

Accident du BAe 146-200QT immatriculé EC-ELT

survenu le 19 mars 2010
à Rennes Saint-Jacques (35)

⁽¹⁾ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.

Heure	Vers 5 h 30 ⁽¹⁾
Exploitant	Pan Air Lineas Aereas
Nature du vol	Transport commercial de fret
Personnes à bord	Commandant de bord et copilote
Conséquences et dommages	Balancier de train d'atterrissage principal droit rompu, pneu éclaté

Connexion inversée des transducteurs de vitesse de roues du train principal droit, rupture du balancier de roue du train principal droit

1 - DÉROULEMENT DU VOL

⁽²⁾ 2 100 m de longueur utilisable à l'atterrissage (pour une longueur totale identique) et 45 m de largeur. La pente de la piste est descendante de 1,6 % sur les 500 m avant le seuil 10.

À l'issue de l'atterrissage en piste 28⁽²⁾, l'équipage est autorisé à effectuer un demi-tour sur la piste, à la remonter et à sortir par la gauche par la voie de circulation menant à l'aire de stationnement dédiée au fret. Après le demi-tour, l'équipage éprouve des difficultés de roulage. Il suppose qu'un des pneus du train d'atterrissage principal droit est dégonflé et décide alors de quitter la piste par la première voie de circulation sur sa droite pour éviter d'endommager la piste. En raison des difficultés rencontrées, l'équipage est autorisé à stationner à un emplacement au pied de la tour de contrôle.

Un premier examen visuel des trains d'atterrissage principaux montre que le pneu de la roue extérieure de l'atterrisseur droit est éclaté et que le balancier de roue associé présente plusieurs ruptures.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements météorologiques

À 05 h 30 les conditions météorologiques étaient les suivantes : vent du 190 pour 10 kt, 6 000 m de visibilité, faible pluie, 3 à 4 octas à 1 400 ft, 5 à 7 octas à 3 100 ft, température 11 °C / température du point de rosée 10 °C, QNH 1016.

La piste n'était pas mouillée au sens réglementaire⁽³⁾ mais de l'humidité était présente en surface.

⁽³⁾ Une « piste mouillée » désigne une piste dont la surface est couverte d'eau, ou d'une substance équivalente ou lorsque l'humidité présente en surface suffit à rendre la piste réfléchissante, mais sans présence de flaques importantes.

⁽⁴⁾ Pour une piste sèche, la distance d'atterrissage nécessaire est la distance d'atterrissage homologuée (manuel de vol) divisée par 0,6. Pour une piste mouillée, la distance sur piste sèche est augmentée de 15 %.

⁽⁵⁾ Dispositif assurant une conversion ou un transfert de signaux et dans lequel un signal au moins est de nature électrique.

2.2 Renseignements sur l'avion

2.2.1 Enregistreurs de bord

Un dysfonctionnement de l'enregistreur de données de vol (FDR) et la poursuite de l'enregistrement au sol pendant une durée supérieure à la capacité de l'enregistreur phonique (CVR) n'ont pas permis de récupérer des informations relatives au vol de l'accident.

2.2.2 Masse et centrage

La masse estimée à l'atterrissage était de 33 409 kg pour une masse maximale autorisée de 36 740 kg. Le centrage était à l'intérieur des limites opérationnelles. À cette masse et compte-tenu des conditions météorologiques, la distance d'atterrissage nécessaire⁽⁴⁾ était comprise approximativement entre 1 100 m (piste sèche) et 1 300 m (piste mouillée).

2.2.3 Renseignements sur le train d'atterrissage

Les deux trains d'atterrissage principaux sont équipés d'un amortisseur indépendant. Un balancier s'articule en bas du fut de l'atterrisseur et dispose de deux roues (diabolo), chacune étant munie de freins à disques à commande hydraulique.

Un système d'anti-dérapiage électronique (« *antiskid* ») permet d'éviter le blocage des roues en réglant la pression délivrée au dispositif de freinage de chacune des roues, à partir notamment :

- de la pression exercée par les pilotes sur les pédales de freins ;
- des informations de vitesses de rotation des roues fournies par des transducteurs⁽⁵⁾ présents au niveau des roues des trains d'atterrissage principaux.

La pression hydraulique est établie par l'intermédiaire de vannes de commande qui régulent la pression au niveau du dispositif de freinage de chaque roue. Ces vannes sont commandées électriquement par une unité de commande spécifique. Celle-ci reçoit les vitesses de rotation de chaque roue par l'intermédiaire de transducteurs de vitesse.

2.3 Inspections et examens du train d'atterrissage

2.3.1 Inspection

Une inspection de l'avion a été effectuée et n'a révélé aucune indication compatible avec un atterrissage dur.

2.3.2 Examen du pneumatique de la roue extérieure du train principal droit

Le pneu de la roue extérieure du train d'atterrissage principal droit est éclaté. Il présente des traces d'un méplat. Aucun des pneus ne présente de signe d'usure excessive.



Figure 1 : Vue depuis l'arrière de l'avion du train d'atterrissage principal droit et vue d'une partie du pneu de la roue extérieure de ce train

⁽⁶⁾ Rupture avec déformation, associée à une rupture brutale (ou par surcharge).

2.3.3 Examen du train d'atterrissage principal droit

Le balancier de roue du train principal droit s'est rompu selon un mécanisme ductile⁽⁶⁾. Il n'y a aucun signe de fissuration progressive sur les surfaces.

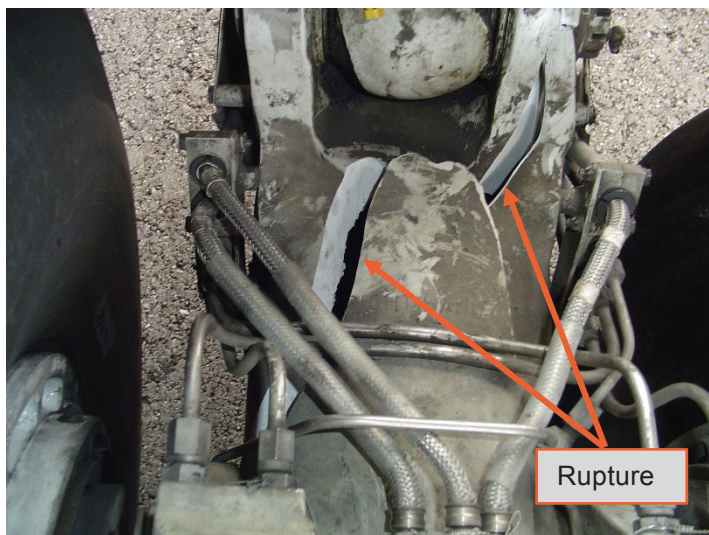


Figure 2 : Vue de dessus de la rupture du balancier de roue du train d'atterrissage droit

L'examen du train d'atterrissage droit a révélé que le faisceau de câbles électriques du transducteur de vitesse du système antiskid était installé de manière incorrecte. Le transducteur de la roue intérieure était connecté à la roue extérieure et celui de la roue extérieure à la roue intérieure. En raison de cette connexion croisée des transducteurs de vitesse de roue, les systèmes de régulation de pression disposaient de la vitesse de la roue intérieure au lieu de celle de la roue extérieure, et réciproquement.

Lors de l'utilisation des freins par les membres d'équipage, les ajustements de pression hydraulique du système antiskid étaient inversés pour les roues du train d'atterrissage droit, et donc inefficaces. Ces ajustements de pression hydraulique ont eu pour conséquence de générer un moment de rotation au niveau du balancier de roue.

Des conditions de charge en torsion (freinage et roulage avec pneu dégonflé) sont prévues dans les spécifications de certification (CS25.511) et prises en compte lors de la conception. Au cours de l'accident, les limites relatives aux spécifications de certification pour un virage avec un pneu dégonflé ont été dépassées, sans possibilité d'évaluer la différence.

2.4 Travaux d'entretien au niveau du train principal droit

L'organisme de maintenance X-Airservices, agréé Part 145, assure pour la flotte des exploitants TNT et Pan Air (BAe146 et Boeing 737) l'entretien en ligne à l'aéroport de Liège et l'entretien en base à l'aéroport de Bruxelles.

Les créneaux pour l'entretien sont planifiés par l'organisme de gestion de maintien de la navigabilité (CAMO), en coordination avec X-Airservices. Le 26 février 2010, un ordre de travail a été édité par le CAMO à l'attention de X-Airservices. En raison d'indications erronées de température de freins qui avaient fait l'objet d'un report de travaux, l'ordre de travail incluait notamment le remplacement du faisceau de câbles électriques alimentant le système antiskid et le contrôle de la température de freins, en prenant en compte une amélioration développée par Messier Dowty⁽⁷⁾, concepteur et constructeur du train d'atterrissage. Les travaux d'entretien ont été réalisés les 27 et 28 février 2010. Au cours de ce weekend, la programmation de présence d'agents d'X-Airservices était la suivante :

⁽⁷⁾ Selon le bulletin de service Messier Dowty SB 146-32-114 : Main landing gear – Introduction of new electrical harnesses.

		Agent titulaire de licences de maintenance Part 66		Mécaniciens
		Catégorie B1	Catégorie B2	
Samedi 27 février	Journée	6	6	12
	Nuit	3	1	2
Dimanche 28 février	Journée	6	5	10
	Nuit	3	2	7

Note : Les licences de maintenance d'aéronefs de catégorie B1 et B2 permettent la délivrance de certificats de remise en service pour les avions identifiés sur la licence de la personne rédigeant la remise en service.

Conformément au bulletin de service, le faisceau de câbles qui a été installé était différent de celui qui équipait l'avion initialement. Lors des opérations de remplacement, les câbles du capteur de température et des transducteurs ont été déconnectés et déposés pour installer le nouveau faisceau. Les travaux ont été réalisés par deux mécaniciens.

Après l'installation, un test du système antiskid a été effectué en utilisant la procédure du manuel de maintenance⁽⁸⁾. Selon le mécanicien⁽⁹⁾ qui a délivré le certificat de remise en service, deux personnes ont testé le système : une personne dans le poste de pilotage qui actionnait les pédales de freins et une autre d'un côté du train d'atterrissage pour faire tourner un élément associé au transducteur.

⁽⁸⁾ AMM 32-41-00.

⁽⁹⁾ Titulaire de licences de maintenance Part 66 A, B2 et C depuis 2003.

Le manuel de maintenance prévoit qu'une troisième personne soit présente de l'autre côté du train d'atterrissage pour contrôler visuellement le desserrement du frein de la roue associée. Le mécanicien qui a délivré le certificat de remise en service explique que lors de tests précédents sur des avions du même type, seules deux personnes testaient le système, la personne qui faisait tourner le transducteur contrôlait également le desserrement du frein à partir des bruits émis (fonctionnement des valves hydrauliques). L'organisme de maintenance précise que l'absence de cette troisième personne lors du test n'était pas liée à un manque de ressources ou à un surcroît de charge de travail mais à une adaptation de la procédure, devenue habituelle mais non formalisée.

Il y a eu 47 atterrissages du EC-ELT entre la fin des travaux d'entretien et l'accident.

2.5 Occurrences similaires

En juillet 2007, le copilote d'un autre avion BAE SYSTEMS AVRO RJ100 a entendu un bruit environ cinq secondes après le toucher à l'atterrissage. Après avoir évacué la piste par une voie de circulation, le roulage a été particulièrement délicat. Un pneu d'un des deux trains principaux était dégonflé et les transducteurs de vitesse étaient connectés de manière inversée au niveau des roues. Le balancier de roues ne présentait aucun dommage.

En novembre 2011, le pneu de la roue extérieure du train principal gauche d'un avion BAE SYSTEMS AVRO RJ100 exploité par Brussels Airlines a été retrouvé dégonflé à un poste de stationnement après un atterrissage. Le balancier de roue ne présentait aucun dommage mais les transducteurs de vitesse étaient connectés de manière inversée au niveau des roues.

L'équipage avait évacué la piste par une voie de circulation et n'avait pas fait de demi-tour sur la piste comme le jour de l'accident. Il est ainsi probable que les efforts sur le balancier n'ont pas été suffisants lors du roulage pour conduire à la rupture du balancier.

3 - CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête. Elles ne visent nullement à la détermination de fautes ou de responsabilités.

Scénario

L'erreur de branchement des câbles des transducteurs de vitesse des roues intérieure et extérieure du train d'atterrissage droit n'a pas été détecté à l'issue des travaux d'entretien malgré le test du système. Contrairement à ce que demandait la procédure de maintenance, seules deux personnes au lieu de trois étaient présentes pour ce test. La vérification visuelle par une troisième personne, comme le manuel de maintenance le prévoit, aurait très probablement permis de détecter l'erreur de câblage entre les câbles des transducteurs de vitesse des roues intérieure et extérieure de l'atterrisseur droit.

Trois semaines plus tard, au roulement à l'atterrissage, les ajustements inversés de pression hydraulique par le système antiskid lors du freinage ont probablement entraîné un blocage de la roue extérieure du train d'atterrissage droit puis un méplat sur le pneu qui s'est perforé. Dans ces conditions, pendant le demi-tour pour rejoindre la voie de circulation, le balancier s'est rompu en raison de charges au-delà de celles prévues par les spécifications de certification pour des virages lors de roulage avec un pneu dégonflé.

Facteurs contributifs

Ont contribué à l'erreur de connexion des transducteurs de vitesse de roues du train principal droit :

- le non-respect de la procédure du manuel de maintenance pour l'exécution du test du système antiskid ;
- l'absence d'identification par l'organisme de maintenance, des risques associés de la modification de la procédure de maintenance permettant de vérifier le fonctionnement du système antiskid, après avoir remplacé le faisceau de câbles électriques de ce système.

Actions de sécurité prises par l'organisme de maintenance

L'organisme de maintenance X-Airservices a réalisé des tests pour tous les avions dont le faisceau de câbles électriques avait fait l'objet d'un remplacement. Il a également été rappelé aux mécaniciens d'appliquer les procédures du manuel de maintenance.

Le constructeur BAE SYSTEMS a mis à jour le manuel de maintenance :

- un avertissement relatif à la vérification du balancier lors du remplacement d'un pneu dégonflé a été ajouté ;
- les informations sur le câblage des transducteurs de vitesse des roues des trains d'atterrissage ont été détaillées ;
- le test du système Antiskid a été modifié à la suite d'un incident survenu en 2018 et demande de vérifier de manière simultanée les deux roues extérieures du train d'atterrissage principal puis les deux roues intérieures.