



Incidents du Boeing 737 - 800 immatriculé F-GZHO exploité par Transavia France

survenus le 07/02/18 à Norwich (Royaume-Uni)
et le 08/02/18 à Paris-Orly

Heure	Vers 18 h 40 le 07/02/18 ⁽¹⁾ Vers 8 h 25 le 08/02/18 ⁽¹⁾
Exploitant	Transavia France
Nature des vols	Convoyage le 07/02/18 Transport commercial de passagers le 08/02/18
Personnes à bord	Commandant de bord (PF ⁽²⁾), copilote (PM ⁽³⁾), un passager le 07/02/18 Commandant de bord (PM), copilote (PF) ⁽⁴⁾ , PNC, 173 passagers le 08/02/18
Conséquences et dommages	Aucun

Dysfonctionnement de la sonde d'incidence, alertes lors du décollage (07/02/18)

Dysfonctionnement de la sonde d'incidence, alertes lors du décollage, demi-tour (08/02/18)



Source : [planespotters.net](https://www.planespotters.net)

1 - DÉROULEMENT DES VOLS

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des enregistrements QAR et des témoignages.

1.1 Vol du 7 février 2018

L'équipage a convoyé en fin d'après-midi un avion depuis l'aérodrome de Paris-Orly vers l'aérodrome de Norwich et doit ramener à Paris-Orly le Boeing 737-800 immatriculé F-GZHO qui sort d'une visite de maintenance. Pour ce vol retour, il n'y a à bord de l'avion qu'un employé de la compagnie aérienne qui a supervisé les opérations de maintenance et qui fera le vol dans le poste de pilotage.

⁽⁵⁾ La procédure de décollage sur Boeing 737 demande une vérification croisée de la vitesse à 80 kt.

⁽⁶⁾ Le copilote a indiqué dans son témoignage que selon lui la vitesse de rotation était de 113 kt.

⁽⁷⁾ Indique aux équipages l'assiette et la poussée à afficher pour obtenir la vitesse souhaitée en fonction de la configuration de l'avion et de la phase de vol.

⁽⁸⁾ TACBDE est une méthode de prise de décision propre à la compagnie :
T trajectoire,
A Action-menace,
C Court terme,
B Bilan, D décision,
E exécution.

⁽⁹⁾ Aircraft Flight Log.

L'avion décolle en piste 27 à 18 h 40. Il fait nuit, les conditions sont VMC, le commandant de bord est PF. Pendant le roulement au décollage, le commandant de bord annonce « *check* » quelques instants avant que le copilote annonce « *80 knots* »⁽⁵⁾. L'équipage poursuit le décollage et, à peu près au moment où le commandant de bord effectue la rotation⁽⁶⁾, le message d'alerte IAS DISAGREE apparaît sur les deux PFD. L'équipage annonce l'apparition de l'alerte, constate rapidement que le PFD droit donne des indications de vitesse erronées tandis que le PFD gauche et l'anémomètre de secours fournissent des informations identiques. Au cours de la montée initiale, les alertes AOA DISAGREE et ALT DISAGREE s'affichent également sur les PFD. Le commandant de bord décide de continuer le vol car les informations de vitesse affichées sur son PFD sont correctes. Il décide également de traiter les checklists ultérieurement car la charge de travail à ce moment du vol est très élevée en raison d'un trafic important dans la TMA de Londres. L'équipage constate pendant la montée que l'altitude affichée sur le PFD droit est également erronée et que les différences de vitesse et d'altitude entre les deux PFD s'accroissent. Au FL200, leur niveau de croisière, le copilote indique que l'écart est de 2 000 ft et de 30 à 40 kt, les informations côté droit étant inférieures à celles du côté gauche. L'équipage effectue alors les check-list AOA DISAGREE et ALT DISAGREE, puis la checklist IAS DISAGREE qui renvoie à la procédure *Airspeed Unreliable*. Les pilotes consultent cette procédure mais ne l'appliquent pas, car ils ont identifié l'indication erronée et savent que celle du PFD gauche est correcte. Ils vérifient néanmoins que l'indication de vitesse du PFD gauche, qu'ils estiment correcte, est cohérente avec la table *Flight with unreliable airspeed*⁽⁷⁾. Ils gardent le pilote automatique (AP), les directeurs de vol (FD) et l'automanette (A/T) engagés. Une fois les checklists appliquées, l'équipage fait un bilan TACBDE⁽⁸⁾ et décide de poursuivre le vol jusqu'à Paris-Orly. Les pilotes n'émettent pas de message PAN PAN et ne mentionnent pas le problème au contrôle aérien. Au cours de la descente, le commandant de bord contacte la maintenance de Transavia pour signaler le problème rencontré et demander l'intervention d'un technicien de la maintenance. Pour l'approche, l'équipage vérifie dans le QRH la poussée et l'assiette à afficher. Les pilotes décident de majorer de 10 kt la vitesse d'approche afin d'avoir une vitesse indiquée suffisante sur les deux PFD, sachant que les performances de l'avion avec la vitesse majorée sont compatibles avec la longueur de la piste à Paris-Orly. L'avion atterrit sans incident. Le commandant de bord note dans l'AFL⁽⁹⁾ les alertes survenues lors du décollage. Un technicien inspecte l'avion pendant la nuit mais ne relève aucun problème (cf § 2.2).

1.2 Vol du 8 février 2018

Le lendemain, un autre équipage doit effectuer un vol au départ de l'aérodrome de Paris-Orly vers l'aérodrome de Marrakech (Maroc), avec un décollage prévu à 6 h 35. C'est un vol d'instruction visant à former un pilote à la fonction de commandant de bord. Il sera PF pour ce vol, tandis que le commandant de bord, en place droite, jouera le rôle du copilote pour les besoins de l'instruction et sera PM. Le pilote en formation indique que les problèmes survenus sur le vol précédent, traités par la maintenance, n'ont pas attiré son attention lors de la consultation de l'AFL. Divers incidents techniques et opérationnels retardent le départ. À 8 h 25, l'avion débute le décollage piste 26. Les conditions sont VMC.

Au cours du roulement au décollage, le PF constate sur son PFD que la vitesse dépasse les 80 kt sans que l'instructeur, n'en fasse l'annonce. Il demande alors à l'instructeur s'il a passé les 80 kt. Ce dernier annonce « 80 kt », alors que le PFD gauche indique déjà 90 kt, et annonce qu'il y a 10 kt d'écart entre les deux PFD. Il demande au pilote en formation s'il accepte de continuer. Celui-ci répond par l'affirmative.

⁽¹⁰⁾ La V1 était de 134 kt.

⁽¹¹⁾ Décollage à poussée réduite.

Un message d'alerte IAS DISAGREE apparaît entre 90 et 95 kt selon l'instructeur⁽¹⁰⁾. Ce dernier reprend les commandes, met fin à la situation d'instruction, poursuit le roulement au décollage et effectue la rotation. Il affiche une assiette de 15° et la poussée est sur *assumed temperature*⁽¹¹⁾. Peu après, les alertes « AOA DISAGREE » et « ALT DISAGREE » apparaissent successivement. L'instructeur constate alors que son PFD indique 20 kt et 400 ft de moins que le PFD gauche et l'instrument de secours. Il indique au pilote en formation que les indications sont erronées de son côté et lui demande de continuer le vol. Ce dernier, de nouveau PF, engage l'AP.

L'avion est stabilisé au FL90. L'équipage applique alors les memory items correspondant à la situation *Airspeed Unreliable* : il déconnecte successivement l'A/T, l'AP et les FD et affiche 4° d'assiette et 75 % de poussée. Le PM émet ensuite un message d'urgence PAN PAN et demande un guidage radar pour revenir à Orly. Il demande au PF de continuer à gérer la trajectoire pendant que lui effectue les check-lists associées aux différentes alertes. L'équipage fait ensuite un bilan TACBDE. L'AP et le FD côté gauche sont réengagés. L'avion atterrit à Orly en surcharge après 40 minutes de vol.

L'équipe de maintenance qui inspecte l'avion après ce vol constate que la sonde d'incidence du côté droit présente un effort résistant anormal à la rotation accompagnée de cliquetis inhabituels.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur l'aéronef

Le Boeing 737-800 immatriculé F-GZHO a été livré neuf à Transavia et mis en service le 9 février 2015. Il totalisait 8 927 heures de vol pour 4 397 cycles au 7 février 2018 et sortait d'une visite de maintenance de type C effectuée par KLM UK Engineering à Norwich (Royaume-Uni). Une des opérations de maintenance effectuée lors de cette visite demandait à faire pivoter manuellement les deux sondes AOA à 30°. Les techniciens ayant effectué cette opération n'ont remarqué aucune anomalie.

Transavia France a indiqué que cette sonde (fabriquée en 2014) n'a jamais été démontée de l'avion depuis sa livraison à la compagnie.

2.2 Opération de maintenance entre les deux vols

L'équipage du vol du 7 février a contacté la compagnie au cours du vol pour signaler la panne. Un technicien, employé par une société sous-traitante de la société à laquelle Transavia a confié la maintenance de ses avions, est intervenu sur l'avion pendant la nuit. Il explique que les seules informations dont il disposait étaient celles inscrites sur l'AFL, dans lequel l'équipage avait mentionné les trois alertes IAS DISAGREE, AOA DISAGREE et ALT DISAGREE. Il a tenté d'obtenir des précisions sur l'événement auprès de la société de maintenance donneuse d'ordre mais cette dernière n'a pas pu le renseigner.

Il a donc appliqué les procédures du manuel de maintenance (AMM) relatives aux inspections des sondes d'incidence, des sondes Pitot et des prises de pression statique et de l'avertisseur de décrochage et n'a rien remarqué d'anormal. Il ajoute que la sonde d'incidence était libre en mouvement. Il explique qu'il n'a pas consulté les procédures du *Fault Isolation Manual* (FIM) correspondant à chaque alerte mais que les actions qu'il a effectuées correspondaient au final à ce qui est demandé par le FIM. Il précise cependant que la procédure du FIM pour l'alerte AOA DISAGREE demande de tester le calculateur SMYDC⁽¹²⁾ afin de vérifier si une panne y est enregistrée et qu'il n'a pas pensé à le faire. Le test du SMYDC réalisé le lendemain, à l'issue du deuxième vol, a révélé des messages d'erreur concernant une anomalie de la sonde d'incidence requérant son remplacement.

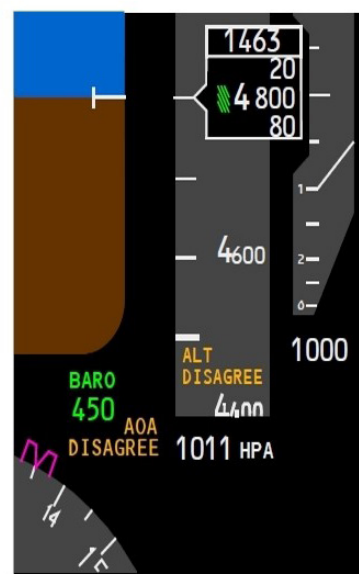
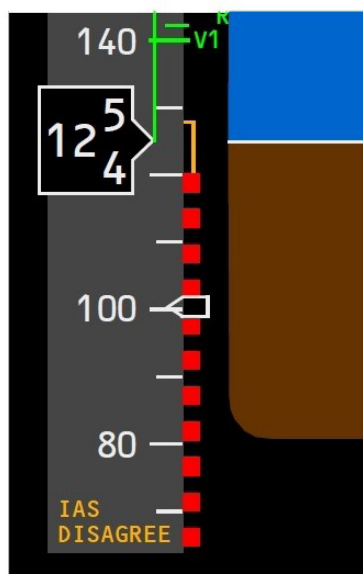
Le technicien explique qu'une défaillance d'une sonde d'incidence est habituellement accompagnée d'une alerte *Autoslat Fail* et que cette alerte n'a pas été reportée par l'équipage. Il a pensé que la sonde d'incidence avait pu givrer, ce qui aurait pu expliquer pourquoi il n'avait décelé aucun problème. L'avion a donc été remis en service pour le vol du lendemain.

2.3 Messages d'alerte IAS DISAGREE, AOA DISAGREE et ALT DISAGREE

Les messages IAS DISAGREE, AOA DISAGREE et ALT DISAGREE sont générés par les DEU⁽¹³⁾ 1 et 2 sur la base des données fournies par les deux ADIRU. Ces messages sont affichés en ambre sur les PFD sans alarme audio.

⁽¹²⁾ Stall Management
Yaw Damper
Computer :
calculateur en charge
de la gestion de la
protection contre
le décrochage et de
l'amortisseur de lacet.

⁽¹³⁾ Display Electronics
Unit : calculateur
qui gère l'affichage
sur les EFIS.



Source : Transavia

Figure 1 : Affichage des alertes IAS DISAGREE, AOA DISAGREE et ALT DISAGREE sur le PFD

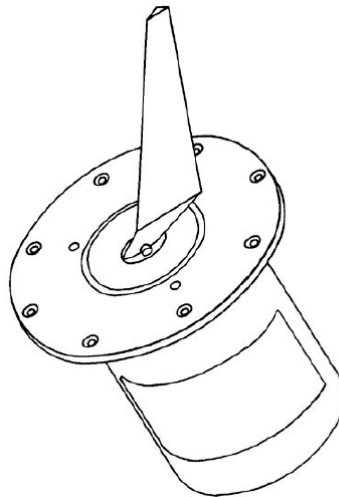
Les conditions d'activation des trois messages d'alerte sont les suivantes :

- ❑ Le message IAS DISAGREE est affiché sur les deux PFD lorsque les valeurs de vitesse indiquée gauche et droite présentent une différence de plus de 5 kt pendant au moins cinq secondes.
- ❑ Le message AOA DISAGREE est affiché sur les deux PFD lorsque les valeurs d'incidence mesurées par les sondes gauche et droite présentent une différence de plus de 10° pendant au moins dix secondes.
- ❑ Le message ALT DISAGREE est affiché sur les deux PFD lorsque les valeurs d'altitude gauche et droite présentent une différence de plus de 200 ft pendant au moins cinq secondes.

2.4 Sonde d'incidence

2.4.1 Fonctionnement des sondes d'incidence sur Boeing 737-800

Le 737 est équipé de deux sondes d'incidence installées sur le fuselage avant de l'avion. Elles se composent extérieurement d'une palette chauffée qui se met dans le lit du flux d'air. Pour chaque sonde, le mouvement de rotation est transmis à deux résolveurs électriques localisés dans le corps de la sonde, par le biais d'engrenages internes. Les résolveurs transforment le mouvement rotatif en une valeur de tension électrique proportionnelle à l'angle d'incidence.



Source : Collins

Figure 2 : Sonde d'incidence du Boeing 737

Au sein de chaque sonde, le résolveur 1 envoie ses données électriques au SMYDC et le résolveur 2 à l'ADIRU qui élabore les données anémométriques et inertielles de l'avion. Les résolveurs 1 et 2 sont liés mécaniquement par un engrenage. Ainsi lorsque la sonde d'incidence fonctionne nominalement, les positions angulaires des deux résolveurs varient de manière identique. Chaque résolveur produit ensuite un signal électrique indépendant.

2.4.2 Utilisation des données d'incidence par les systèmes

L'ADIRU gauche (ou droit) utilise l'incidence mesurée par la sonde d'incidence gauche (ou droite) afin de corriger la pression statique mesurée par le capteur de pression statique gauche (ou droit). La pression statique corrigée est ensuite utilisée pour calculer la vitesse indiquée et l'altitude de l'avion. Chaque PFD affiche ensuite les données fournies uniquement par l'ADIRU situé de son côté.

Une erreur de mesure de l'incidence se répercute donc sur la vitesse indiquée et l'altitude affichées sur le PFD du côté de la mesure erronée. Elle peut être également, selon les écarts de valeurs d'incidence, à l'origine de l'affichage des messages d'alerte IAS DISAGREE, AOA DISAGREE et ALT DISAGREE.

Chaque SMYDC reçoit des valeurs d'incidence de l'ADIRU et du résolveur 1 de la sonde d'incidence situés du même côté. Une logique interne sélectionne ensuite la valeur utilisée pour réaliser la fonction d'avertisseur de décrochage (stick shaker), la fonction de contrôle en lacet et pour calculer certaines vitesses caractéristiques telles que les vitesses maximales et minimales en manœuvre⁽¹⁴⁾. Chaque SMYDC reçoit aussi des données d'incidence en provenance de l'ADIRU opposé à des fins de détection d'erreur.

De même, les FCC⁽¹⁵⁾ A et B utilisent les valeurs d'incidence mesurées respectivement par les sondes d'incidence gauche et droite via les ADIRU gauche et droit pour réaliser leurs fonctions.

Par conséquent, au-delà des erreurs d'affichage de vitesse indiquée et d'altitude, les différents calculateurs situés du côté d'une sonde d'incidence qui dysfonctionne reçoivent des données d'entrées fausses. Cela peut entraîner le suivi d'une trajectoire erronée, la diminution de l'efficacité de l'amortisseur de lacet si les automatismes sont engagés du côté de la sonde défaillante. Par ailleurs le stick shaker peut se déclencher de manière intempestive sur le volant situé du côté de la sonde défaillante, ou ne pas se déclencher dans une situation de décrochage. Ces dysfonctionnements peuvent entraîner une augmentation de la charge de travail de l'équipage ainsi que des difficultés pour contrôler l'avion.

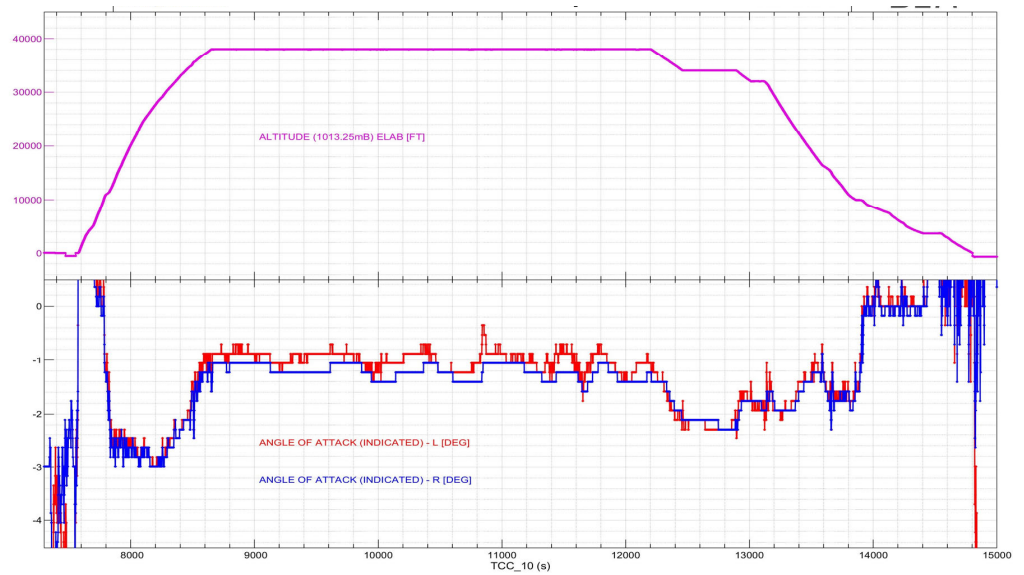
2.4.3 Étude des données QAR

Transavia a fourni au BEA l'ensemble des données de vol enregistrées par l'enregistreur de maintenance (QAR) de l'avion depuis le mois de mars 2015.

L'analyse de ces données de vol fait apparaître une évolution progressive dans le temps du dysfonctionnement de la sonde d'incidence droite dont les valeurs évoluent par paliers de plus en plus longs alors que celles de la sonde d'incidence gauche présentent une évolution beaucoup plus dynamique. Les figures suivantes montrent l'évolution du dysfonctionnement de la sonde d'incidence entre 2015 et 2018, à travers l'enregistrement des valeurs fournies par les sondes d'incidence gauche et droite.

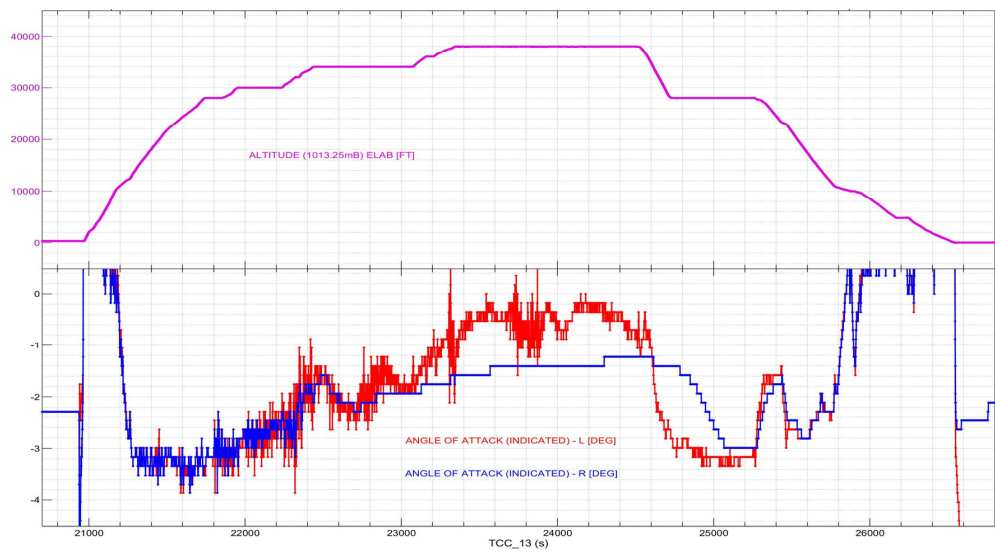
⁽¹⁴⁾ Les vitesses maximale et minimale en manœuvre (Maximum Maneuver Speed and Minimum Maneuver Speed) correspondent respectivement à la vitesse qui offre une marge de manœuvre de 0,3 g par rapport au phénomène de buffeting haute vitesse et à la vitesse qui offre une marge de manœuvre de 0,3 g par rapport à l'activation du stick shaker. Ces vitesses sont représentées par l'extrémité d'un bandeau ambre sur l'échelle de vitesse du PFD.

⁽¹⁵⁾ *Flight Control Computer* : calculateur notamment en charge des fonctions de l'AP et du FD.



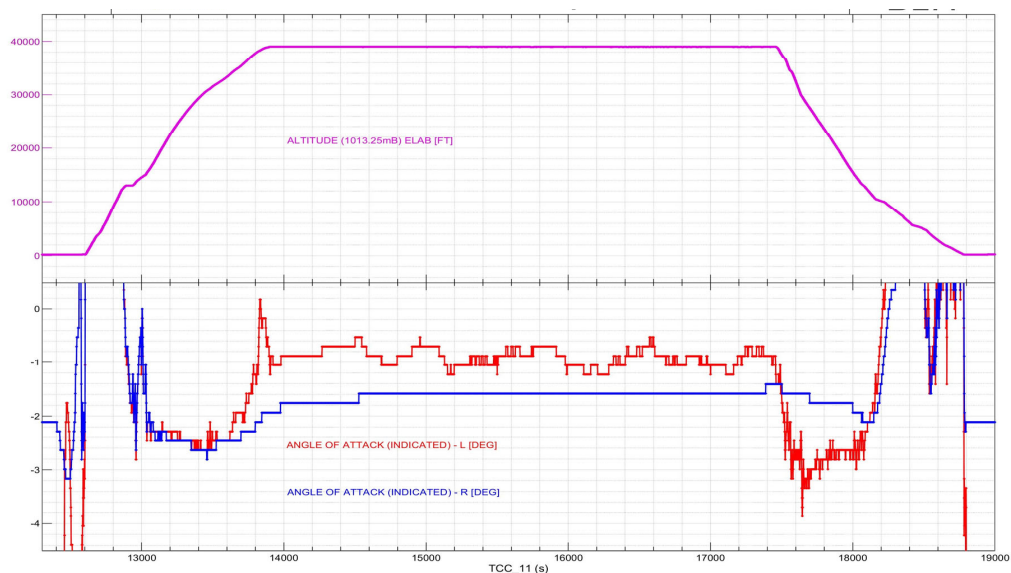
Source : BEA

Figure 3 : Altitude et incidences enregistrées lors du vol du 19/03/2015



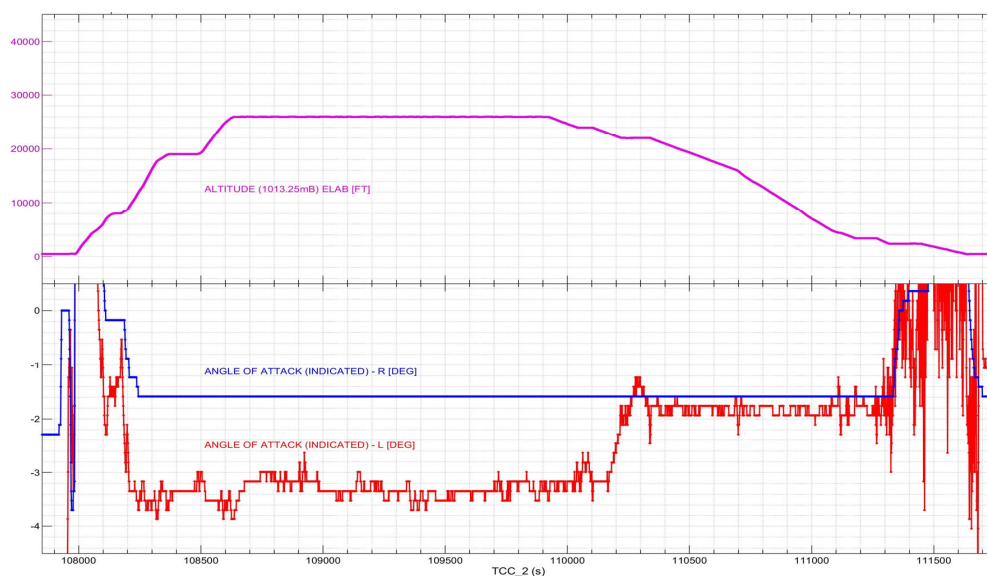
Source : BEA

Figure 4 : Altitude et incidences enregistrées lors du vol du 18/10/2015



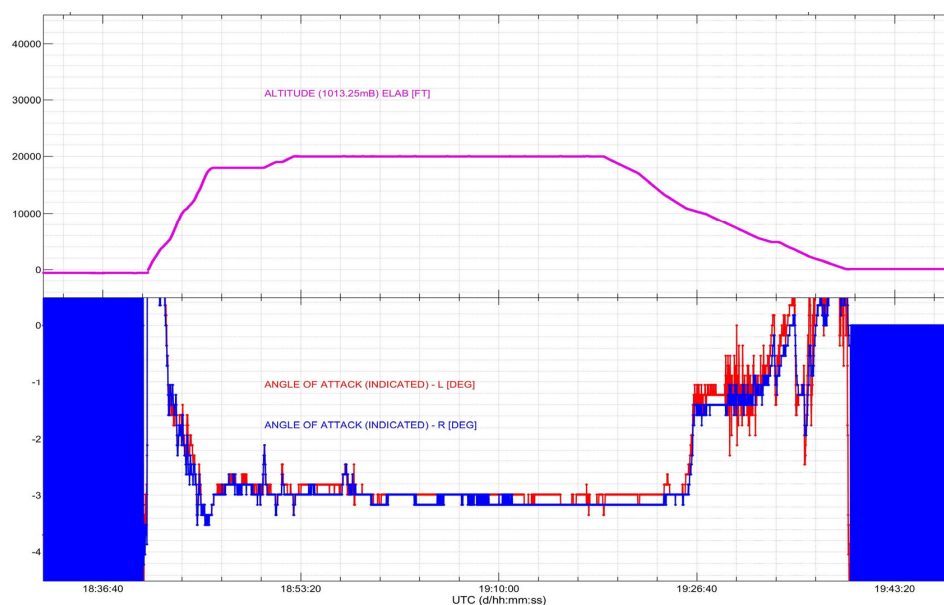
Source : BEA

Figure 5 : Altitude et incidences enregistrées lors du vol du 19/01/2016



Source : BEA

Figure 6: Altitude et incidences enregistrées lors du vol du 01/02/18



Source : BEA

Figure 7: Altitude et incidences enregistrées lors du vol du 7 février 2018

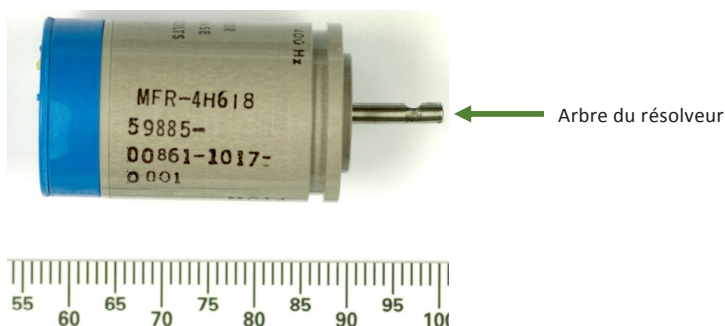
Le début de ce dysfonctionnement peut être décelé dans les données QAR dès le mois de mars 2015, quelques semaines seulement après la livraison de l'avion à Transavia. Le dysfonctionnement s'accroît ensuite significativement et est visible jusqu'au dernier vol avant la maintenance à Norwich (cf. Figure 6). Le comportement des valeurs d'angle d'incidence enregistrées change ensuite nettement lors des vols des 7 et 8 février, et le dysfonctionnement est moins visible (cf. Figure 7).

Le déclenchement de l'alerte AOA DISAGREE n'est pas vérifiable à partir des données QAR du vol de l'événement : l'alerte AOA DISAGREE est générée en comparant les valeurs mesurées par les résolveurs 2 de chaque sonde, alors que l'incidence enregistrée peut provenir du résolveur 1 en fonction de la sélection opérée par le SMYDC. Il est donc probable que l'écart entre les résolveurs 2 avant le 7 février était insuffisant pour déclencher une alerte et que cet écart s'est accru lors du vol du 7 février, bien que l'écart entre les résolveurs 1 ait diminué.

2.4.4 Examen de la sonde défectueuse

La sonde défectueuse a été démontée de l'aéronef puis transférée chez KLM EM⁽¹⁶⁾ à Amsterdam pour des tests et un démontage en présence du BEA. L'examen a montré l'endommagement de plusieurs composants internes. Les engrenages entre les deux résolveurs sont endommagés et à température ambiante, l'arbre du résolveur 2 est bloqué en rotation et légèrement tordu. À la température de fonctionnement, atteinte après le test du système de réchauffage de la palette, les deux résolveurs donnent des indications qui diffèrent entre elles d'environ 100°.

⁽¹⁶⁾ KLM Engineering and Maintenance.



Source : BEA

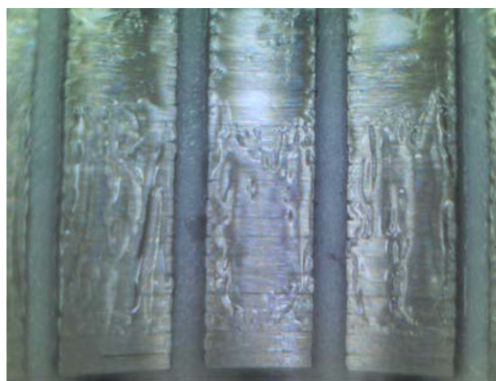
Figure 8 : Résolveur défectueux

Le résolveur 2 a été envoyé au constructeur de la sonde d'incidence Collins Aerospace, qui a coordonné un examen avec son sous-traitant MOOG, qui fournit les résolveurs. L'examen du résolveur bloqué en rotation a montré la présence d'une substance visqueuse et collante, entre le stator et le rotor de celui-ci, ce qui empêche le mouvement relatif de ces deux pièces.



Source : MOOG / Collins Aerospace

Figure 9 : Rotor avec présence d'une substance visqueuse



Source : MOOG / Collins Aerospace

Figure 10 : Stator avec présence d'une substance visqueuse

Les données de Collins et de Transavia relatives aux deux sondes d'incidence de l'avion indiquent que celles-ci n'ont subi aucune opération de maintenance depuis leur livraison à Boeing en février 2015. Par conséquent, il est possible que la substance visqueuse ait été introduite au cours de la fabrication. Il n'a cependant pas été possible de déterminer si cette substance trouvée dans le résolveur était présente depuis la fabrication du résolveur ou de la sonde, ou si elle a pu être introduite par l'exposition à un environnement extérieur après la livraison de la sonde.

Des examens réalisés par Collins Aerospace et MOOG ont montré que cette substance était composée principalement de résine époxy, utilisée dans la fabrication des résolveurs (au niveau du bobinage), mais polluée avec une ou plusieurs autres substances.

⁽¹⁷⁾ Tetra hydro furfuryl
Alcohol : alcool
tétrahydrofurfurylique.

Des audits internes croisés entre les deux sociétés ont mis en évidence qu'une substance (THFA⁽¹⁷⁾) utilisée par Collins lors du processus de fabrication de la sonde d'incidence était fortement similaire au contaminant identifié dans le résolveur. Collins indique que le THFA est utilisé lors de la fabrication d'un sous-composant de la sonde mais à une étape et dans un lieu où le résolveur n'est pas présent. Ainsi si le résolveur de l'événement a été en contact avec le THFA, cela a été fait de manière accidentelle.

Collins a effectué des tests d'exposition du même type de résolveurs à du THFA et n'a pas pu reproduire la dégradation de la résine époxy observée sur le résolveur de l'incident. Les durées d'exposition au THFA lors de la série de tests sont cependant certainement différentes de celle, inconnue, du résolveur de l'incident. Collins précise également que des contaminants extérieurs peuvent encore pénétrer dans la sonde d'incidence après l'assemblage.

Indépendamment de l'origine de la contamination, Collins a mis en place des procédures additionnelles de manipulation du matériel et affiché des avertissements sur tous les équipements utilisant le THFA pour minimiser les risques de mise en contact accidentelle du THFA avec un ou plusieurs résolveurs. Collins Aerospace estime que l'endommagement des engrenages ainsi que la déformation en torsion de l'arbre du résolveur 2 résultent probablement d'efforts anormaux subis depuis 2015 en raison du blocage causé par la contamination. La différence observée entre les valeurs fournies par les deux résolveurs pourrait être due selon Collins Aerospace à un désengagement momentané des engrenages reliant les résolveurs. Les manipulations de la sonde par les équipes de maintenance après les vols ont également pu engendrer des endommagements supplémentaires et accroître l'écart observé entre les deux résolveurs lors de l'examen.

Par ailleurs, les examens du résolveur 1 de la sonde défectueuse et d'un résolveur de la sonde opposée n'ont révélé aucune contamination. Collins Aerospace et MOOG indiquent ne pas avoir connaissance d'autres cas de contamination similaire.

2.5 Renseignements sur les équipages

2.5.1 Équipage du vol du 7 février 2018

Le commandant de bord totalisait environ 12 000 heures de vol, dont 1 842 heures sur Boeing 737. Il travaille pour Transavia depuis 2015 et il avait volé 110 heures pendant les trois mois précédant l'incident.

Le copilote totalisait environ 4 000 heures de vol. Il travaille pour Transavia depuis novembre 2017 et il avait effectué son premier vol sur Boeing 737 en janvier 2018. Il totalisait 73 heures de vol sur type lors de l'incident.

2.5.2 Équipage du vol du 8 février 2018

Le commandant de bord totalisait plus de 10 000 heures de vol sur Boeing 737, dont 55 heures dans les trois mois précédant l'incident.

Le pilote en formation a été copilote sur Boeing 737 puis sur Airbus A330 et A340, puis commandant de bord sur A320 pour Air France. Il a rejoint Transavia fin 2017 et a obtenu sa qualification de type Boeing 737 le 23 janvier 2018. Il avait effectué 23 heures de vol sur 737 chez Transavia.

2.6 Procédure « Airspeed Unreliable »

En cas d'alerte IAS DISAGREE, le manuel de vol du Boeing 737-800 renvoie à la procédure *Airspeed Unreliable*, dont un extrait est présenté ci-après. La procédure demande à l'équipage de désengager tous les automatismes et, lorsque les volets sont sortis, d'afficher une assiette de 10° et une poussée à 80 % de N1. Ces quatre premiers items de la procédure sont des « *memory items* » qui doivent être appliqués immédiatement, dès que la situation anormale est identifiée.

Airspeed Unreliable	
Condition:	Airspeed or Mach indications are suspected to be unreliable. (Items which might indicate unreliable airspeed are listed in the Additional Information section.)
Objective:	To identify a reliable airspeed indication, if possible, or to continue the flight using the Flight With Unreliable Airspeed table in the Performance Inflight chapter.
1	Autopilot (if engaged) Disengage
2	Autothrottle (if engaged) Disengage
3	F/D switches (both) OFF
4	Set the following gear up pitch attitude and thrust:
	Flaps extended 10° and 80% N1
	Flaps up 4° and 75% N1

5	PROBE HEAT switches Check ON

Source : Transavia

Figure 11 : Extrait de la procédure *Airspeed Unreliable*

Le désengagement de l'AP, de l'A/T et des FD est prévu pour éviter que ces systèmes ne fournissent des ordres ou des indications non pertinents si les valeurs fournies par une ADIRU sont erronées, comme cela peut-être le cas lorsqu'une sonde d'incidence est défectueuse.

Lors des deux incidents, les pilotes n'ont pas effectué immédiatement les *memory items*. Dans les deux cas, ils ont d'abord cherché à identifier le côté qui fournissait des informations erronées et se sont dans un premier temps basés sur cette évaluation pour poursuivre le vol avec les automatismes engagés.

Ils n'ont pas affiché les paramètres d'assiette et de poussée recommandés. Ils indiquent qu'ils connaissaient parfaitement la procédure applicable mais que lors du décollage, la poussée affichée et l'assiette d'environ 15° permettaient à l'avion de monter en sécurité. Il ne leur semblait pas opportun de diminuer l'assiette et la poussée dans une phase de vol critique telle que la montée initiale. Ils ajoutent que lors des exercices en simulateur relatifs à la procédure *Airspeed Unreliable*, certains instructeurs de la compagnie recommandent aux pilotes de garder 15° d'assiette et la poussée décollage en montée initiale.

Lors de l'élaboration de la procédure *Airspeed Unreliable*, Boeing a fait le choix de minimiser le nombre de *memory items* et n'a pas retenu la possibilité de garder une assiette plus élevée au décollage. Boeing indique que les valeurs d'assiette et de poussée de 10° et 80 % de N1 assurent la sécurité du décollage et que le commandant de bord doit toujours évaluer la situation et garder toute latitude pour déterminer les mesures les plus appropriées afin d'assurer la sécurité du vol.

2.7 Décision de poursuivre le décollage

Le manuel de vol du Boeing 737-800 prévoit, entre 80 kt et V1, quatre cas nécessitant une interruption du décollage :

- Above 80 knots and before V1, reject the takeoff for any of the following:
 - fire or fire warning
 - engine failure
 - predictive windshear warning
 - if the airplane is unsafe or unable to fly.

Source : Transavia

Figure 12 : Extrait de la procédure d'interruption du décollage du Boeing 737-800

Le commandant de bord du vol du 7 février indique que ni lui ni le copilote n'ont évoqué à voix haute la différence de vitesse qu'ils ont remarquée lors de l'annonce des 80 kt. Il n'a pas jugé la situation dangereuse et n'a pas envisagé l'interruption du décollage. Il ajoute que les conditions VMC ont facilité la gestion de l'événement et qu'il aurait peut-être réagi différemment en conditions IMC.

Lors du vol du 8 février, les pilotes ont eu le temps de communiquer et l'instructeur commandant de bord a demandé au pilote en formation si cela lui convenait de poursuivre le décollage malgré les 10 kt d'écart. Ce dernier indique a posteriori qu'il était très enclin à interrompre le décollage mais que la formulation de la question l'a poussé à répondre affirmativement. Il précise qu'étant entré dans la compagnie depuis très peu de temps, il ne se sentait pas à l'aise pour contredire l'instructeur.

L'instructeur commandant de bord explique qu'il n'a pas eu le temps d'analyser les conséquences sur la poursuite du vol de l'écart de vitesses affichées sur les PFD et qu'il n'a pas jugé la situation dangereuse lorsque l'alerte IAS DISAGREE s'est déclenchée. A posteriori, il estime qu'il aurait été préférable d'interrompre le décollage. Il précise que c'était la première fois qu'il était confronté à une panne survenant entre 80 kt et V1.

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

Lors du vol au départ de l'aérodrome de Norwich, la défaillance du résolveur 2 de la sonde d'incidence droite a entraîné une indication de vitesse erronée sur le PFD droit et le déclenchement de l'alerte IAS DISAGREE lors de la course au décollage, puis des alertes AOA DISAGREE et ALT DISAGREE en montée initiale. L'équipage a rapidement identifié le PFD donnant des indications erronées. Il a effectué les check-lists correspondant aux deux dernières alertes mais n'a pas effectué la check-list IAS DISAGREE car l'indication erronée était identifiée et il a estimé que la sécurité du vol n'était pas menacée. Il a poursuivi le vol jusqu'à destination et demandé l'intervention de la maintenance.

Le technicien de maintenance qui est intervenu sur l'avion pendant la nuit n'a pas appliqué strictement les procédures de recherche de panne du Fault Isolation Manual (FIM) et n'est pas parvenu à identifier la cause du problème. La défaillance du résolveur 2 de la sonde d'incidence droite était donc toujours présente lors du vol du lendemain matin. Lors de ce vol au départ de l'aérodrome de Paris-Orly, l'équipage a été confronté aux mêmes symptômes. Il a également poursuivi le décollage mais il a décidé de faire demi-tour après avoir traité les check-lists associées aux alertes.

Le manuel de vol du Boeing 737-800 prévoit que lorsque l'avion a dépassé les 80 kt lors de la course au décollage, si l'avion n'est pas apte à poursuivre le vol les équipages doivent interrompre le décollage. Les équipages avaient peu de temps pour évaluer la capacité de l'avion à poursuivre le vol. Ils n'ont pas jugé opportun d'interrompre le décollage. Les conditions météorologiques favorables lors des deux décollages ont probablement favorisé cette décision. L'identification des indications erronées et l'utilisation des automatismes en lien avec la sonde fonctionnelle ont permis de poursuivre le vol dans le premier cas et de faire demi-tour en toute sécurité dans le second cas.

Facteurs contributifs

Ont contribué au dysfonctionnement de la sonde d'incidence droite et à l'émission des alertes IAS DISAGREE, AOA DISAGREE et ALT DISAGREE lors du décollage des vols du 7 et du 8 février :

- ☐ La contamination du résolveur 2 de la sonde d'incidence droite par un solvant, qui a entraîné une défaillance du résolveur et les indications de vitesse et d'altitude erronées, suivies d'alertes AOA, IAS et ALT DISAGREE. L'enquête n'a pas permis de déterminer l'origine de cette contamination, qui semble être un cas isolé, ni la raison pour laquelle ce défaut présent depuis l'installation de la sonde sur l'avion a entraîné le déclenchement d'alertes lors d'un vol en sortie de maintenance. Il est toutefois possible que la manipulation de la sonde lors de la maintenance ait aggravé le dysfonctionnement sans que les techniciens ne s'en rendent compte.
- ☐ La non-utilisation du FIM par le technicien intervenu sur l'avion entre les deux vols. Son utilisation aurait permis une vérification plus complète, la panne aurait probablement été détectée et la sonde remplacée.

Enseignements de sécurité

Le décollage est une phase dynamique, lors de laquelle l'équipage peut ne pas avoir les moyens d'identifier toutes les conséquences possibles d'une défaillance de l'indicateur de vitesse. Étant donné l'importance des indications de vitesse pour la poursuite du vol, un doute sur ce paramètre devrait inciter l'équipage à envisager l'interruption du décollage lorsque cela est encore possible.

Une défaillance de l'indicateur de vitesse peut affecter de nombreux systèmes situés du côté de la sonde défaillante, tels que le pilote automatique, l'auto-manette, les directeurs de vol ou la protection contre le décrochage. La désactivation des automatismes demandée par les memory items de la procédure relative aux indications de vitesse erronées vise à éviter l'utilisation des automatismes du côté affecté par le dysfonctionnement et doit être appliquée par l'équipage avant toute analyse.

Enfin, l'émission d'un message d'urgence PAN PAN pour signaler un problème technique permet au contrôle aérien de prendre des mesures conservatoires autour de l'aéronef si nécessaire. Souvent, la charge de travail de l'équipage s'en trouvera diminuée.