

Incident grave de l'avion BOEING - 737 - 800 immatriculé 7T-VJM

survenu le 6 décembre 2019
à Paris-Orly (94)

⁽¹⁾ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter une heure pour obtenir l'heure en France métropolitaine le jour de l'événement.

Heure	Vers 11 h 15 ⁽¹⁾
Exploitant	Air Algérie
Nature du vol	Transport commercial de passagers
Personnes à bord	Commandant de bord (CdB), copilote, équipage commercial et passagers
Conséquences et dommages	Aucun

Perte d'altitude en remise de gaz

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues de l'enregistreur de maintenance QAR et des enregistrements des radiocommunications. Un compte-rendu écrit du CdB a également pu être complété par un entretien téléphonique avec lui, en compagnie du chef du FSB⁽²⁾ d'Air Algérie et d'un représentant de l'Autorité chargée de l'aviation civile d'Algérie.

⁽²⁾ Flight Safety Bureau (Bureau de la sécurité des vols).

L'équipage décolle à 8 h 53 de l'aéroport de Tlemcen (Algérie) à destination de l'aéroport de Paris-Orly. Un peu plus de deux heures plus tard, en approche ILS en piste 25, l'équipage pré-affiche une altitude de 2 000 ft au Tableau de commande de mode (MCP) correspondant à l'altitude à rejoindre en cas d'approche interrompue. Le copilote est alors PF. L'équipage est autorisé à l'atterrissage par le contrôleur à 11 h 12 min 02. Il désengage le pilote automatique (A/P) à 11 h 14 min 01 puis l'automanette (A/T) à une altitude d'environ 600 ft pour atterrir en pilotage manuel.

À 11 h 14 min 10, alors que l'avion est à une altitude de 477 ft (soit 13 ft en dessous de l'altitude de décision (DA)), le contrôleur ordonne à l'équipage de remettre les gaz après qu'une alarme du Système de surveillance des mouvements au sol et de détection automatique d'incursions sur piste (RIMCAS) s'est déclenchée. Le contrôleur n'informe pas l'équipage du motif de l'instruction de remise de gaz. La trajectoire d'approche interrompue publiée pour la piste 25 prévoit une montée dans l'axe, puis à une altitude de 700 ft, un virage à gauche vers la route magnétique 199° avec une montée vers 2 000 ft initialement.

⁽³⁾ La cause de ce « *Master Caution* » n'a pas pu être déterminée.

⁽⁴⁾ Il n'a pas été possible, à partir des données QAR et du témoignage, de déterminer avec certitude les rôles (PF ou PM) de chacun des pilotes pendant la remise de gaz.

⁽⁵⁾ Alerte générée par le GPWS lorsque l'inclinaison est supérieure à 35 degrés et caractérisée par le message vocal « *BANK ANGLE, BANK ANGLE* ».

À 11 h 14 min 14, à une altitude de 401 ft et une hauteur de 117 ft, l'équipage engage le mode TO/GA par un appui sur le bouton TO/GA de la manette de gaz (point ❶ sur la [figure 1](#) ci-dessous) et affiche une assiette à cabrer. L'A/T n'ayant pas été armée manuellement après son désengagement, elle ne s'engage pas et l'équipage avance manuellement les manettes de poussée jusqu'à une position correspondant à environ 90 % de N1. L'avion atteint une hauteur radiosonde minimale de 73 ft avant de reprendre de l'altitude. Le voyant MASTER CAUTION s'allume pendant douze secondes⁽³⁾. La poussée des moteurs et l'augmentation automatique du trim à cabrer conduisent, malgré les actions à piquer au manche⁽⁴⁾, à une augmentation de l'assiette à 18°, légèrement supérieure à la barre horizontale du Directeur de vol (F/D) (15°). La vitesse verticale augmente rapidement jusqu'à 4 000 ft/min.

À 11 h 14 min 21, à une altitude de 380 ft, l'équipage rentre les volets vers la position 15° puis le train d'atterrissage. Les actions appliquées au manche continuent de suivre les barres de tendance du F/D. À une altitude de 930 ft, le mode LNAV s'engage automatiquement, suivi à 1 210 ft du mode vertical de capture d'altitude ALT ACQ avec comme cible l'altitude de 2 000 ft pré-affichée par l'équipage lors de l'approche finale. Le taux de montée est alors maximal et vaut 4 100 ft/min.

À 11 h 14 min 46, à une altitude de 1 340 ft, l'A/T s'engage, après son armement par l'équipage, à la suite de l'engagement du mode ALT ACQ. Le mode MCP SPD de maintien d'une vitesse de 171 kt correspondant à celle au moment de l'engagement devient actif. L'A/P n'est pas réengagé. La barre verticale du F/D suggère une correction à gauche pour rejoindre la route 199 de la procédure d'approche interrompue. L'avion se trouve à environ 150 m à droite de l'axe de piste, probablement en raison de la dérive liée au gradient de vent. L'équipage débute le virage à gauche. À 11 h 14 min 59, l'altitude est de 2 000 ft et la vitesse verticale est de 1 300 ft/min. Les valeurs de N1 sont de 72 %, en diminution. L'inclinaison atteint un maximum de 38° et l'alerte Bank Angle⁽⁵⁾ se déclenche. Pendant le virage, l'équipage rentre les volets vers la position 2°. La vitesse de l'avion, qui a diminué, est de 160 kt, soit 11 kt en dessous de la vitesse cible du mode MCP SPD. L'altitude atteint un maximum de 2 070 ft pendant le virage. Les actions au manche sont cohérentes avec les tendances du F/D.

Avec une assiette de 4.0° à cabrer, environ 65 % de N1, l'altitude commence à diminuer et la vitesse augmente. À 11 h 15 min 15, la barre de tendance horizontale du F/D suggère de prendre une assiette d'environ 10° à cabrer. L'assiette reste inférieure à 5° et l'avion sort de virage au cap 200. L'altitude est d'environ 1 900 ft et la vitesse verticale est supérieure à 1 500 ft/min en descente. Dans le même temps, le contrôleur demande à l'équipage de monter à 3 000 ft et de virer au cap 160. L'équipage modifie la sélection d'altitude au MCP ce qui entraîne le passage du mode vertical ALT ACQ au mode de maintien de vitesse verticale (V/S) avec comme vitesse verticale cible celle au moment du changement de mode, soit 1 100 ft/min en descente (point ❷). Après cette réversion de mode, l'équipage suit les barres de tendance du F/D, ce qui maintient l'avion en descente. Les moteurs sont à 45 % de N1, toujours en diminution.

⁽⁶⁾ Alerte GPWS caractérisée par le message vocal "DON'T SINK" et le message **PULL UP** sur l'horizon artificiel.

À 11 h 15 min 34, l'équipage collationne à nouveau l'altitude de 3 000 ft à la demande du contrôleur. L'équipage désengage l'A/T et augmente progressivement la poussée vers 50 % de N1. Au même moment, l'alerte "DON'T SINK"⁽⁶⁾ se déclenche. L'avion est à 1 556 ft d'altitude, à une hauteur de 1 260 ft avec une vitesse verticale de 1 200 ft/min en descente (point ⑤). À 11 h 15 min 37, l'équipage engage à nouveau l'A/T en mode MCP SPD avec une vitesse cible de 175 kt. Quelques secondes plus tard, le contrôleur indique à l'équipage qu'il voit au radar l'avion en train de descendre et leur demande de monter à 3 000 ft. À partir de 11 h 15 min 49, à une altitude d'environ 1 300 ft, l'équipage rentre le dernier cran de volets, augmente progressivement l'assiette jusqu'à 11° et la poussée jusqu'à 70 % de N1 en désengageant l'A/T (point ④). À 11 h 15 min 56, le vibreur de manche est momentanément activé et à 11 h 15 min 57, l'équipage diminue l'assiette. La barre de tendance horizontale du F/D suggère toujours de suivre une assiette permettant de maintenir une vitesse verticale en descente de 1 100 ft/min en mode V/S. L'alerte "DON'T SINK" se déclenche à nouveau.

Durant les trente secondes suivantes l'équipage maintient le palier à environ 1 300 ft d'altitude, pendant lequel la vitesse augmente jusqu'à 292 kt. Au cours de cette accélération, l'équipage sort un cran de volets à une vitesse supérieure de 20 kt à la vitesse de sortie des volets (les volets sont rentrés une minute plus tard). L'équipage engage une nouvelle fois l'A/T puis monte vers 3 000 ft d'altitude avec une vitesse verticale supérieure à 4 000 ft/min pendant dix secondes. La barre de tendance horizontale du F/D indique une assiette à piquer jusqu'à l'engagement du mode vertical ALT ACQ. À 11 h 17 min 36, l'équipage engage l'A/P à 3 000 ft (point ⑤) et est ensuite guidé par le contrôleur pour une nouvelle approche. Il atterrit en piste 25 à Orly à 11 h 37.

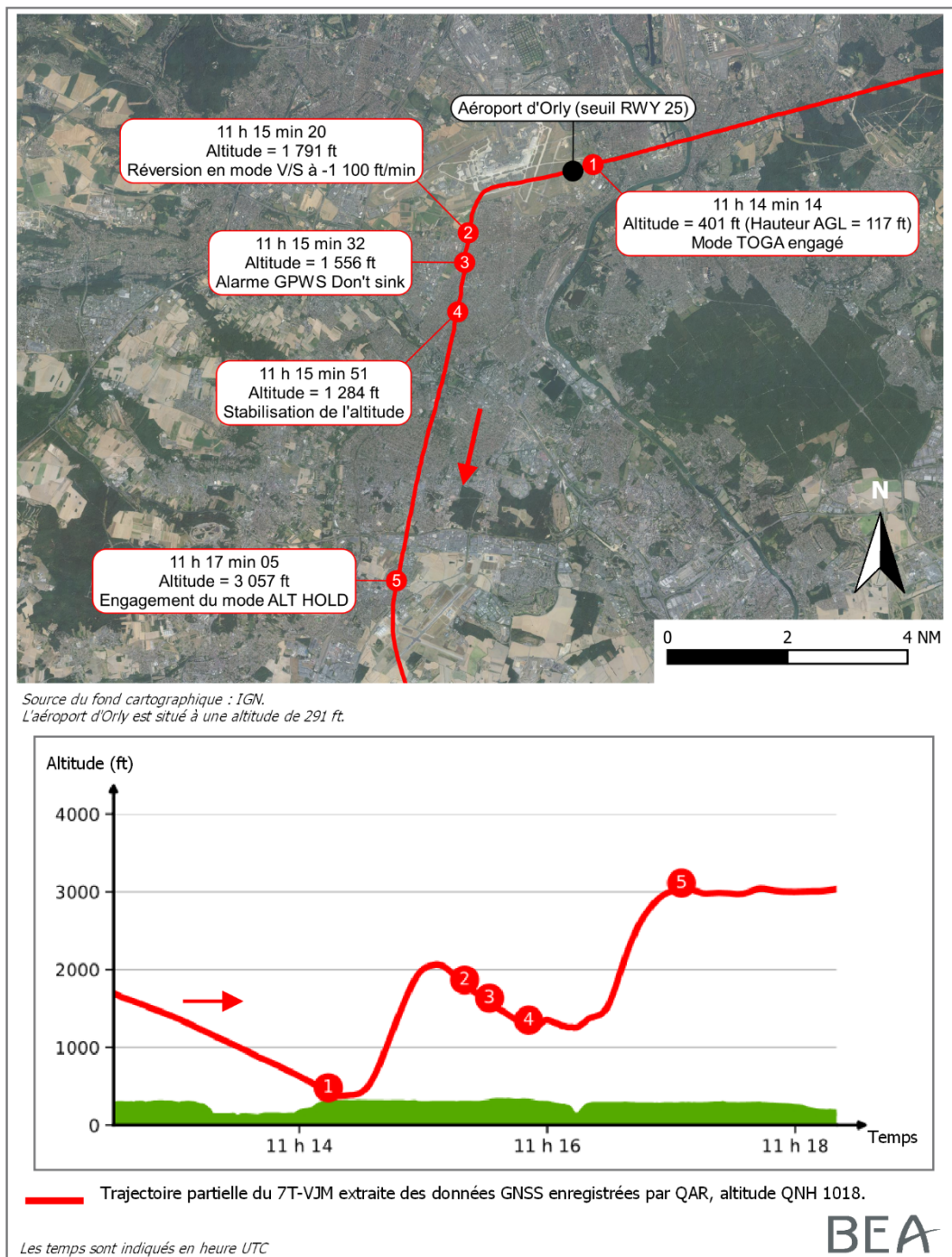


Figure 1 : Trajectoires horizontales et verticales du 7T-VJM extraites des données QAR

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur l'équipage

Le commandant de bord était titulaire d'une licence de pilote de ligne (ATPL) en cours de validité. Il totalisait environ 8 000 heures de vol, dont environ 1 400 sur Boeing 737. Il avait obtenu sa qualification de type Boeing 737 en mai 2018 et avait volé 230 h au cours des trois mois précédents.

Le copilote était titulaire d'une licence de pilote commercial CPL en cours de validité et totalisait environ 3 700 heures de vol, dont environ 1 700 sur Boeing 737. Il avait obtenu sa qualification de type Boeing 737 en mai 2017.

En raison de la durée écoulée entre l'incident et l'entretien téléphonique, le commandant de bord ne se souvenait plus précisément de l'événement. Il a toutefois indiqué que le copilote et lui se préparaient à atterrir et qu'ils ont été très surpris par l'instruction de remise de gaz. Ils n'en ont pas compris la cause car ils étaient à environ 100 ft du sol avec la piste en vue et dégagée. Selon lui, cela a engendré une préoccupation pendant la remise de gaz. Il a entendu des alarmes mais ne se souvient plus lesquelles. Il ne se souvenait plus des conditions qui ont conduit à la perte d'altitude.

2.2 Conditions météorologiques

Les METAR de l'aéroport d'Orly de 11 h et 11 h 30 indiquaient un vent de 200° pour 10 kt, une visibilité de 4 000 à 4 500 m, de la brume, une faible pluie et des nuages fragmentés (5 à 7 octas) dont la base était à 500 ft.

Les données enregistrées par l'avion montrent la présence d'un gradient de vent, avec un vent de 40 kt à 1 500 ft.

2.3 Déclenchement de l'alarme RIMCAS

L'alarme RIMCAS s'est déclenchée en raison de la présence au point d'attente W33 (au nord de la piste à environ 700 m du seuil) d'un véhicule de lutte aviaire. Alors que l'équipage du 7T-VJM venait d'être autorisé à l'atterrissage, le contrôleur assistant LOC a demandé sur la fréquence dédiée au conducteur de ce véhicule de sortir des servitudes mais le conducteur n'a pas répondu. Le contrôleur LOC a alors demandé à l'équipage de remettre les gaz.

Le conducteur a indiqué ne pas avoir entendu le message à la radio car il était en train d'effaroucher des oiseaux au pistolet. Il a par ailleurs assuré qu'il n'était pas dans les servitudes.

Les services de la navigation aérienne indiquent que l'alarme RIMCAS a été générée en raison d'un paramétrage erroné du système. À l'issue de travaux effectués jusqu'au 2 décembre sur la piste 25, quatre jours avant l'évènement, la position du point d'arrêt W33 avait été modifiée et rapprochée de 12 m de l'axe de piste. Le paramétrage du RIMCAS, qui prenait en compte la position des points d'attente, n'avait pas été modifié en conséquence. L'alarme s'est donc déclenchée alors que le véhicule de lutte aviaire n'avait pas dépassé le point d'attente.

Le paramétrage du RIMCAS a été corrigé après l'incident et la surface de surveillance de RIMCAS correspond désormais à un rectangle de 90 m de part et d'autre de l'axe de piste indépendant de la position des marques d'arrêt, conformément aux servitudes de la piste 25.

2.4 Gestion des automatismes

2.4.1 Conduite d'une remise de gaz à masse faible ou avec une altitude publiée basse

Les performances de montée des biréacteurs modernes tendent à diminuer le temps alloué à l'équipage pour gérer une manœuvre dynamique avec une charge de travail importante⁽⁷⁾. Ainsi que le mentionne Boeing dans le Manuel de formation des équipages (FCTM), un des principaux risques lors d'une remise de gaz à masse faible ou avec une altitude publiée basse est le dépassement de cette altitude. Afin de minimiser ce risque, le FCTM recommande d'adopter un taux de montée de 1 000 à 2 000 ft/min. Le FCTM suggère pour cela d'utiliser l'A/T, mais recommande également de déconnecter tous les automatismes (A/P, A/T et F/D) et de piloter la mise en palier manuellement si l'équipage estime qu'il y a tout de même un risque de dépassement de l'altitude. Il y est notamment expliqué que les lois de contrôle de l'AFDS⁽⁸⁾ limitent les variations d'assiette de l'A/P ou des F/D pour le confort des passagers, ce qui peut conduire au dépassement de l'altitude cible sans action de l'équipage.

⁽⁷⁾ Ce point a été mis en évidence par l'étude PARG. Voir § 2.8.

⁽⁸⁾ Autopilot Flight Director System : Système de gestion de l'avion composé de l'A/P, du F/D et de l'A/T.

2.4.2 Capture d'une altitude

Le mode ALT ACQ de l'AFDS est un mode de capture d'altitude et s'engage automatiquement lorsque l'avion est en montée ou en descente à l'approche de l'altitude sélectionnée. L'AFDS passe ensuite en mode de maintien de l'altitude ALT HOLD lorsque l'avion est à moins de 60 ft de l'altitude cible, à condition que la vitesse verticale soit inférieure à 300 ft/min en valeur absolue.

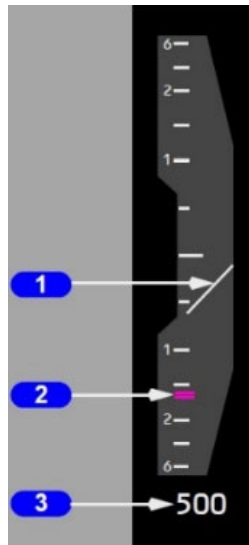
Lors du vol, le 7T-VJM a dépassé 2 000 ft +/- 60ft d'altitude avec une vitesse verticale toujours supérieure à 300 ft/min. Le mode ALT HOLD n'a donc pas pu s'engager, bien que le PF ait adopté une assiette légèrement inférieure à celle indiquée par le F/D. La diminution d'assiette suggérée par la barre horizontale du F/D était insuffisante pour réduire la vitesse verticale et permettre la capture de l'altitude. Il est probable que cela soit dû à la limitation de variations d'assiette par l'AFDS (voir § 2.4.1).

2.4.3 Réversion de mode

Lorsque l'AFDS est en mode ALT ACQ, une modification de l'altitude sélectionnée par l'équipage entraîne une réversion en mode V/S avec comme cible la vitesse verticale instantanée de l'avion au moment de la modification d'altitude. La réversion de mode est signalée à l'équipage par un encadré autour du mode affiché sur l'Annonceur de mode (FMA) pendant dix secondes, sans alerte sonore. Le système ne vérifie pas la cohérence entre la vitesse verticale et l'altitude sélectionnée. Lors de l'incident, l'altitude sélectionnée de 3 000 ft correspondait à une montée mais l'AFDS a pris comme cible en mode V/S la vitesse verticale instantanée de l'avion qui était de 1 100 ft/min en descente.

2.4.4 Affichage de la cible de vitesse verticale

La vitesse verticale cible peut être consultée sur l'Écran de vol primaire (PFD) uniquement sur l'échelle de vitesse verticale où elle est représentée par un double trait magenta (voir Figure ci dessus).



Source : Boeing - Copyright © 2021 Boeing. All rights reserved

Figure 2 : Barre de vitesse verticale sur le PFD du B737.

- 1 : indicateur de vitesse verticale actuelle.
- 2 : indicateur de vitesse verticale cible (ici environ -1 600 ft/min).
- 3 : valeur affichée de la vitesse verticale actuelle

2.5 Conduite de la remise de gaz par l'équipage

Les données de l'enregistreur phonique (CVR) n'ont pas pu être préservées pour exploitation, considérant la durée d'enregistrement de deux heures et le fait qu'un autre vol était prévu après celui de l'incident. Malgré les sollicitations auprès de l'Autorité chargée de l'aviation civile d'Algérie pour recueillir les témoignages de l'équipage, il n'a pas été possible d'organiser un entretien avec le copilote.

Cette absence d'informations a limité l'analyse de l'incident et n'a certainement pas permis d'établir tous les enseignements de sécurité qui auraient pu être tirés de cet incident grave. Il ressort néanmoins des informations collectées que :

- La vitesse verticale élevée, le virage, la rentrée des volets et la forte augmentation du vent de face lors de l'approche des 2 000 ft pouvaient constituer des conditions de stabilisation et de mise en palier défavorables à la capture de l'altitude par l'AFDS.
- L'équipage n'a pas déconnecté l'A/T et le F/D comme le recommande le FCTM lorsque l'altitude cible risque d'être dépassée. Il n'avait peut-être pas suffisamment anticipé ce risque.

- ❑ L'équipage a été surpris de l'instruction de remise de gaz. Cela a suscité un questionnement pendant la phase qui a suivi et a pu consommer de nombreuses ressources attentionnelles. Le virage et l'altitude initiale de stabilisation relativement basse de la procédure d'approche interrompue, ainsi que le déclenchement des alertes MASTER CAUTION ont probablement entraîné une charge de travail importante pour l'équipage. La surprise combinée à l'augmentation de la charge de travail peuvent expliquer certaines imprécisions constatées dans le pilotage de l'avion (écarts de trajectoire, vol à plus de 250 kt à faible hauteur pendant environ deux minutes, sortie d'un cran de volets 20 kt au-dessus de la vitesse de sortie des volets).
- ❑ L'équipage a probablement suivi les tendances affichées par les barres du F/D sans avoir vérifié que les modes et les valeurs cibles associées étaient compatibles avec la trajectoire à suivre.
- ❑ Les délais de réaction à l'alerte "DON'T SINK" et à l'instruction puis aux demandes du contrôleur de monter à 3 000 ft ainsi que le palier de trente secondes à environ 1 300 ft peuvent s'expliquer par une difficulté d'évaluation ou une incompréhension de la situation par l'équipage.

2.6 Altitude de la remise de gaz en piste 25 à Orly

Dans le cadre de l'enquête sur l'incident de l'Airbus A350 immatriculé F-HREV exploité par French Bee survenu le 4 février 2020 à Orly⁽⁹⁾, le BEA a pu déterminer, avec l'aide des services de la navigation aérienne d'Orly, que sur les huit remises de gaz à Paris-Orly ayant occasionné en 2019 une déviation de plus de 200 ft par rapport à l'altitude autorisée, six avaient une altitude de stabilisation à 2 000 ft. Les remises de gaz avec une altitude autorisée à 2 000 ft ne représentent pourtant que 21 % du total des remises de gaz sur la même période⁽¹⁰⁾.

À l'issue de l'enquête sur l'incident du F-HREV, le BEA a recommandé à la Direction des services de la navigation aérienne (DSNA) d'étudier la faisabilité d'une augmentation de l'altitude publiée d'approche interrompue sur l'aéroport Paris-Orly pour permettre aux équipages de disposer de plus de temps pour réaliser l'ensemble des tâches associées à la procédure de remise de gaz et limiter le risque d'écart de trajectoire.

2.7 Événement similaire

Un incident similaire à celui du 7T-VJM est survenu le 1^{er} juin 2019 à un Boeing 737-800 en approche sur l'aéroport de Bristol (Royaume-Uni). Le contrôleur aérien a ordonné à l'équipage de remettre les gaz car l'avion était en dessous du plan de descente. L'équipage a interrompu l'approche alors que l'altitude sélectionnée au MCP était celle de la DA, à 1 000 ft, tandis que l'altitude de la procédure de remise de gaz était de 3 000 ft. L'avion était légèrement au-dessus de 1 000 ft, le mode ALT ACQ s'est activé pour capturer l'altitude, et le PF a suivi l'indication du F/D en pilotage manuel. L'équipage a ensuite affiché 3 000 ft à l'altitude sélectionnée, l'AFDS est passé en mode V/S et a donc maintenu la vitesse verticale instantanée, qui était en descente à ce moment-là. La descente s'est poursuivie pendant 32 s, avant que l'équipage ne corrige la trajectoire. L'organisme d'enquête de sécurité du Royaume-Uni (AAIB) n'a pas déterminé la raison pour laquelle l'équipage n'a pas détecté la descente⁽¹¹⁾.

⁽⁹⁾ <https://www.bea.aero/les-enquetes/evenements-notifies/detail/incident-de-lairbus-a350-immatricule-f-hrev-exploite-par-french-bee-survenu-le-04-02-2020-a-orly-94>

⁽¹⁰⁾ Les autres remises de gaz étaient initialement autorisées par le contrôle aérien à monter à une altitude supérieure.

⁽¹¹⁾ Le rapport est disponible sur la [page du site de l'AAIB dédiée à l'incident](#).

⁽¹²⁾ <https://www.bea.aero/les-etudes-de-securite/acces-aux-etudes/pertes-de-contrôle-de-la-trajectoire-en-phase-d'approche-lors-de-la-remise-de-gaz/>

2.8 Étude sur les pertes de contrôle de la trajectoire en phase d'approche lors de la remise de gaz (PARG)

Le BEA a publié en 2013 une étude sur les pertes de contrôle de la trajectoire en remise de gaz (étude PARG⁽¹²⁾).

2.8.1 Effet de surprise et dégradation du travail en équipage

Il ressort de cette étude que « *la réalisation d'une procédure de remise de gaz et la charge de travail associée peuvent dissocier les deux membres d'équipage pendant une durée trop longue* ». Ceci est d'autant plus vrai quand la remise de gaz n'est pas à l'initiative de l'équipage, l'instruction de remise de gaz provoque alors un effet de surprise qui peut le déstabiliser.

2.8.2 Interception de l'altitude de remise de gaz

La difficulté d'interception de l'altitude de remise de gaz est également un élément caractéristique des scénarii étudiés dans l'étude PARG, à la fois mis en avant à travers l'analyse d'événements mais aussi exprimé par près de la moitié des 831 pilotes ayant répondu au sondage du BEA. Cette difficulté ressort particulièrement lorsque l'altitude publiée de remise de gaz est basse (inférieure à 2 000 ft au-dessus de la DA) comme dans le cas de la procédure d'approche interrompue en piste 25 à Orly. La difficulté d'interception est en partie due à l'inadéquation entre la construction des procédures d'approche interrompue et la poussée disponible sur les biréacteurs modernes. Celle-ci peut engendrer des vitesses de montée très importantes surtout lorsqu'ils sont légers, réduisant le temps disponible pour effectuer les actions et annonces nécessaires à la procédure de remise de gaz avant l'interception.

Sur Boeing 737, la limitation de poussée par l'A/T⁽¹³⁾ permet de limiter le risque de perception erronée de l'attitude (illusion somatogravique) et offre aussi plus de temps aux équipages pour réaliser la remise de gaz. La gestion manuelle de la poussée ne permet cependant pas de bénéficier de cette limitation.

2.8.3 Gestion des automatismes

Lors des simulations conduites dans le cadre de l'étude, il a été constaté qu'au cours de la remise de gaz, la lecture du FMA est souvent mise en défaut. On a pu observer lors d'une même remise de gaz jusqu'à dix changements de mode FMA non détectés alors que certains ont eu une conséquence directe sur le suivi de la trajectoire de l'avion. La non-détection des changements de mode FMA par les deux membres d'équipage est principalement liée à la saturation cognitive, la pression temporelle, l'absence de circuit visuel défini et la charge de travail associée à l'interruption de l'approche.

De même, à l'interception ou à la sélection de l'altitude de remise de gaz, les simulations ont montré que des réversions de mode n'étaient parfois pas détectées.

⁽¹³⁾ La poussée TO/GA reste disponible par un deuxième appui sur le TO/GA switch.

Ces observations avaient conduit le BEA à émettre la recommandation suivante :

« *Le BEA recommande que l'AESA⁽¹⁴⁾, en coordination avec les principales autorités de certification non européennes, s'assure que les constructeurs d'aéronefs modifient l'ergonomie de façon à rendre plus simple l'interprétation des modes FMA et faciliter la détection de leurs changements ; [Recommandation FRAN-2013-037]* ».

L'AESA a répondu en 2014 que cette recommandation était déjà prise en compte par les spécifications de certification (CS) 25.1302 et que l'« *Automation Policy* » développée par l'agence traitait également ce sujet. Le BEA avait considéré cette réponse comme inadéquate au vu des différentes études qui mettaient en évidence les difficultés dans la lecture et l'interprétation des modes FMA, d'autant plus que l'évolution de l'ergonomie des avions existants n'était pas traitée par l'AESA.

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

Alors que l'avion était en finale en piste 25 à Orly, une alarme du système de surveillance des mouvements au sol et de détection automatique d'incursions sur piste (RIMCAS) s'est déclenchée en raison de la présence d'un véhicule de lutte aviaire aux abords des servitudes de piste. Le véhicule de lutte aviaire était pourtant derrière le point d'attente et en dehors des servitudes de piste. Le déclenchement erroné de l'alarme RIMCAS était dû à la non prise en compte, dans le paramétrage du système, du déplacement du point d'attente à la suite de travaux.

En raison de l'alarme RIMCAS et en l'absence de réponse du conducteur du véhicule, le contrôleur a ordonné à l'équipage de remettre les gaz alors qu'il avait passé l'altitude de décision (DA).

L'équipage a remis les gaz en affichant initialement une poussée et une assiette qui ont engendré une vitesse verticale élevée. Il a ensuite engagé l'automanette (A/T) alors que le pilote automatique (A/P) était désengagé. Le virage à gauche a été débuté tardivement et l'inclinaison élevée a déclenché l'alarme « *BANK ANGLE* ». L'altitude de l'approche interrompue a été dépassée au cours du virage. Sous l'effet combiné d'une action à piquer du PF et de la diminution de poussée par l'A/T, l'avion est ensuite redescendu sous 2 000 ft. Le contrôleur a alors autorisé l'équipage à monter vers 3 000 ft. La sélection de cette altitude par l'équipage a provoqué une réversion en mode V/S avec la vitesse verticale instantanée pour cible (-1 100 ft/min).

L'équipage a ensuite suivi les indications du directeur de vol (F/D) pendant une vingtaine de secondes. Au cours de la descente, le contrôleur a interpellé l'équipage à trois reprises et l'alerte "DON'T SINK" s'est déclenchée et est restée active pendant 45 s.

L'équipage a arrêté la descente vers 1 300 ft et a mis l'avion en palier pendant 30 s en accélérant jusqu'à 292 kt. Il a ensuite repris la montée vers 3 000 ft. Après avoir stabilisé l'avion à 3 000 ft, l'équipage a effectué une deuxième approche sans incident.

Facteurs contributifs

L'absence d'enregistrement issu du CVR et de témoignage précis n'a pas permis d'analyser précisément les actions de l'équipage. Les éléments suivants ont toutefois pu contribuer aux écarts constatés de procédure et de suivi de trajectoire lors de la remise de gaz :

- ❑ L'effet de surprise lié à une remise de gaz ordonnée par le contrôleur à faible hauteur ;
- ❑ La trajectoire d'approche interrompue avec une altitude publiée basse et un virage à gauche en montée initiale, qui engendre une forte charge de travail en un temps réduit ;
- ❑ L'application par l'équipage d'une poussée initiale élevée compte tenu de l'altitude de stabilisation de l'approche interrompue ;
- ❑ Un pilotage basé sur une utilisation hybride des automatismes (A/P, A/T et F/D) qui n'était pas propice à la capture de l'altitude publiée de la procédure d'approche interrompue ;
- ❑ Un travail en équipage défaillant qui peut s'expliquer par l'effet de surprise lié à l'instruction de remise de gaz, et à la charge de travail évoquée précédemment ;
- ❑ L'affichage au PFD de la valeur cible de vitesse verticale, qui peut nécessiter une vérification au MCP. Cela a pu favoriser la non-détection par l'équipage de la valeur cible incohérente avec la trajectoire recherchée ;
- ❑ L'absence de vérification par le système de la cohérence entre l'action effectuée (sélection d'une altitude plus élevée) et son résultat (réversion de mode qui entraîne une descente), ainsi que l'absence d'alerte à l'équipage.

Les messages du contrôleur pour alerter l'équipage de la descente de l'avion ont probablement contribué, avec les alarmes GPWS, à la prise de conscience par l'équipage de la trajectoire erronée et à la mise en palier de l'avion.

Enseignement de sécurité

Gestion des automatismes

Cet événement montre que les conclusions de l'étude PARG sont toujours d'actualité. En particulier, le fait que l'équipage ait suivi le F/D alors que l'AFDS était en mode V/S avec une vitesse verticale négative à la suite d'une réversion de mode vient appuyer la recommandation FRAN-2013-037 du BEA à l'AESA relative à l'amélioration de l'ergonomie de façon à faciliter l'interprétation des modes FMA et la détection de leurs changements.

Une synergie efficace de l'équipage permettant une surveillance étroite des modes FMA reste fondamentale. Les équipages ne doivent pas hésiter à déconnecter les automatismes lorsqu'ils ne les comprennent plus.