

⁽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.

⁽²⁾ Dans la suite du rapport, le copilote, PF en siège de droite sera appelé « *copilote* », et la copilote de renfort assise sur le siège de service sera appelée « *copilote de renfort* ». French Bee utilise le terme *First Officer* pour désigner un copilote.

⁽³⁾ Sauf mention contraire, les valeurs d'altitude mentionnées dans le rapport sont des altitudes QNH arrondies à 50 ft.

Incident de l'avion AIRBUS - A350 - 900 immatriculé F-HREV

survenu le 4 février 2020
à Paris-Orly (94)

Heure	Vers 17 h 00 ⁽¹⁾
Exploitant	French Bee
Nature du vol	Transport commercial de passagers
Personnes à bord	CDB (PM), copilote (PF), copilote de renfort ⁽²⁾ , 10 PNC, 206 passagers
Conséquences et dommages	Aucun

Alarme *predictive windshear* en finale, incapacité cognitive du copilote en remise de gaz, écarts latéraux et verticaux de trajectoire, alerte *low energy*, conflit avec un avion au décollage

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues de l'enregistreur de maintenance des données de vol, des témoignages, des enregistrements des radiocommunications ainsi que des données radar. Le CVR n'était pas disponible.

L'Airbus A350 immatriculé F-HREV, exploité par French Bee, effectue le vol d'indicatif FBU711 depuis San Francisco vers Paris-Orly. Ce vol termine la rotation Paris – San Francisco – Papeete – San Francisco – Paris. L'équipage décolle avec près de trois heures de retard de San Francisco. Sur ce dernier tronçon de onze heures environ, l'équipage de conduite est complété par une copilote de renfort qui l'a rejoint la veille à San Francisco et qui est assise sur un siège de service du poste de pilotage lors de l'arrivée sur Paris. Une PNC est également assise sur un siège de service du poste de pilotage pour l'atterrissage.

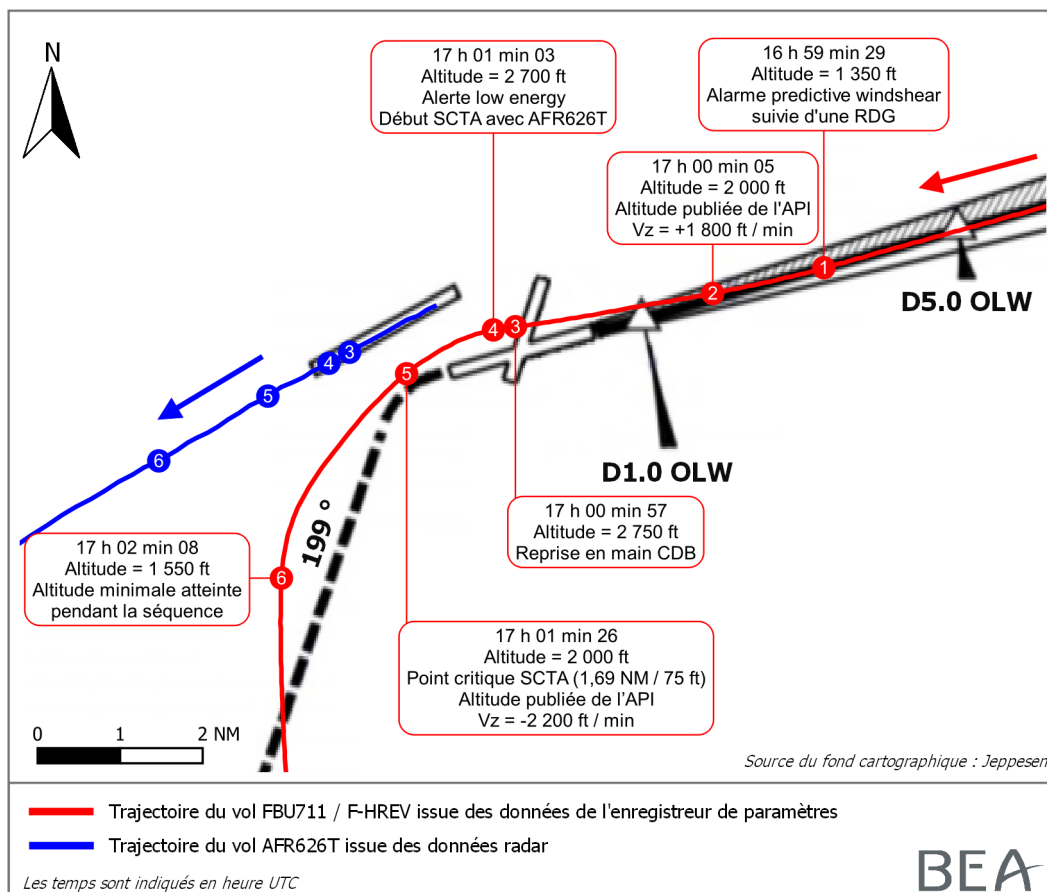
L'avion est stabilisé sur l'ILS 25 et configuré pour l'atterrissage, le copilote est PF et le CDB PM. La visibilité à Orly est supérieure à 10 km et le plafond est à 4 500 ft environ. Le vent est du nord-ouest pour 25 kt environ.

À une altitude de 1 400 ft⁽³⁾ soit environ 1 100 ft radiosonde, le copilote déconnecte le pilote automatique (AP). L'auto-poussee (A/THR) et les directeurs de vol (FDs) restent engagés.

Phase 1 : Alarme *predictive windshear*, remise de gaz, incapacité cognitive du copilote, dépassement de l'altitude publiée d'approche interrompue (points 1 à 3, Figure 1)

⁽⁴⁾ Alarme qui anticipe un cisaillement de vent, voir §2.4.1.

À 16 h 59 min 29 (soit quatre secondes après la déconnexion de l'AP) et à une altitude de 1 350 ft, l'alarme *predictive windshear*⁽⁴⁾ « GO AROUND, WINDSHEAR AHEAD » s'active dans le poste de pilotage (point 1 Figure 1). L'équipage est surpris par cette alarme au regard des conditions météorologiques du jour. Le CDB ordonne une remise de gaz (RDG).



Source : BEA

Figure 1 : Trajectoire du F-HREV

Le copilote applique un léger ordre à droite au mini-manche et un ordre à cabrer amenant l'assiette à environ 8°. Il avance ensuite les manettes de poussée dans le cran TOGA. Après quelques secondes et à la demande du CDB, le copilote engage le mode GA SOFT⁽⁵⁾. Les barres de tendance des FDs demandent une diminution de l'assiette. Aucun ordre au mini-manche n'est enregistré et l'assiette de l'avion reste stable aux alentours de 8° à cabrer. L'avion continue de monter avec une assiette supérieure à celle ciblée par les FD. L'équipage commande la rentrée du train d'atterrissage, puis des volets en CONF3. Le message LVR CLB clignote à l'annonceur de mode (FMA) demandant au pilote de positionner les manettes de poussée dans le cran CL⁽⁶⁾.

⁽⁵⁾ Go Around SOFT est un mode de l'A/THR qui permet de réaliser une remise de gaz avec une poussée inférieure à TOGA. Les manettes de poussée sont alors positionnées dans le cran FLX/MCT. La montée se fait avec une vitesse verticale cible de 2 000 ft/min.

⁽⁶⁾ Le passage des manettes de poussée dans le cran CL permet d'engager l'A/THR, et donc ici de quitter le mode de remise de gaz GA SOFT.

⁽⁷⁾ Voir §2.4.3.

À 16 h 59 min 44, à une altitude de 1 450 ft, le CDB annonce au contrôleur aérien la réalisation d'une remise de gaz. Ce dernier l'autorise à monter à l'altitude publiée de l'approche interrompue (API) à 2 000 ft. Cette altitude avait été préalablement sélectionnée par l'équipage lors de l'approche. L'*altitude alert* de l'avion⁽⁷⁾ se déclenche pendant 1,5 s, signalant l'arrivée vers l'altitude cible.

Quelques secondes plus tard à une altitude de 1 750 ft, le mode vertical de capture d'altitude ALT* s'engage. Le CDB indique dans son témoignage qu'il annonce les modes « SPEED, ALT STAR ». Seize secondes après l'apparition du message LVR CLB, le copilote positionne les manettes de poussée dans le cran CL. Voyant qu'ils vont dépasser l'altitude sélectionnée, le CDB et la copilote de renfort demandent au copilote-PF de stabiliser l'avion à 2 000 ft. Le copilote ne réagit pas.

À 17 h 00 min 05, l'avion dépasse l'altitude publiée de l'approche interrompue de 2 000 ft (point 2 [Figure 1](#)) avec une vitesse indiquée de 167 kt et une vitesse verticale de + 1 800 ft/min. Trois secondes plus tard, l'équipage commande la rentrée des volets en CONF1. Les barres de tendance des FDs affichent un ordre à piquer plus important. Pendant cette période, l'assiette de l'avion reste stable autour de 8° à cabrer, et aucun mouvement n'est enregistré sur les mini-manches. Six secondes après le passage des 2 000 ft, l'*altitude alert* sonne de manière continue. L'équipage configure l'avion en lisse une dizaine de secondes plus tard.

À 17 h 00 min 29 à une altitude d'environ 2 750 ft et avec une vitesse indiquée (CAS) de 185 kt, le copilote met l'avion en palier au mini-manche. L'équipage tire le rotacteur d'altitude du bandeau de contrôle du vol (FCU) ce qui engage le mode longitudinal OP DES et le mode THR IDLE. L'A/THR réduit la puissance des moteurs vers le ralenti (IDLE) mais l'AP n'étant pas engagé, l'avion ne descend pas automatiquement vers l'altitude sélectionnée de 2 000 ft et l'avion reste stable à environ 2 800 ft d'altitude.

À 17 h 00 min 37, l'avion franchit le seuil de piste 25. Le contrôleur aérien demande à l'équipage de tourner à gauche au cap 180. Le CDB collationne en indiquant qu'ils sont montés jusqu'à 3 000 ft et qu'ils sont désormais en train de redescendre vers 2 000 ft. Le contrôleur les informe également d'un trafic à 1 heure pour 4 NM au départ d'Orly. Ce trafic décolle de la piste 24. Pendant l'échange radio, l'équipage sélectionne le cap 180° et engage le mode HDG. Les deux pilotes automatiques étant toujours désengagés et l'équipage n'effectuant pas d'action au manche, l'avion garde le cap courant de 267°. Les barres de tendance des FDs commandent un virage en descente à gauche de plus en plus important.

Phase 2 : Reprise en main par le CDB, alerte *low energy*, alerte STCA⁽⁸⁾ et descente en dessous de l'altitude publiée de l'approche interrompue (points 3 à 6, [Figure 1](#))

Dans son témoignage, le CDB indique qu'à une altitude d'environ 2 800 ft, il est conscient qu'ils sont trop haut, qu'il y a un trafic à proximité, qu'ils doivent tourner à gauche et que le copilote ne réagit ni à ses demandes ni à celles du contrôle aérien. À 17 h 00 min 49, les enregistrements des paramètres montrent que le CDB positionne sa main sur le mini-manche. Quelques secondes plus tard, la sortie des aérofreins est commandée par l'un des membres d'équipage (probablement par le copilote, voir §2.5) sans annonce dans le poste de pilotage. Le CDB engage ensuite l'AP1 à 17 h 00 min 57 (point 3 [Figure 1](#), soit 52 s après le passage des 2 000 ft en montée) et l'avion vire à gauche vers le cap 180° en descente vers l'altitude cible de 2 000 ft.

⁽⁸⁾ Short Term Conflict Alert : filet de sauvegarde permettant d'alerter le contrôleur aérien de possibles pertes de séparation entre aéronefs à court terme.

⁽⁹⁾ En l'absence de CVR, cette annonce ne peut être datée. Elle a notamment pu avoir lieu avant ou après l'action sur la commande des aérofreins.

⁽¹⁰⁾ *Velocity Lowest Selectable*, vitesse minimum que l'équipage peut sélectionner avec l'A/THR engagé, et en dessous de laquelle il est rare d'évoluer.

⁽¹¹⁾ Pour une VLS de 188 kt, voir [§2.4.2](#).

Le CDB annonce à l'équipage qu'il reprend les commandes « *I have control* »⁽⁹⁾. Le CDB voit la VLS⁽¹⁰⁾ augmenter et entend la copilote de renfort l'alerter sur la vitesse.

À 17 h 01 min 03 l'avion est à 2 700 ft d'altitude environ, aérofreins sortis, à une CAS de 175 kt⁽¹¹⁾ et une vitesse verticale de - 1 200 ft/min. L'alerte *low energy* caractérisée par le message sonore « SPEED, SPEED, SPEED » s'active pendant 3 s (point 4 [Figure 1](#)). Au même instant, le vol FBU711 entre en conflit avec le vol AFR626T au décollage de la piste 24 et une alerte STCA se déclenche sur l'écran du contrôle aérien.

Dans les secondes qui suivent, le CDB affiche une vitesse cible de 260 kt, met les manettes de poussée dans le cran TOGA, et reprend le pilotage de l'avion au mini-manche. L'intention du CDB est d'augmenter la vitesse, et ensuite de stabiliser l'avion à 2 000 ft. Le passage en TOGA entraîne la rétraction automatique des aérofreins, bien que la manette de commande reste en position sortie. Ceci déclenche un *Master Caution* pendant 38 s (voir §2.4.2). La reprise en manuel désengage l'AP1, ce qui désengage également les FDs dans cette situation où la vitesse est inférieure à VLS avec le mode OP DES engagé.

À 17 h 01 min 09, le contrôleur aérien demande à nouveau à l'équipage de tourner à gauche au cap 180°. Il n'obtient pas de réponse. L'avion a néanmoins débuté le virage depuis l'engagement de l'AP1 par le CDB. Les contrôleurs aériens voient alors l'avion survoler la tour de contrôle. L'avion est à environ 2 500 ft d'altitude et 650 m à droite de l'axe de la piste 25.

Bien que des actions dynamiques et de grandes amplitudes, allant parfois en butée sur les deux axes, soient enregistrées sur le mini-manche du CDB pendant une trentaine de secondes, le virage à gauche continue de manière stabilisée, la vitesse augmente vers sa cible de 260 kt et l'altitude continue de diminuer vers 2 000 ft. Les manettes de poussée sont déplacées du cran TOGA vers FLX/MCT puis CL.

À 17 h 01 min 26, l'avion passe l'altitude de 2 000 ft avec une CAS de 235 kt en augmentation et une vitesse verticale de - 2 200 ft/min (point 5 [Figure 1](#)). Cet instant coïncide également avec le point où la distance est minimale entre les deux vols FBU711/AFR626T (point critique du STCA) avec un rapprochement à 1,69 NM pour 75 ft. Les trajectoires des deux avions ne sont cependant pas convergentes.

Le CDB indique dans son témoignage qu'il a entendu la copilote de renfort demander d'utiliser l'AP et qu'il a vu le copilote toucher quelque chose au FCU. Il a vu le FMA en mode V/S et n'a pas compris pourquoi il était engagé. Dans son témoignage, la copilote de renfort indique avoir demandé plusieurs fois d'utiliser le pilote automatique pour alléger la charge de travail.

À 17 h 01 min 34 à une altitude de 1 850 ft, le copilote appuie sur le bouton de l'AP2 qui s'engage en mode longitudinal V/S avec la valeur courante de vitesse verticale (- 640 ft/min) et en mode latéral HDG avec la valeur courante du cap à 228°. Le CDB désengage alors l'AP2 et engage l'AP1. L'avion passe d'un roulis de 10° à gauche aux ailes à plat. Le CDB indique avoir annoncé « *Everybody silent. I'm the only one giving orders* ».

Passant 1 800 ft en descente, l'*altitude alert* se déclenche à nouveau de manière continue. Le CDB sélectionne un cap de 198° et diminue la vitesse cible de 258 kt vers 220 kt.

À 17 h 01 min 42 (soit 33 s après la dernière relance du contrôle aérien sans réponse de l'équipage), le CDB annonce au contrôleur qu'il est en train de tourner au cap 180. Ce dernier répond « *Thank you, for your information the traffic is very close, so I suggest you turn very quickly* ». Le CDB sélectionne le cap cible de 180°.

À 17 h 01 min 54, le copilote met la manette de commande des aérofreins en position rentré [pour rappel, les aérofreins se sont déjà rentrés automatiquement lors du passage de la manette de poussée sur le cran TOGA]. Le CDB tire le rotacteur d'altitude ce qui engage le mode OP CLB. L'A/THR passe du mode SPEED à THR CLB.

À 17 h 02 min 00, à une altitude de 1 600 ft, le CDB désengage l'AP1. Les FDs sont toujours engagés et les ordres au mini-manche du CDB sont cohérents avec les ordres FD.

À 17 h 02 min 08, l'avion atteint l'altitude minimale de la séquence à 1 550 ft environ (point 6 [Figure 1](#)). Dans le même temps, le contrôleur demande à l'équipage de monter à 3 000 ft. Il n'obtient pas de réponse, mais à bord de l'avion, l'altitude cible est changée de 2 000 ft à 3 000 ft.

Phase 3 : Récupération de la trajectoire, deuxième approche et atterrissage

Dix secondes après sa première demande, le contrôleur requiert de nouveau une montée à 3 000 ft, qui est cette fois-ci collationnée par le CDB. L'avion finit son virage au cap 180° et l'AP1 est réengagé pendant le reste du vol jusqu'à l'approche finale. Pendant la montée, la vitesse verticale atteint 3 100 ft/min et la vitesse indiquée 281 kt.

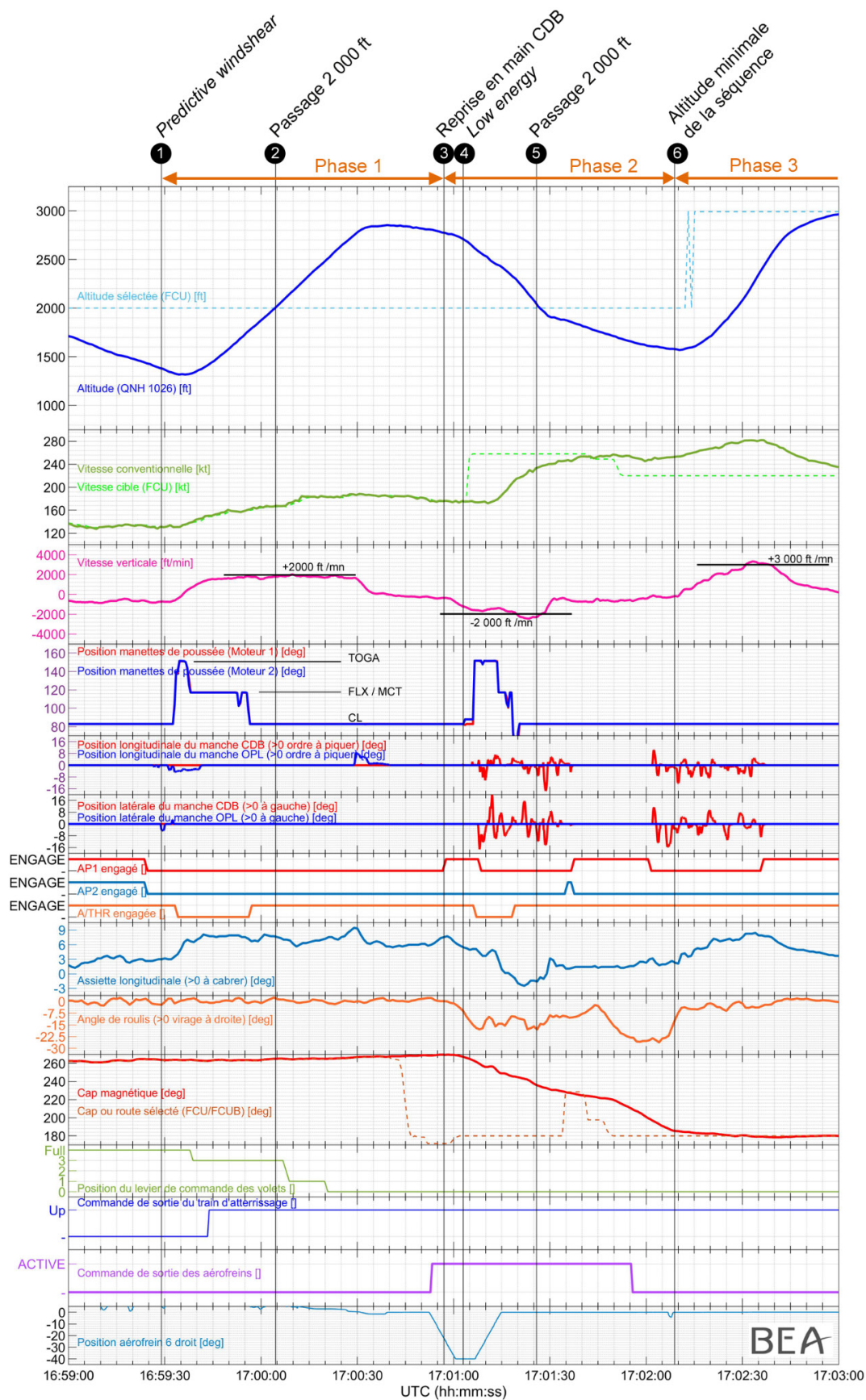
Le copilote se sentant apte à reprendre un rôle actif, il se déclare prêt à assurer les radiocommunications. Après discussion, le copilote devient PM et le CDB reste PF. Le copilote coordonne avec le contrôleur le changement de fréquence.

Quatre minutes environ après le déclenchement de l'alarme *predictive windshear*, l'avion est stabilisé à l'altitude cible de 3 000 ft à la vitesse cible de 220 kt.

Le contrôleur demande ensuite la raison de la remise de gaz et l'équipage répond qu'elle est due à un cisaillement de vent. Aucun autre équipage n'a reporté de cisaillement de vent ni avant ni après le vol de l'événement.

L'équipage est guidé radar pour une nouvelle approche sur l'ILS 25 et l'avion atterrit sans autre incident à 17 h 16 min 53 sur la piste 25 de l'aéroport d'Orly.

La [Figure 2](#) ci-dessous décrit les principaux paramètres de vol pendant la séquence de l'événement.



Source : BEA

Figure 2 : Principaux paramètres de vol enregistrés

⁽¹²⁾ La nuit
aéronautique
commence trente
minutes après le
coucher du soleil

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements météorologiques

Le METAR de l'aéroport d'Orly de 17 h indiquait les données suivantes :

LFPO 041700Z 31011KT 9999 SCT034 BKN045 08/02 Q1027 TEMPO 29015G30KT
SCT020TCU

Compte-tenu des éléments disponibles, Météo-France indique qu'il est peu probable que du cisaillement de vent ait été observé le 4 février 2020 vers 17 h à l'approche d'Orly au seuil 25 entre le sol et 2 000 ft.

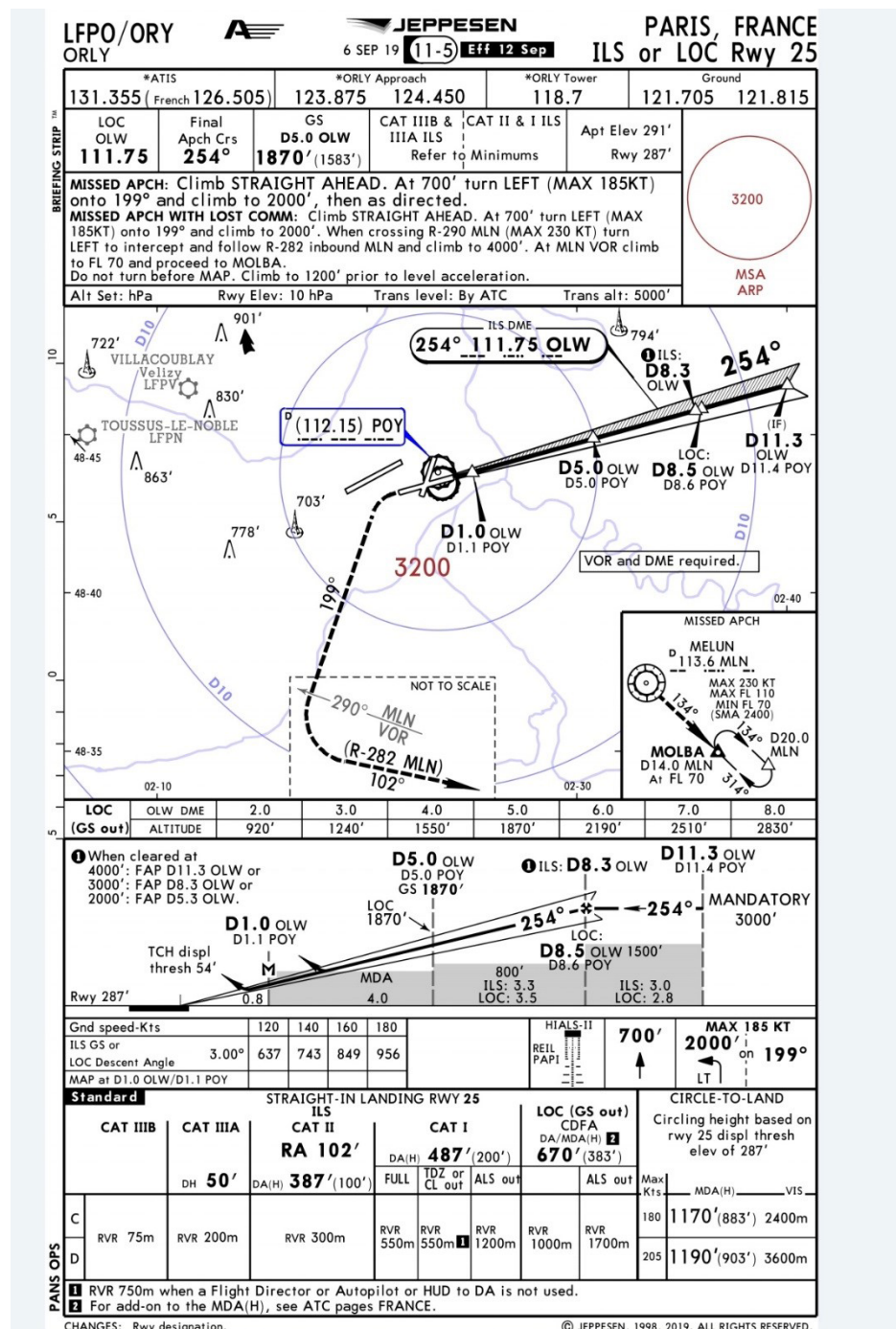
Par ailleurs, le coucher du soleil a eu lieu à 16 h 52. Vers 17 h au moment de l'incident, le soleil était déjà couché mais diffusait encore sa lumière⁽¹²⁾.

2.2 Procédure d'approche interrompue

La procédure d'approche interrompue sur l'ILS 25 de Paris-Orly, publiée dans la Publication d'information aéronautique (AIP), demande de monter dans l'axe de piste (QFU 254) et de tourner à gauche en passant 700 ft pour suivre la route magnétique 199°, de monter à 2 000 ft puis de prévoir un guidage radar. Il est également précisé de ne pas tourner avant le Point d'approche interrompue (MAPT) situé à 0.8 NM en amont du seuil de piste et de limiter initialement la vitesse à 185 kt.

La Direction des Services de la Navigation Aérienne (DSNA) précise que cette procédure d'approche interrompue est conforme aux exigences réglementaires en vigueur de conception de procédure ATM : arrêté Procédures du 4 octobre 2017 et critères du recueil PROMIN fondé en grande partie sur le doc 8168 PANS-OPS de l'OACI.

French Bee utilise les informations fournies par Jeppesen, dont la carte d'approche relative à la procédure ILS en piste 25 est similaire à celle de l'AIP (voir [Figure 3](#)).



Source : Jeppesen

Figure 3 : Carte d'approche ILS piste 25

2.3 Renseignements sur l'équipage et témoignages

2.3.1 Copilote, PF

Le copilote, âgé de 45 ans, est titulaire d'une licence de pilote de ligne d'avion ATPL (A). Il a été recruté par l'exploitant environ un an et demi avant l'incident et totalisait plus de 8 600 heures de vol dont un peu plus de 1 200 heures de vol sur A330/A350.

Dans le cadre des entraînements et contrôles périodiques (ECP) de 2019, il a effectué plusieurs remises de gaz au simulateur en tant que PF, dont une pour cause d'alarme *predictive windshear*, en manuel, avion léger et avec tous les moteurs en fonctionnement.

Les informations suivantes sont issues de son témoignage et visent à compléter les éléments du déroulement du vol :

Il indique avoir eu des « *blancs* », bien qu'il ne s'en soit pas aperçu sur le moment, et qu'il ne se souvient que partiellement de la séquence de l'événement.

Phase 1 : Il ajoute avoir été surpris, au vu des conditions météorologiques du jour, par l'alarme *predictive windshear*. La remise de gaz a rapidement débuté à l'initiative du CDB-PM qui a annoncé « *Go-Around* », ce à quoi le copilote-PF a répondu « *Go-Around flaps* » et le CDB a rentré un cran de volet. Le copilote explique avoir réalisé les actions de gestion de la trajectoire en pensant être sous AP. Il ne se souvient plus des modes engagés, ni de la position des barres de tendance de son FD. Il n'a pas non plus entendu les annonces du CDB et de la copilote de renfort, ni les *altitude alerts* de l'avion ou les instructions du contrôle aérien. Il précise que sur le moment, il n'a pas senti de mal être ou de perte de conscience.

Phase 2 : Le copilote explique qu'après l'annonce du CDB de la reprise des commandes, il a « *tout lâché. Mon cerveau tournait au ralenti* ». Il n'a pas de souvenir de l'alerte *low energy*.

Phase 3 : Il indique avoir repris petit à petit ses marques et avoir vu les aérofreins sortis ainsi qu'une vitesse indiquée faible en faisant un balayage du cockpit pour se remettre dans le vol. Il a alors annoncé la rentrée des aérofreins et actionné la commande. L'annonce n'a pas été entendue par les deux autres pilotes.

Le copilote indique qu'il n'a pas ressenti de fatigue particulière par rapport à ce type de rotation. En prévision du long temps de service de vol, il est resté se reposer à l'hôtel le jour du départ de San Francisco. Le repos en vol a été divisé en trois périodes de trois heures et il a pris celle du milieu qui selon lui, convient le mieux pour le PF réalisant l'atterrissage. Il a pu dormir environ une heure et demie. Il n'a pas fait de repos contrôlé en vol car il n'en a pas ressenti le besoin. Il n'a pas non plus eu de signe précurseur de fatigue intense comme des bâillements entre son retour dans le poste de pilotage et l'événement.

Après quelques jours de repos suivant l'incident, au cours desquels il a déclaré avoir fait deux nuits de 14 h, le copilote est allé voir un médecin qui n'a pas diagnostiqué de problème particulier.

L'analyse du planning de l'équipage, de leur témoignage sur les activités entre les vols ainsi que pendant le vol de l'événement, et l'absence de signe physiologique rapporté n'ont pas permis de mettre en évidence une contribution éventuelle de la fatigue dans l'événement. Il ne peut être exclu que les deux longues nuits de sommeil du copilote soient liées au contrecoup de l'incident.

2.3.2 Commandant de Bord (CDB), PM

Le CDB, âgé de 41 ans, est titulaire d'une licence ATPL(A). Il a été recruté par l'exploitant en 2017 et a effectué son premier vol en tant que CDB en juin 2019. Il totalisait environ 8 000 heures de vol dont un peu plus de 2 000 sur A330/A350 et environ 600 heures en tant que CDB.

Dans le cadre des ECP 2019, il a effectué plusieurs remises de gaz au simulateur en tant que PM et PF, dont une pour cause d'alarme *predictive windshear*, en manuel, avion léger et avec un seul moteur en fonctionnement.

Lors d'une des séances au simulateur, le CDB a simulé une incapacité pilote au décollage en tant que PM. Il s'avère que le copilote PF de la séance était celui de l'incident du F-HREV.

Les informations suivantes sont issues de son témoignage et visent à compléter les éléments du déroulement du vol :

Il explique que le vol s'est déroulé normalement jusqu'à l'approche sur Orly où tout s'est précipité « *It was like in a simulator session but it was in real life! Predictive windshear, go-around, pilot incapacitation, low energy, traffic conflict* ».

Il indique avoir effectué avec l'équipage un briefing approche standard et qu'il n'y avait pas de menace particulière identifiée⁽¹³⁾. Lors de la descente vers l'aéroport d'Orly, il a demandé les dernières données de vent au contrôle aérien puis il a préparé au FCU le cap et l'altitude de l'AP en cas de RDG. Il a donné son accord au PF pour la réalisation de l'approche sans AP.

Phase 1 : Il a immédiatement réagi à l'apparition soudaine de l'alarme *predictive windshear* en ordonnant la remise de gaz. Il a vu la vitesse augmenter, il a demandé d'utiliser le mode GA SOFT, puis il s'est concentré sur la gestion de la configuration avion.

Il a annoncé au copilote qu'ils allaient arriver à l'altitude de stabilisation puis lui a demandé une deuxième fois de descendre après avoir dépassé 2 000 ft, sans obtenir de réponse de celui-ci. Le contrôleur aérien leur a également fait une information de trafic sans réaction du copilote. Le CDB indique qu'il n'y a pas eu de déclenchement du TCAS⁽¹⁴⁾.

Phase 2 : Le CDB explique que tout était normal, mais qu'à un moment il s'est rendu compte que le copilote ne réagissait plus, comme s'il était bloqué. Le CDB a alors annoncé et repris les commandes sans hésiter, mais il n'a pas verbalisé ce qu'il a perçu comme une incapacité du copilote. Il indique que ses priorités étaient alors les suivantes : tourner à gauche, revenir à 2 000 ft puis stabiliser l'avion en vitesse.

Pendant la descente vers 2 000 ft sous AP, il n'a pas compris pourquoi la VLS augmentait puis il a entendu l'alerte *low energy* « SPEED, SPEED, SPEED ». Il a alors désengagé l'AP et mis du manche à piquer pour regagner de la vitesse avant de rejoindre l'altitude de 2 000 ft. Il se souvient avoir entendu la copilote de renfort demander d'utiliser l'AP, puis il s'est retrouvé sans s'y attendre avec l'AP engagé en mode V/S. Il n'a pas compris pourquoi le mode V/S était engagé. Il a donc fermement demandé le silence dans le poste et rappelé qu'il était le seul à donner des ordres.

⁽¹³⁾ La revue de la procédure de remise de gaz est incluse dans le briefing d'approche standard.

⁽¹⁴⁾ Traffic Collision Avoidance System. Les données de vol confirment qu'il n'y a pas eu de message TCAS.

Pour lui, la copilote de renfort a fait de bonnes annonces pendant l'événement avec le rappel de l'altitude de l'approche interrompue et l'annonce « *speed* » lors de l'alerte *low energy* notamment. Cependant après cette alerte, le cockpit était devenu trop bruyant selon lui et il avait besoin de silence pour se concentrer. Il précise que la PNC présente dans le poste est restée silencieuse pendant tout le vol et n'a provoqué aucune interférence.

Lors du débriefing au sol entre les trois pilotes, le copilote qui était pâle, ne se souvenait pas bien de l'événement mis à part qu'il avait rentré les aérofreins. Le CDB, tout comme la copilote de renfort, a été étonné d'en entendre parler, car il n'a pas eu conscience qu'ils avaient été sortis.

Il précise qu'il n'y a pas eu de fatigue particulièrement élevée sur cette rotation et qu'il n'a pas détecté d'éléments pouvant l'alerter sur l'état du copilote. Il a pris le dernier repos en vol et est revenu dans le poste environ 1 h 20 avant l'atterrissage.

2.3.3 Copilote de renfort

La copilote de renfort, âgée de 50 ans, est titulaire d'une licence ATPL(A). Elle a été recrutée par l'exploitant en juin 2016 pour le lancement de la compagnie aérienne. Elle totalisait environ 11 700 heures de vol dont plus de 3 400 sur A330/A350.

Les informations suivantes sont issues de son témoignage et visent à compléter les éléments du déroulement du vol :

Elle a rejoint l'équipage la veille à San Francisco pour réaliser la dernière étape de la rotation et elle a pris le premier repos en vol.

Lors du briefing approche, ils ont fait un point sur les conditions météorologiques : le vent était stable et il n'y avait pas de cisaillement de vent envisagé. Il n'y a pas eu de report d'autres équipages à ce sujet.

Phase 1 : Lorsque l'alarme *predictive windshear* s'est déclenchée, elle indique que le CDB a annoncé quasi immédiatement la remise de gaz. Elle a annoncé à plusieurs reprises l'altitude des 2 000 ft, sans réaction du copilote. Elle se souvient que l'*altitude alert* a sonné plusieurs fois pendant le début de la remise de gaz, et qu'il y avait beaucoup d'interaction des deux pilotes au FCU. Elle a vu plusieurs fois les mains des deux pilotes se croiser. Le PF semblait « *absent, comme disparu* » et le CDB s'occupait des radiocommunications et essayait de manœuvrer le FCU avant qu'il ne comprenne la perte de capacité du copilote. Elle précise que lorsque le CDB a repris les commandes, les barres de tendance des FDs étaient en bas à gauche.

Phase 2 & 3 : Elle indique avoir été préoccupée par l'altitude et qu'elle a demandé à plusieurs reprises d'utiliser l'AP pour réduire la charge de travail. Elle ne sait pas quand les aérofreins ont été sortis, et elle a été surprise par l'alerte *low energy*. Elle précise que dans les phases de pilotage manuel, le CDB « *était cohérent dans ce qu'il faisait* » et qu'il a ensuite stabilisé l'avion à 3 000 ft en accord avec le contrôleur aérien.

Pour elle, l'événement met en valeur qu'après un long vol et une arrivée sur un aéroport majeur avec notamment une procédure d'approche interrompue exigeante comme à Orly, il peut être intéressant de garder l'AP engagé le plus longtemps possible.

Elle indique également que lorsqu'elle volait chez un exploitant précédent, un mini-briefing supplémentaire était réalisé durant l'approche finale en rappelant les points clés de la remise de gaz.

2.4 Renseignements sur l'aéronef

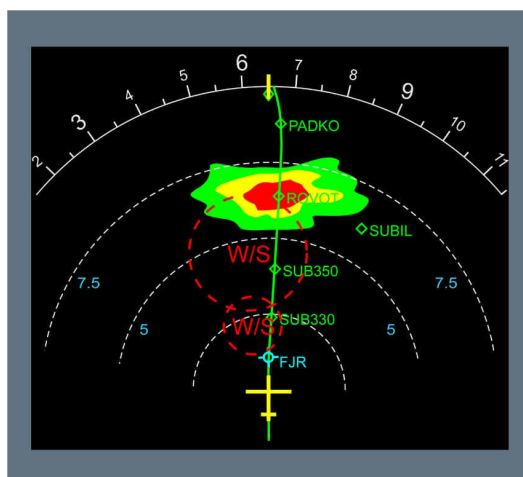
2.4.1 Alarme predictive windshear

L'avion est équipé d'un système prédictif de détection du cisaillement de vent (fonction PWS *predictive windshear*) qui permet de :

- ☐ détecter des cisaillements de vent au moins 10 s avant une éventuelle rencontre entre 0,5 NM et 5 NM devant l'avion dans un cône de 40° de chaque côté de l'axe du fuselage ;
- ☐ d'émettre des alarmes (*warning, caution ou advisory*) si besoin.

En approche, dans le cas du déclenchement d'une alarme (*warning*) *predictive windshear* :

- ☐ le message sonore « GO AROUND, WINDSHEAR AHEAD » est annoncé dans le poste de pilotage ;
- ☐ le message **W/S AHEAD** est affiché en rouge au PFD ;
- ☐ la zone prévue du *windshear* est affichée sur les NDs à l'aide d'un cercle rouge en pointillé avec la mention **W/S** (voir Figure 4).



Source : FCOM Airbus

Figure 4 : PWS au ND

En cas d'alarme *predictive windshear* en approche, la procédure du Manuel d'exploitation des équipages (FCOM) Airbus reprise dans le manuel d'exploitation de French Bee demande :

[MEM] WINDSHEAR WARNING - PREDICTIVE WINDSHEAR (Cont'd)									
Ident.: PRO-ABN-SURV-MEM610-00007811.0001001 / 03 JAN 20									
[L2]	<p>Note: If the flight crew verifies and confirms that there is no risk of windshear, they may disregard the alert, provided that:</p> <ul style="list-style-type: none"> - There are no others signs of possible windshear conditions - The reactive windshear function is operative. <p>There are reported cases that specific environments (e.g. obstacles) cause the spurious triggering of predictive windshear alerts, during either takeoff or landing. However, the flight crew must always rely on all reactive windshear (i.e. WINDSHEAR) alerts.</p>								
[L1]	<p>Before V1:</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">RTO.....</td> <td style="width: 20%;">PERFORM</td> </tr> </table> <p>After V1, or when airborne (initial climb, or during approach and landing):</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 80%;">THRUST LEVERS.....</td> <td style="width: 20%;">TOGA</td> </tr> <tr> <td>AP (if engaged).....</td> <td>KEEP ON</td> </tr> <tr> <td>SRS ORDERS.....</td> <td>FOLLOW</td> </tr> </table> <p>IF WINDSHEAR IS ENTERED, DO NOT CHANGE CONFIGURATION. CAREFULLY MONITOR FLIGHT PATH AND SPEED.</p> <p>Note: If the FD bars are not displayed, move toward an initial pitch attitude of 15 °. Then, if necessary to prevent a loss of altitude, increase the pitch attitude.</p>	RTO.....	PERFORM	THRUST LEVERS.....	TOGA	AP (if engaged).....	KEEP ON	SRS ORDERS.....	FOLLOW
RTO.....	PERFORM								
THRUST LEVERS.....	TOGA								
AP (if engaged).....	KEEP ON								
SRS ORDERS.....	FOLLOW								

Source : FCOM French Bee

Figure 5 : Extrait de la procédure *predictive windshear* sur A350

Par la suite, Airbus a effectué une modification de sa documentation et de ses procédures concernant le PWS pour l'ensemble de ses flottes. Introduite en janvier 2021 sur A350, cette modification a consisté à retirer les mémo-items du FCOM, et à décrire à la place les attendus pilote comme une « technique » dans le Manuel de formation des équipages (FCTM). Ce changement a été fait, notamment parce que les actions à effectuer dans le cas d'une alarme *predictive windshear*, sont moins urgentes que celles liées à une alarme *reactive windshear* écrites dans un mémo-item.

La note introductive a été également réécrite pour rendre plus clair que l'équipage doit évaluer la menace de cisaillement de vent lors du déclenchement de l'alarme, et que si une fausse alarme est identifiée par l'équipage⁽¹⁵⁾ alors il peut l'ignorer :

« *Note: When a predictive windshear alert ("WINDSHEAR AHEAD" or "GO AROUND WINDSHEAR AHEAD") is triggered, the flight crew must carefully check that there is no hazard. If this is the case, the flight crew can disregard the alert, as long as both of the following apply:*

- *There are no other signs of possible windshear conditions*
- *The reactive windshear system is operational*

Known cases of spurious predictive windshear alerts were reported at some airports, either during takeoff or landing, due to the specific obstacle environment. However, always rely on any reactive windshear ("WINDSHEAR"). »

⁽¹⁵⁾ L'enquête n'a pas permis de déterminer si l'alarme *predictive windshear* de l'événement était une fausse alarme ou pas.

En cas de rencontre effective d'un cisaillement de vent, l'alarme *reactive windshear* s'active et l'équipage doit appliquer la procédure mémo-item associée non détaillée ici.

2.4.2 Alerte *low energy*

D'après le FCTM A350 d'Airbus repris par French Bee concernant l'alerte *low energy*, un message sonore « SPEED, SPEED, SPEED » indique à l'équipage que l'énergie de l'avion devient inférieure à un seuil au-dessous duquel la poussée doit être augmentée et/ou l'assiette ajustée jusqu'à l'arrêt de l'alerte.

La condition qui a déclenché l'alerte *low energy* lors de l'événement, est une CAS qui devient inférieure à VLS - 10 kt pendant au moins 0,5 s.

Lors de la sortie commandée des aérofreins, la CAS était stable à environ 175 kt. La VLS⁽¹⁶⁾, qui est notamment fonction de la configuration de l'avion, est passée de 166 kt à 188 kt avec la sortie des aérofreins, ce qui a déclenché l'alerte *low energy*.

Le passage des manettes de poussée dans le cran TOGA a déclenché automatiquement la rentrée des aérofreins. La commande des aérofreins étant toujours en position sortie, une alerte *Master Caution* est émise avec le message F/CTL SPEED BRAKES POS/LEVER DISAGREE affiché au moniteur électronique centralisé de bord (ECAM).

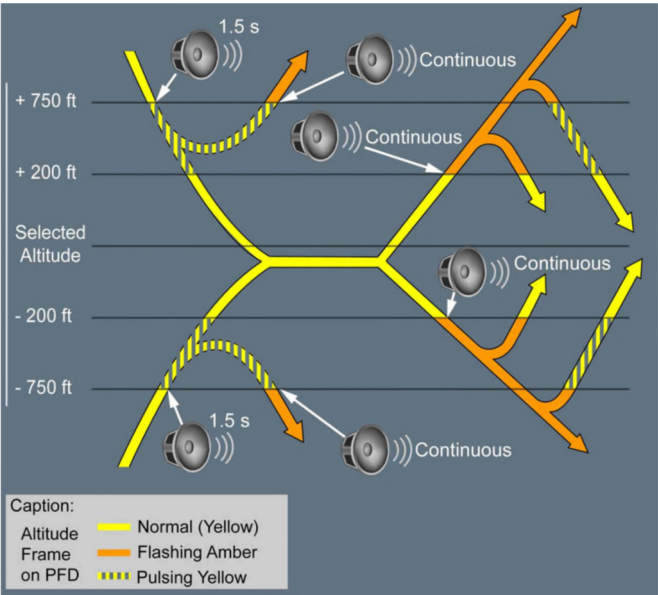
2.4.3 Altitude alert

D'après le FCOM A350 d'Airbus (voir [Figure 6](#)), lorsque l'avion approche de l'altitude sélectionnée, le cadre d'altitude de l'écran de vol primaire (PFD) bat en jaune, et une alerte sonore de type *C chord* sonne pendant 1.5 s si l'AP n'est pas engagé.

Lorsque l'avion dévie significativement de l'altitude sélectionnée (+ ou - 200 ft), le cadre d'altitude du PFD clignote en ambre et une alerte sonore de type *C chord* sonne de manière continue jusqu'à ce qu'une nouvelle altitude soit sélectionnée, ou que l'équipage appuie sur le bouton du *Master Warning*, ou que l'avion rejoigne l'altitude sélectionnée.

L'appuie sur le bouton du *Master Warning* n'est pas enregistré dans les données de vol. Le CVR n'ayant pas été préservé, il n'est ainsi pas possible de déterminer si les alertes ont sonné pendant toute la durée de leur activation ou non.

⁽¹⁶⁾ La VLS n'est pas enregistrée et a été recalculée par Airbus.



Source : FCOM Airbus

Figure 6 : Logique de l'altitude alert

2.4.4 Procédure de remise de gaz

Les deux membres d'équipage de conduite du vol peuvent demander la réalisation d'une remise de gaz. La répartition des tâches en remise de gaz publiée dans le FCOM de French Bee sur la base de la procédure Airbus est la suivante :

PF	PM
•Simultaneously apply the following three actions:	
THRUST LEVERS.....TOGA THEN FLX/MCT	FLIGHT PARAMETERS.....MONITOR
ROTATION.....PERFORM	FLAPS.....RETRACT ONE STEP
GO-AROUND.....ANNOUNCE	
FMA.....CHECK/ANNOUNCE	
	POSITIVE CLIMB.....ANNOUNCE
L/G UP.....ORDER	L/G.....UP
NAV or HDG.....AS RORD	
•At go-around thrust reduction altitude:	
THRUST LEVERS.....CL	
•At go-around acceleration altitude:	
SPEED TARGET.....MONITOR	FLAPS.....RETRACT
FLAPS.....ORDER RETRACTION ON SCHEDULE	GND SPLRS.....DISARM
	EXTERIOR LIGHTS.....SET
AFTER TAKEOFF/CLIMB C/L down to the line. COMPLETE	AFTER TAKEOFF/CLIMB C/L down to the line.. COMPLETE
Fly the published missed approach procedure, or prepare for a second approach, or divert as required.	
•If necessary, at transition altitude:	
BAROMETRIC REFERENCE.....SET STD/CROSSCHECK	BAROMETRIC REFERENCE.....SET STD/CROSSCHECK
AFTER TAKEOFF/CLIMB C/L below the line.... COMPLETE	AFTER TAKEOFF/CLIMB C/L below the line.... COMPLETE

Source : FCOM French Bee

Figure 7 : Répartition des tâches en remise de gaz

2.5 Incapacité pilote

Une incapacité pilote peut être définie comme étant un état affectant les facultés physiques ou mentales d'un des membres d'équipage et le rendant inapte à l'exécution des fonctions nécessaires à la conduite du vol.

L'incapacité peut être totale, dans le cas d'un arrêt cardiaque par exemple, et dans ce cas elle est souvent évidente pour les autres membres d'équipage.

Mais elle peut aussi être *partielle*, le pilote pouvant continuer à agir. En particulier, lorsque celle-ci résulte d'un effet de surprise ou d'une surcharge de travail, les fonctions cognitives du pilote peuvent être les seules affectées, l'incapacité étant alors difficile à détecter et à objectiver.

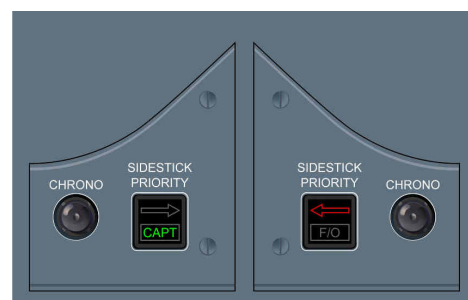
Le Manuel d'exploitation de French Bee (MANEX) décrit des incapacités évidentes « *obvious* » et subtile « *subtle* » et donne certains symptômes d'une incapacité pilote : discours incohérent, comportement étrange, respiration irrégulière, visage pâle, performance amoindrie, répétition d'erreur, absence de réaction ou réponses incohérentes aux demandes. Si certains de ces éléments sont présents chez un des membres d'équipages, l'incapacité doit être suspectée et l'état du pilote contrôlé pour prise éventuelle d'actions. De même, le MANEX cite des critères d'incapacité dans le cas où : un pilote ne répond pas intelligemment à deux communications, ou ne répond pas à une communication alors qu'il y a une déviation significative des procédures opérationnelles standards.

Dans le cas d'une incapacité pilote, le MANEX⁽¹⁷⁾ demande au pilote valide d'immédiatement :

- ☐ prendre les commandes et assurer la sécurité de la trajectoire ;
- ☐ utiliser autant que possible les automatismes ;
- ☐ demander l'aide d'un PNC ;
- ☐ déclarer une situation d'urgence au contrôle aérien à l'aide d'un MAYDAY « *we have a pilot incapacitation* ».

La procédure demande dans un second temps, d'empêcher le pilote en incapacité d'accéder aux commandes (soit en le déplaçant de son siège, soit en l'attachant), de demander une assistance médicale en cabine, et lorsqu'il est possible, d'effectuer un point de situation en vue de réaliser un atterrissage d'urgence. Le MANEX précise également qu'un pilote en incapacité partielle n'est pas autorisé à participer à l'exploitation de l'avion car son jugement peut être altéré.

Il est à noter que la procédure « *Flight Crew Incapacitation* » du FCTM A350 d'Airbus demande également, en cas d'interférence avec la conduite du vol, d'appuyer sur le bouton de prise de priorité du mini-manche pendant 40 s, afin de désactiver les ordres du mini-manche opposé. Dans le cas d'un appui par le CDB sur son bouton, le message sonore « *PRIORITY LEFT* » est répété tant que le CDB appuie sur le bouton. Comme indiqué en Figure 8, la flèche rouge du voyant « *sidestick priority* » s'allume en face du copilote. En cas de mouvement au mini-manche du copilote, le voyant CAPT s'allume en face du CDB.



Source : FCOM French Bee

Figure 8 : Priority left lights

⁽¹⁷⁾ Ces éléments sont également repris dans un aide-mémoire à destination des pilotes.

Dans le cas de l'incident du F-HREV, le copilote a initialement réagi à l'annonce de remise de gaz du CDB en affichant une assiette positive et la poussée TOGA. On peut noter par la suite, l'absence d'actions sur le mini-manche malgré des FDs non centrés, l'absence de réponse aux ordres de mises en descente vers 2 000 ft du PM, ou l'absence de réaction aux *altitude alerts*. Ainsi, les réactions du copilote sont symptomatiques d'une incapacité subtile, que l'on qualifie dans ce rapport d'incapacité cognitive. La surprise engendrée par l'activation de l'alarme *predictive windshear*, le stress et la charge de travail associée à l'initiation d'une remise de gaz, l'incompréhension face aux réactions de l'avion à ses actions (le copilote pensant être sous AP), peuvent être à l'origine d'une réponse physiologique forte. Le copilote a pu ainsi se retrouver temporairement dans l'incapacité de percevoir ou d'analyser de nouvelles informations et d'y répondre.

La demande de réalisation d'une remise de gaz peut être effectuée à la demande des deux membres d'équipage. Néanmoins, dans le cas de l'événement du F-HREV, il est possible que l'initiative de remise de gaz prise par le CDB-PM immédiatement à la suite de l'alarme *predictive windshear* et sans coordination avec le copilote-PF ait pu déstabiliser ce dernier. La demande de changement de mode de poussée par le CDB-PM a pu continuer à fragiliser le copilote dans son rôle de PF.

Le copilote réalisant certaines des actions attendues, la décision par le PM de reprendre les commandes n'était pas évidente. Elle était nécessaire pour la sécurité du vol au regard du témoignage post-incident du copilote.

Par la suite, cette incapacité cognitive n'a pas été formalisée et elle est restée implicite entre les membres d'équipages. De plus, le copilote a gardé la possibilité d'interférer sur la conduite du vol, ce qu'il a fait à plusieurs reprises pendant l'événement : il est probable qu'il ait sorti puis rentré les aérofreins, il a de plus engagé l'AP2 sans annonce et alors même que le CDB était le PF.

2.6 Événements similaires

2.6.1 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⁽¹⁸⁾ / ASAGA study). Le BEA avait estimé le nombre de remises de gaz effectuées par un pilote au cours de sa carrière et il en ressortait qu'en général :

- ☐ entre 2 et 4 remises de gaz pour 1 000 vols sont enregistrées ;
- ☐ un pilote moyen-courrier effectue une remise de gaz par an ;
- ☐ un pilote long-courrier effectue une remise de gaz tous les 5 à 10 ans.

Dans la grande majorité des incidents et accidents étudiés dans le cadre de l'étude, ces écarts de trajectoire résultent d'une perte de conscience de la situation par l'équipage entraînant de larges excursions en assiette et en vitesse.

⁽¹⁸⁾ <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/>

Ces événements de type « PARG » sont souvent associés à un élément perturbateur qui surprend l'équipage avant ou lors de la mise en poussée. Les équipages se retrouvent confrontés à une situation pour laquelle ils doivent effectuer un nombre élevé d'actions (rentrée du train d'atterrissage et des volets, gestion de la trajectoire, interaction avec le contrôle de la circulation aérienne (ATC), etc.) sous une forte pression temporelle. L'étude a aussi montré que les performances élevées des avions modernes sont peu compatibles avec certaines procédures d'approche interrompue publiées.

L'incident du F-HREV présente plusieurs éléments caractéristiques des scénarios de perte de contrôle de la trajectoire révélés par l'étude PARG :

- ☐ l'effet de surprise pour l'équipage d'un déclenchement inattendu d'une RDG ;
- ☐ l'augmentation soudaine de la charge de travail associée à la procédure de RDG ;
- ☐ la difficulté à intercepter en pilotage manuel l'altitude publiée de RDG (2 000 ft à ORY), proche des minima ;
- ☐ le faible temps pour rejoindre l'altitude de stabilisation, bien que l'équipage ait utilisé le dispositif de limitation de poussée en RDG (mode GA SOFT) qui était une des actions recommandées par le BEA lors de l'étude PARG ;
- ☐ une stabilisation de l'altitude effectuée seulement après avoir réalisé intégralement la gestion de la configuration avion.

De plus, les questionnaires recueillis dans le cadre de l'étude mettaient en avant des éléments concernant l'état des pilotes qui peuvent être rapprochés de l'état du copilote pendant l'événement. Certains témoignent d'oublis dans la gestion des automatismes, de confusions pendant l'exécution de la remise de gaz, laissant ensuite des doutes et un sentiment de flou sur les actions réalisées. D'autres évoquent une surcharge due à la surprise et des difficultés à se concentrer ou à se raccrocher à un schéma connu.

L'étude soulignait également la perturbation que pouvait constituer un changement de trajectoire de remise de gaz demandé par l'ATC. Dans l'événement du F-HREV, il n'y a pas eu d'instruction du contrôle aérien sur une modification de la trajectoire. La remise de gaz aurait donc pu être réalisée en suivant la procédure d'approche publiée et donc en engageant l'AP ce qui aurait fortement réduit la charge de travail.

L'un des moyens identifiés lors de l'étude PARG pouvant permettre de faciliter le suivi de la procédure publiée de remise de gaz en manuel est l'augmentation de l'altitude publiée d'approche interrompue. Une altitude plus haute permet à l'équipage de disposer de plus de temps pour réaliser l'ensemble des actions attendues lors d'une RDG, notamment dans un contexte d'effet de surprise.

2.6.2 Remise de gaz à Orly

Une recherche dans la base de données des incidents du BEA a été effectuée sur les remises de gaz à Orly depuis l'an 2000. Les quelques événements qui en ressortent font principalement apparaître des problèmes d'alarmes de survitesse lors du changement de la configuration avion et lors de l'interception de l'altitude de stabilisation.

⁽¹⁹⁾ [Incident grave du Boeing 737 immatriculé 7T-VJM exploité par Air Algérie survenu le 6 décembre 2019 à Paris-Orly \(94\).](#)

L'enquête n'a pas permis d'identifier l'étude ou les éléments ayant amené à fixer l'altitude d'approche interrompue sur tous les QFU à Orly à 2 000 ft. Dans le cadre de l'enquête et avec l'aide des services de la navigation aérienne de l'aéroport d'Orly, les statistiques sur les remises de gaz entre le 1er janvier et le 31 décembre 2019 à Orly ont été analysées :

- ❑ 339 remises de gaz ont été détectées, soit environ 28 effectuées chaque mois ;
- ❑ pour la majorité d'entre elles (73 %), l'altitude de stabilisation observée était de 3 000 ft et non de 2 000 ft (21 %), car la situation opérationnelle le permettait ;
- ❑ 8 remises de gaz ont donné lieu à un dépassement de plus de 200 ft : 6 avec une altitude de stabilisation à 2 000 ft et 2 à 3 000 ft.

Autrement dit, il y a proportionnellement environ 10 fois moins de remises de gaz avec dépassement de 200 ft lorsque l'altitude de stabilisation est plus élevée que 2 000 ft.

Il est à noter que le BEA a ouvert une autre enquête sur un incident de type PARG survenu à Orly⁽¹⁹⁾ trois mois auparavant : alors que l'avion est en courte finale, le contrôleur ordonne à l'équipage de remettre les gaz en raison d'une incursion de piste. L'équipage remet les gaz et monte dans l'axe à 2 000 ft, puis débute un virage à gauche. Au cours du virage, l'avion perd de l'altitude et descend jusqu'à 1 250 ft, puis remonte à 3 000 ft. L'équipage effectue une nouvelle approche et atterrit sans autre incident à Orly.

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

Établi sur l'ILS 25 à Paris-Orly, le copilote-PF a déconnecté le pilote automatique (AP) à 1 400 ft en vue de l'atterrissage. Quatre secondes plus tard, et sans signe précurseur, l'équipage a été surpris par l'alarme *predictive windshear* « GO AROUND, WINDSHEAR AHEAD » (**Phase 1**). Le CDB a alors ordonné une remise de gaz qui a été effectuée en pilotage manuel par le copilote. Celle-ci a engendré une rupture immédiate du projet d'action, une forte augmentation de la charge de travail de l'équipage ainsi qu'un changement de rythme important après un vol de plus de onze heures. La phase de vol est subitement devenue très dynamique, l'ensemble de la séquence de l'événement ayant duré environ quatre minutes et l'écart d'altitude entre le début de remise de gaz et l'altitude de stabilisation à 2 000 ft étant faible.

L'annonce de remise de gaz par le CDB-PM comme réponse immédiate à l'alarme *predictive windshear* a pu participer à la déstabilisation du copilote-PF. Le copilote pensait être sous AP alors que celui-ci n'était plus engagé, et il n'a effectué aucune action sur son mini-manche après l'initiation de la remise de gaz. L'avion a commencé à dévier de la trajectoire de l'approche interrompue, et les barres de tendance des FDs se sont progressivement décentrées sur les deux axes. Le copilote, confronté à l'effet de surprise lié à l'apparition inattendue de l'alarme *predictive windshear*, au changement de rythme et à l'augmentation de la charge de travail est alors devenu « *absent* » pendant quelques minutes. Cette incapacité cognitive n'a été initialement identifiée ni par le CDB, ni par la copilote de renfort.

Dans le plan vertical, la remise de gaz a été poursuivie jusqu'à 800 ft environ au-dessus de l'altitude de stabilisation, et ce malgré la position des barres de tendance des FDs, les *altitude alert* de l'avion, et les annonces d'altitude du CDB-PM et de la copilote de renfort. Bien que le CDB ait rapidement identifié cette déviation de trajectoire, il a repris le contrôle de l'aéronef et a entrepris une correction de la trajectoire plus de 50 s après le dépassement des 2 000 ft.

Dans le plan horizontal, le léger mouvement à droite au mini-manche du copilote lors de la variation d'assiette à cabrer au début de la remise de gaz, non corrigé par la suite, et l'absence de suivi des barres de tendance des FDs ont amené l'avion à environ 650 m à droite de l'axe de piste et au survol de la tour de contrôle.

Le copilote a ensuite mis en palier l'avion à une altitude d'environ 2 800 ft. Alors que le CDB venait de positionner sa main sur le mini-manche, le copilote a probablement sorti les aérofreins sans le communiquer. Après avoir annoncé « *I have control* », le CDB a engagé l'AP (**Phase 2**) pour revenir sur la trajectoire publiée de l'approche interrompue, en virant à gauche et en descendant à 2 000 ft. La reprise tardive du contrôle de la trajectoire par le PM, intervenue une fois les changements de configuration avion terminés, est typique des événements de l'étude menée par le BEA sur les pertes de contrôle de la trajectoire en phase d'approche lors de la remise de gaz (PARG).

Dans le contexte dynamique de la remise de gaz, l'incapacité cognitive du copilote n'a pas été verbalisée par l'équipage. Le CDB a dû assurer seul, une charge de travail importante : le pilotage, la navigation, ainsi que la gestion des radiocommunications et du conflit avec un avion au décollage sur la piste 24.

La sortie des aérofreins, très probablement commandée par le copilote, a entraîné une augmentation de la VLS, et l'activation de l'alerte *low energy* « SPEED, SPEED, SPEED ». Il s'agit pour le CDB du troisième élément perturbateur de cette fin de vol, après l'alarme *predictive windshear* et la perte de capacité du copilote. Le CDB est alors revenu à un pilotage basique, en manuel, avec pour objectif d'augmenter la vitesse de l'avion puis de se stabiliser à 2 000 ft. Il a mis provisoirement les manettes de poussée dans le cran TOGA (ce qui a automatiquement rentré les aérofreins) et a désengagé l'AP par ses actions au mini-manche (ce qui a également désengagé les FDs sous l'effet d'une réversion de mode). Il a continué la descente tout en surveillant la séparation avec l'autre avion. Dans cette situation à charge émotionnelle forte, la stabilité de son pilotage en manuel a été affectée.

Pendant cette descente et réagissant à une suggestion de la copilote de renfort, le copilote a engagé l'AP2 sans coordonner cette action avec le CDB. Ce dernier a été surpris et n'a pas compris pourquoi l'AP s'engageait en mode V/S. Cela l'a conduit à demander fermement le silence dans le poste de pilotage « *Everybody silent, I'm the only one giving orders* » pour pouvoir se concentrer sur la conduite du vol. Il a ensuite désengagé l'AP2 pour engager l'AP1.

Après être descendu vers 1 550 ft, le CDB a stabilisé l'avion à 3 000 ft sur demande du contrôle aérien (**Phase 3**). Le copilote se sentant mieux il est devenu PM pour l'atterrissage, qui s'est déroulé sans autre incident.

Facteurs contributifs

Les éléments suivants ont contribué aux écarts de trajectoire initiaux de la remise de gaz (**Phase 1**) :

- ❑ l'incapacité cognitive du PF, par définition difficilement identifiable par l'équipage. Les raisons de celle-ci n'ont pas pu être entièrement établies. Cependant les éléments suivants ont pu favoriser son apparition :
 - l'effet de surprise lié à l'activation inattendue de l'alarme *predictive windshear* ;
 - la prise d'initiative sans concertation par le CDB-PM sur la conduite du vol lors de la phase de remise de gaz ;
 - la charge de travail associée à la remise de gaz.
- ❑ la présence de plusieurs éléments d'un scénario typique de l'étude du BEA sur les pertes de contrôle de la trajectoire en phase d'approche lors de la remise de gaz (PARG) :
 - l'effet de surprise lié à un événement perturbateur, sans signe précurseur ;
 - la réalisation d'une remise de gaz en pilotage manuel, à une altitude proche de l'altitude de stabilisation ;
 - une procédure d'approche interrompue complexe avec une altitude de stabilisation basse et un virage.
- ❑ le délai de reprise des commandes de la part du PM.

À la suite de la reprise en main par le CDB (**Phase 2**), les éléments suivants ont contribué au déclenchement de l'alerte *low energy* et au passage sous l'altitude de stabilisation publiée de l'approche interrompue :

- ❑ l'incapacité cognitive du copilote, qui conduit ce dernier à intervenir sans communication sur des systèmes de conduite du vol comme les aérofreins et l'AP ;
- ❑ la charge de travail élevée du CDB assurant seul la gestion du vol dans une phase dynamique comprenant notamment des interactions avec l'ATC pour gérer le conflit avec un autre avion au décollage.

Enseignements de sécurité

Entraînement à la surprise

Le rapport d'enquête sur l'accident du vol de l'AF447 Rio-Paris⁽²⁰⁾ recommandait de mettre en place au cours de la formation des pilotes, un entraînement pour faire face à la surprise et à des situations inattendues :

« L'effet de surprise a joué un rôle majeur dans la déstabilisation de la trajectoire et la compréhension de la situation par les deux pilotes. La formation et l'entraînement tels qu'ils sont dispensés aujourd'hui ne permettent pas de promouvoir et de tester les capacités de réaction à l'imprévu. En effet, les exercices sont répétitifs, bien connus des équipages et ne permettent pas d'évaluer les compétences de gestion des ressources en dehors de ce cadre. Tout l'effort investi dans l'anticipation et la prédétermination de réponses procédurales ne doit pas exclure la survenue de situations de « surprise fondamentale » pour lesquelles le système actuel ne génère pas les capacités de réponse indispensables.

L'augmentation rapide de la charge de travail de l'équipage dans une situation inattendue et rare a conduit à la dégradation de la qualité des communications et de la coordination entre les pilotes.

⁽²⁰⁾ <https://www.bea.aero/fileadmin/documents/docspa/2009/f-cp090601/pdf/f-cp090601.pdf>

En conséquence, le BEA recommande que :

- ❑ *l'AESA revoie les exigences de formation initiale, d'entraînement et de qualification des pilotes afin de développer et de maintenir une capacité de gestion des ressources de l'équipage face à la surprise de situations inattendues ; [Recommandation FRAN-2012-042]*
- ❑ *l'AESA demande aux exploitants de renforcer la formation CRM pour permettre l'acquisition et l'entretien d'automatismes comportementaux adéquats dans des situations inattendues et rares, de forte charge émotionnelle. [Recommandation FRAN-2012-043] ».*

À ce titre, la séquence des événements ayant conduit à l'incident, reproductible au simulateur, peut servir de scénario d'entraînement à l'effet de surprise des équipages dans une situation rare et inattendue. Ainsi, le BEA invite les exploitants aériens à prendre en compte ce retour d'expérience dans leur système de gestion de la sécurité.

Reprise des commandes

L'événement illustre la difficulté d'identifier une situation d'incapacité cognitive d'un membre d'équipage, ainsi que la difficulté à réagir à celle-ci, notamment dans un contexte de charge de travail devenant brutalement élevée.

Un pilote en incapacité totale ou partielle, garde la possibilité, de manière consciente ou non, d'interagir avec les commandes de l'aéronef et d'engendrer des perturbations supplémentaires dans une phase de vol déjà délicate. Sur Airbus, afin de matérialiser la reprise des commandes, la procédure prévoit que le pilote apte annonce « *I have control* » et appuie pendant 40 s sur le bouton de prise de priorité du mini-manche afin de :

- ❑ désactiver le mini-manche opposé et éviter des actions adverses si le pilote s'effondre en cas d'incapacité totale par exemple ;
- ❑ émettre le message sonore « *PRIORITY LEFT/RIGHT* » et le voyant associé, pour faire prendre conscience à l'autre pilote qu'il ne doit plus intervenir dans la conduite du vol.

Enfin, lorsque la situation de pilotage et de navigation est stabilisée et le permet, la procédure prévoit l'émission d'un message d'urgence auprès des services de la navigation aérienne.

Briefing remise de gaz en approche finale et utilisation des automatismes

La remise de gaz est décrite lors du briefing approche qui est généralement réalisé sur long-courrier environ trente minutes avant l'atterrissage. Ainsi, en fonction des menaces identifiées sur l'aéroport de destination, le BEA invite les exploitants aériens à mener une réflexion sur :

- ❑ l'opportunité d'un rappel de type « *mini-briefing* » lors de l'approche finale, portant sur les points clés de la remise de gaz (gestion des automatismes, trajectoire initiale, modes FMA attendus etc.), notamment quand cette dernière est identifiée comme complexe et/ou exigeante en ressources (typiquement avec une altitude de stabilisation basse et/ou un virage), y compris sur les aéroports très fréquentés par l'opérateur ;
- ❑ l'utilisation de l'AP qui devrait être le mode privilégié dans la gestion des trajectoires complexes.

4 - RECOMMANDATION

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.

4.1 Étude pour une augmentation de l'altitude publiée d'approche interrompue sur l'aéroport d'Orly

La survenue d'un élément perturbateur (ici une alarme *predictive windshear*) en approche a déclenché une décision de remise de gaz par l'équipage. Celle-ci a débuté à une altitude de 1 400 ft, proche de l'altitude publiée d'approche interrompue de 2 000 ft. L'équipage a atteint l'altitude de remise de gaz à 2 000 ft en une trentaine de secondes et le dépassement d'altitude a été supérieur à 800 ft.

Dans ce cas particulier, l'incapacité du PF et la reprise tardive du contrôle de la trajectoire par le PM, intervenue une fois les changements de configuration avion terminés, ont contribué à un dépassement important de l'altitude de remise de gaz. Cependant d'autres circonstances opérationnelles peuvent amener à des événements similaires. Cet incident rappelle les conclusions de l'étude du BEA sur les pertes de contrôle de la trajectoire en phase d'approche lors de la remise de gaz (PARG), qui a notamment mis en avant le fait qu'une altitude de stabilisation basse au regard des minima ne laisse pas suffisamment de temps aux équipages pour effectuer la manœuvre de remise de gaz dans de bonnes conditions et n'est que peu compatible avec les performances élevées de montée des aéronefs modernes dans une situation imprévue.

Certaines propositions de l'étude pour améliorer la sécurité dans des situations similaires étaient en place lors de l'incident : formations des pilotes à la remise de gaz en manuel tous moteurs en fonctionnement, mode de remise de gaz à poussée réduite notamment. Cependant, une procédure de remise de gaz avec un virage et une altitude de stabilisation basse au regard des minima, fait partie des facteurs pouvant faire l'objet d'amélioration. En effet, le BEA avait recommandé au niveau systémique, et donc non directement lié à Orly, que :

- ☐ l'OACI indique que, durant la construction d'une procédure d'approche interrompue, les trajectoires d'approche interrompue en ligne droite doivent être privilégiées lorsque cela est possible ; [Recommandation FRAN-2013-048]
- ☐ l'OACI introduise, dans les SARPS ou PANS que, lors de la construction d'une procédure d'approche interrompue, la hauteur de la première contrainte verticale soit la plus haute possible au regard des performances des aéronefs de transport public effectuant une remise de gaz standard ; [Recommandation FRAN-2013-049]
- ☐ sans attendre, l'AESA en coordination avec Eurocontrol, prenne les mesures nécessaires afin de diffuser les avantages de sécurité issus des recommandations ci-dessus. [Recommandation FRAN-2013-050]

Ainsi, l'enjeu principal de la réalisation d'une remise de gaz réussie repose sur le fait de trouver des moyens pour donner du temps aux équipages dans la réalisation de celle-ci et également de simplifier leurs actions.

La configuration des pistes de l'aérodrome d'Orly fait que le virage ne peut être évité. Il reste alors une possibilité d'action sur l'altitude, sachant qu'une grande majorité des remises de gaz se font déjà avec une altitude de stabilisation supérieure à 2 000 ft. Les statistiques de remise de gaz à Orly montrent également que les écarts d'altitudes sont relativement plus nombreux avec une altitude de stabilisation à 2 000 ft qu'avec une altitude supérieure. De plus cette procédure est ancienne et il n'a pas été possible de retrouver les justifications de cette altitude de stabilisation à 2 000 ft.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **considérant les performances de montée des avions modernes ;**
- **considérant qu'une remise de gaz d'un avion long-courrier en fin de vol est une procédure rarement pratiquée en conditions réelles et mobilisant des ressources conséquentes ;**
- **considérant qu'une altitude de stabilisation basse impose aux équipages de réaliser l'ensemble des tâches associées à une procédure de remise de gaz dans un intervalle de temps court et induit un risque fort d'écart significatif de trajectoire, voire de perte de contrôle ;**
- **considérant qu'une altitude de stabilisation plus élevée réduit l'exposition à une remise de gaz proche de l'altitude de stabilisation ;**

la DSNA étudie la faisabilité d'une augmentation de l'altitude publiée d'approche interrompue sur l'aéroport d'Orly.

[Recommandation FRAN 2021-004]