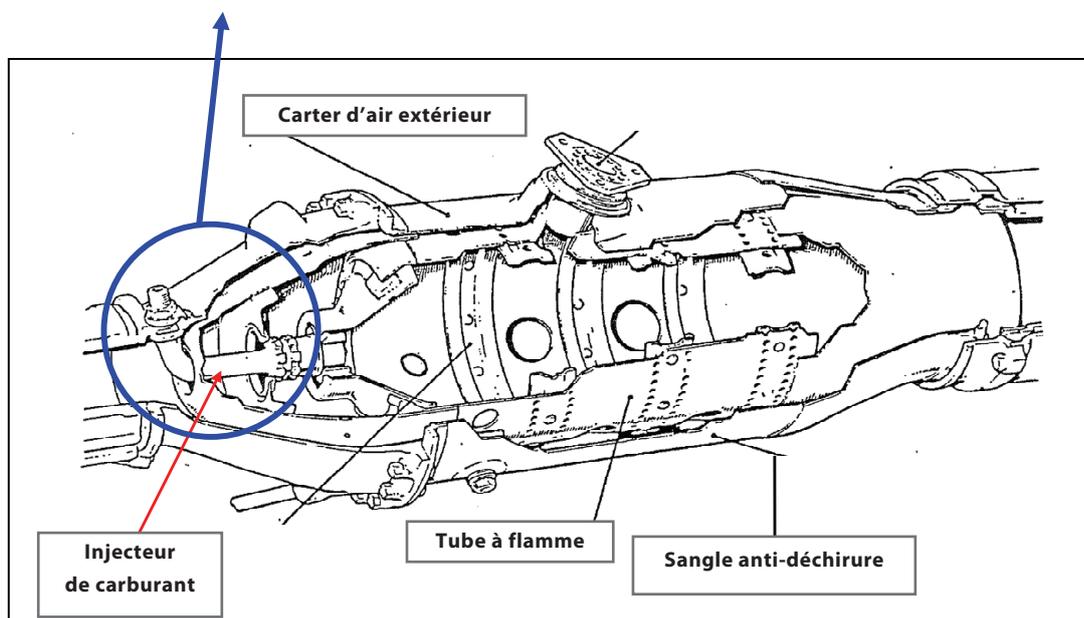
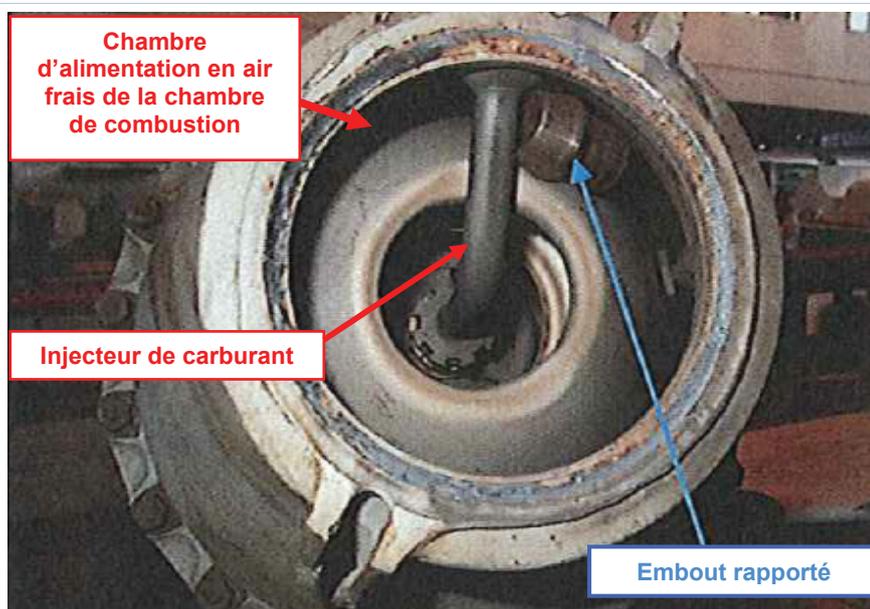
L'avion était équipé de 2 moteurs Rolls-Royce Dart RDa7 mark 532-7, constitués chacun de 7 chambres de combustion. Chaque chambre est reliée au compresseur centrifuge par un raccord coudé.

Un examen visuel sur site a permis de constater des traces d'échauffement important sur le capot du moteur droit et la perforation de la chambre de combustion n° 4 (P/N RK50062A – S/N SIG/D/1542).



Un examen technique du moteur et de la chambre de combustion n° 4 a été conduit par le BEA. Il a permis de constater un état normal de l'injecteur de carburant et la présence d'un objet qui était coincé dans la chambre d'alimentation en air frais au niveau de l'injecteur de carburant.

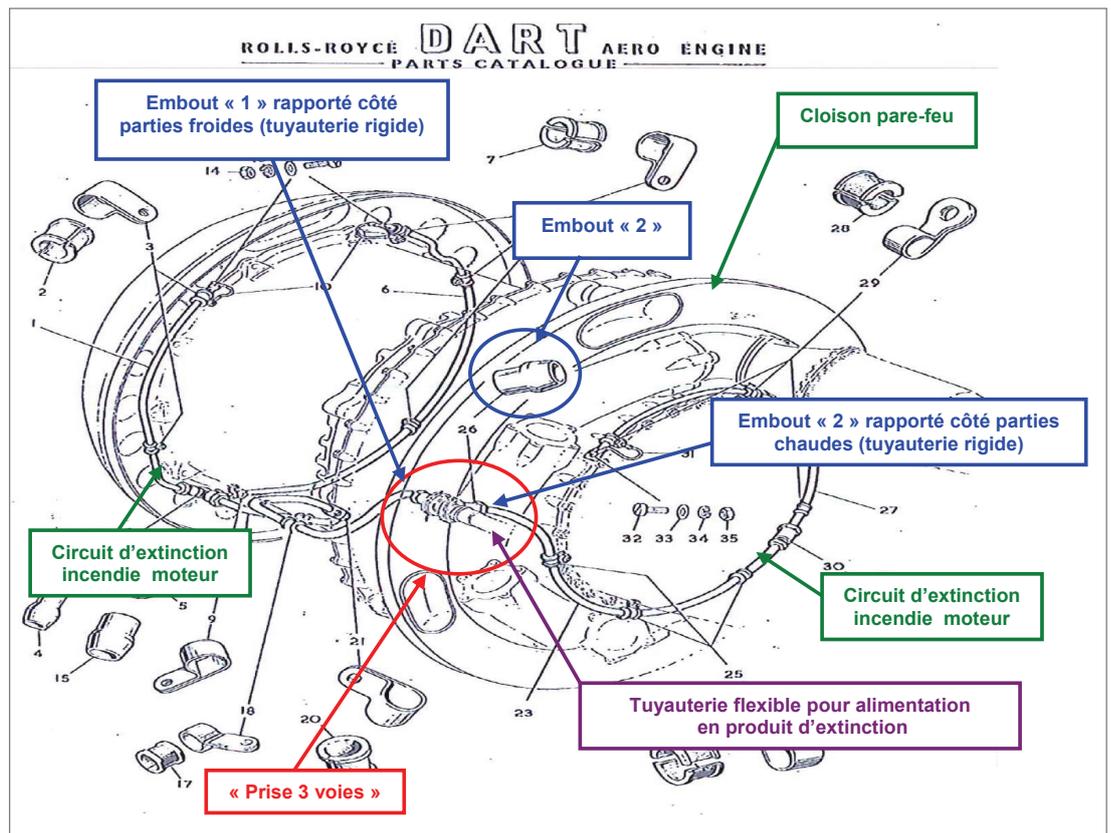
Après démontage de la chambre de combustion, l'objet s'est révélé être un embout rapporté (PNKB5281) du circuit d'extinction incendie du moteur.



Son positionnement était dans la ligne du flux d'air frais en provenance du compresseur centrifuge.

Le circuit d'extinction incendie moteur est constitué d'un circuit en parties froides et d'un circuit en parties chaudes raccordés au niveau de la cloison pare-feu par une « prise 3 voies » (raccord en T). Les liaisons entre cette « prise 3 voies » et les tuyauteries sont complétées d'embouts rapportés qui assurent l'étanchéité du circuit.

Le désassemblage de cette « prise 3 voies » (voir schéma ci-après) a montré que l'embout rapporté « 1 » du côté des parties froides était absent.



Lors de l'examen des aubes du compresseur centrifuge et des aubes fixes de déviation d'air du raccord coudé, aucun endommagement n'a été constaté, indiquant ainsi que l'embout rapporté n'avait pas pénétré jusqu'au niveau de l'élément tournant du compresseur centrifuge. Il devait probablement être positionné sensiblement au point bas du carter du compresseur centrifuge. Puis, lors de la première mise en route du moteur, le flux d'air a poussé l'embout rapporté dans la chambre d'alimentation en air frais où il s'est bloqué sur l'injecteur de carburant.

Des analyses réalisées sur l'injecteur de carburant, le tube à flamme, le carter d'air extérieur et l'embout rapporté n'ont pas mis en évidence de dysfonctionnement susceptible d'avoir contribué à l'incident.

Les indices relevés indiquent que l'embout rapporté a été repoussé du raccord coudé du compresseur centrifuge vers la chambre d'alimentation en air frais et s'est trouvé bloqué par le dôme de cette chambre et par l'injecteur de carburant.

Des différentes constatations faites, il résulte que l'embout rapporté a interféré dans l'écoulement d'air autour du tube à flamme. Sa présence a créé une zone turbulente de basse pression. Il s'en est produit un échauffement anormal qui a entraîné la perforation du tube à flamme puis du carter d'air extérieur et de la sangle anti-déchirure.

Maintenance du moteur droit

Le moteur droit (S/N 8051) présentait un temps total de fonctionnement de 29 597 heures et de 2 251 heures depuis la dernière révision générale.

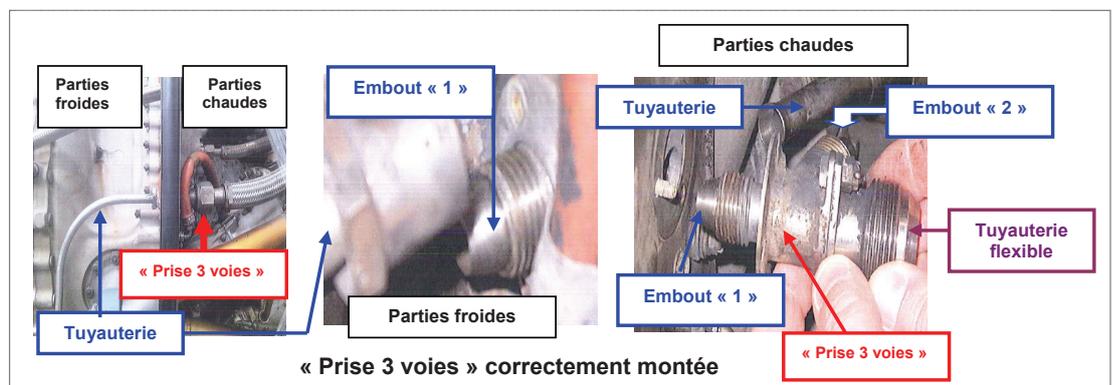
La chambre de combustion n° 4 totalisait 1 864 heures au moment de l'événement.

L'opérateur applique le programme de maintenance défini par le document « F27ManPlan issue 3 rev 3 » du 31 mars 2011 qui a été approuvé par l'ENAC (aviation civile italienne). Les Services Bulletins ont été appliqués.

Le 16 septembre 2011 à 2 247 heures, la chambre de combustion n° 3, située juste au-dessus de la chambre n° 4, a été remplacée en raison d'un allumeur défaillant. Cette opération s'est déroulée sur le parking à Dôle Tavaux, base française de MiniLiner. Elle a été effectuée par un technicien agréé pour cette opération.

Documentation de maintenance du moteur Dart RDa7 mark 532-7

- ❑ Le Manuel de Maintenance de Rolls-Royce, chapitre 72-5, indique les opérations de démontage et d'installation de toutes les chambres de combustion en même temps sans prendre en compte la présence de l'environnement (câblage, barres métalliques, ...etc.) autour du moteur. Par ailleurs, ce document ne décrit pas les opérations de maintenance relatives au circuit d'extinction incendie moteur.
- ❑ La Carte de Travail « Procédure n° 169 », élaborée par MiniLiner, détaille les différentes étapes, exécutables par une seule personne, de démontage et de remontage d'une chambre de combustion du moteur en place sur l'avion. Parmi ces étapes, figurent celles relatives au circuit d'extinction incendie moteur. L'étape n° B2 indique de déconnecter seulement la tuyauterie flexible avant de démonter la chambre de combustion.
- ❑ L'illustrated Part Catalogue (IPC) 72-11-3 de Rolls-Royce ne détaille pas les différents éléments de la « prise 3 voies » du circuit d'extinction incendie moteur. Il indique l'élément n° 26 comme un embout rapporté de ce circuit du côté des parties chaudes mais ne donne aucune indication sur celui positionné du côté des parties froides.



Reconstitution des opérations effectuées lors du remplacement de la chambre de combustion n° 3

Le technicien, expérimenté et qualifié, indique qu'il a appliqué les étapes de la Carte de Travail « Procédure n° 169 ». Il apparaît que, lors de l'étape n° B2, il a jugé qu'il lui fallait aussi enlever la « prise 3 voies ». En effet, la présence des montants du bâti moteur rend la zone exigüe. C'était la première fois qu'il remplaçait uniquement la chambre de combustion n° 3. Avant de procéder à cette opération, il a reçu l'accord du bureau de maintenance de MiniLiner. Il a annoté, comme demandé, cette opération sur la carte de travail en vue d'une révision⁽²⁾ de cette dernière.

Pour enlever cette prise qui traverse la cloison pare-feu, le technicien a démonté la tuyauterie du côté des parties froides.

Il a précisé que, lors du remontage du circuit d'extinction incendie moteur, il a consulté l'IPC pour s'assurer de la position du seul embout qu'il avait et l'a positionné, comme indiqué, sur la « prise 3 voies » du côté des parties chaudes.

⁽²⁾Le 24 octobre 2011, une révision a été apportée par MiniLiner et précise l'opération de démontage et de remontage de la « prise 3 voies » en attirant l'attention sur les 2 embouts rapportés. C'est la première fois qu'une telle nécessité a été signalée.

ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSIONS

Scénario de l'incident grave

Lorsque le technicien a retiré la « prise 3 voies » de la cloison pare-feu, l'embout rapporté est probablement tombé sans qu'il s'en aperçoive compte tenu de l'environnement gênant. Puis, l'embout rapporté aurait glissé dans l'ouverture du raccord coudé de liaison au compresseur centrifuge et se serait positionné par gravité au niveau du raccord coudé de la chambre de combustion n° 4, point bas local.

Lors du remontage de la « prise 3 voies », le technicien, n'ayant qu'un seul embout rapporté en sa possession, a eu un doute et s'est interrogé sur son positionnement. Il a alors consulté la documentation de maintenance qui lui indiquait de le positionner du côté des parties chaudes.

Après la mise en route du moteur, le flux d'air a repoussé l'embout rapporté qui s'est bloqué dans la chambre en alimentation en air frais au niveau de l'injecteur de carburant.

L'échauffement thermique anormal qui a résulté de la perturbation locale du flux d'air a entraîné une dégradation et la perforation de la chambre de combustion.

Par l'orifice, le dégagement de gaz chauds a provoqué le déclenchement du détecteur d'incendie moteur, signalé en cockpit par l'allumage du voyant « feu moteur », et l'endommagement du compartiment moteur.

Rolls-Royce et MiniLiner ont indiqué que c'était la première fois qu'un tel événement se produisait.

Documentation de maintenance

Le Manuel de Maintenance du moteur Dart RDa7 mark 532-7 présente les opérations de maintenance à exécuter mais ce manuel apparaît plutôt comme un guide des opérations à réaliser sans tenir compte de l'environnement du moteur installé. Les opérateurs élaborent donc des Cartes de Travail qui détaillent toutes les opérations de maintenance à effectuer et qui tiennent compte de cet environnement.

Par ailleurs, le Manuel de Maintenance ne présente pas les opérations à effectuer pour le remplacement d'une seule chambre de combustion, notamment la chambre de combustion n° 3 qui nécessite des opérations sur la « prise 3 voies » ni les opérations sur le circuit d'extinction incendie moteur. Ce manque a probablement rendu l'élaboration des Cartes de Travail plus difficile.

La Carte de Travail, relative au remplacement de la chambre de combustion n° 3, ne présentait pas l'opération concernant la « prise 3 voies » avec ses 2 embouts rapportés.

Quant à l'IPC, il n'indique pas l'existence de l'embout rapporté du côté des parties froides qui aurait pu permettre au technicien de s'apercevoir de son absence lors du remontage de la « prise 3 voies ».

Ces constatations s'appliquent également aux moteurs Dart RDa6, Dart RDa7 et Dart RDa10.

Action de sécurité de MiniLiner

A la suite de cet incident grave, MiniLiner, outre une information de cet événement à tous les personnels de maintenance, a modifié la Carte de Travail relative au remplacement de la chambre de combustion n° 3 en détaillant les opérations relatives à la « prise 3 voies » et en attirant l'attention sur l'existence des 2 embouts rapportés.

Actions de sécurité de Rolls-Royce

Rolls-Royce a publié, le 5 avril 2012, une NTO (notice to operators) et une OIN (Overhaul Information Notice) pour informer, d'une part tous les opérateurs et les ateliers de maintenance de moteur Rolls-Royce de cet événement et, d'autre part préciser que l'IPC du Dart RDa7 mark 532-7 sera modifié en juin 2012 pour indiquer l'existence de l'embout rapporté de la « prise 3 voies » du côté des parties froides. Rolls-Royce a indiqué que les IPC des moteurs Dart RDa6, Dart RDa7 et Dart RDa10 devraient faire l'objet des mêmes modifications.

Par ailleurs, Rolls-Royce a aussi modifié, le 7 mai 2012, l'EMM du Dart RDa7 mark 532-7 pour y intégrer au chapitre 72-5 paragraphe 17 l'avertissement suivant : « S'assurer qu'aucun objet ne tombe dans la sortie du compresseur ».

Conclusion

L'incident grave est dû à un remontage incomplet non détecté de la « prise 3 voies » du circuit d'extinction incendie moteur.

Les facteurs suivants ont contribué à l'incident grave :

- le Manuel de Maintenance de Rolls-Royce ne détaille pas les opérations de remplacement concernant la chambre de combustion n° 3,
- la Carte de Travail « Procedure n° 169 » de l'exploitant, relative au remplacement de la chambre de combustion n° 3, ne présentait pas les opérations de démontage et de remontage de la « prise 3 voies »,
- l'embout rapporté de la « prise 3 voies » du côté des parties froides n'est pas référencé sur l'IPC.

RECOMMANDATIONS DE SECURITE

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

Manuel de Maintenance de Rolls-Royce

Le Manuel de Maintenance de Rolls-Royce n'est pas suffisamment détaillé pour les opérations concernant une seule chambre de combustion lorsque le moteur est monté sur avion, notamment les opérations plus particulières liées à la chambre de combustion n° 3.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'EASA s'assure de la modification des Manuels de Maintenance des moteurs Rolls-Royce Dart RDa6, Dart RDa7 et Dart RDa10 pour qu'ils prennent en compte les particularités des opérations sur une seule chambre de combustion lorsque le moteur est monté sur avion, notamment celles relatives aux opérations de la chambre de combustion n° 3. [Recommandation FRAN-2012-060]**

Illustrated Part Catalogue (IPC) 72-11-3 de Rolls-Royce

Lorsque le technicien a consulté l'IPC pour le remontage de la « prise 3 voies » du moteur Rolls-Royce Dart RDa7 Mark 532-7, il n'a pas pu détecter l'absence de l'embout rapporté du côté des parties froides car il n'apparaissait pas dans ce document.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **l'EASA s'assure de la modification des IPC relatifs à chacun des moteurs Rolls-Royce Dart RDa6, Dart RDa7 et Dart RDa10 pour que l'embout rapporté de la « prise 3 voies » du côté des parties froides soit indiqué. [Recommandation FRAN-2012-061]**