



Incident grave entre l'avion Bombardier CRJ700 immatriculé F-GRZG et l'avion Boeing 717-200 immatriculé EI-EXB

survenu le 12 avril 2019
à Strasbourg Entzheim (67)

⁽¹⁾ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées temps universel coordonné (UTC). Il convient d'y ajouter 2 h pour obtenir l'heure en France métropolitaine le jour de l'événement.

Heure	Vers 13 h 05 ⁽¹⁾
Exploitant	Bombardier CRJ700 : HOP! Boeing 717-200 : Volotea
Nature du vol	Transport commercial
Personne à bord	Vol HOP! : 2 PNT, 2 PNC et 73 passagers Vol Volotea : 2 PNT, 3 PNC et 113 passagers
Conséquences et dommages	Incapacité d'un PNC du vol HOP!

Départ immédiat, approche interrompue à faible hauteur, quasi-collision

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des enregistreurs de paramètres des deux avions (FDR), des témoignages, des enregistrements des radiocommunications et des données radar.

L'équipage du Boeing 717 assurant le vol Volotea en provenance de Montpellier Méditerranée (34), effectue l'approche ILS pour la piste 05 (QFU 047) de l'aéroport Strasbourg Entzheim. Les communications entre le contrôleur et l'équipage se font en langue anglaise. À 13 h 01, le contrôleur LOC demande à l'équipage de poursuivre l'approche, numéro deux derrière un avion léger en branche vent arrière pour la piste 05. Quatre minutes plus tard, le commandant de bord du CRJ700 assurant le vol HOP! à destination de Marseille Provence (13), PM⁽²⁾, contacte le contrôleur LOC à la demande du contrôleur SOL pour lui indiquer qu'il s'approche du point d'attente H et qu'il est prêt au départ en piste 05. Les communications entre le contrôleur et l'équipage du CRJ700 se font en langue française. À 13 h 05 min 14, le contrôleur LOC lui demande s'il est « *prêt pour un départ dans la minute* » en lui fournissant une information de trafic sur un aéronef à 3 NM en approche finale, sans lui préciser qu'il s'agit d'un Boeing 717⁽³⁾. Le PM du CRJ700 accepte et le contrôleur LOC l'autorise à 13 h 05 min 23 à un décollage immédiat en piste 05 (point ❶ [Figure 1](#)).



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité

⁽⁴⁾ L'altitude de référence de l'aérodrome est de 505 ft.

Le Boeing 717 est à environ 3 NM du seuil de piste en approche finale, à une altitude de 1 650 ft⁽⁴⁾ et à une vitesse indiquée de 136 kt alors que le CRJ700 est à environ 30 m en amont du point d'attente H. À 13 h 05 min 46, le commandant de bord du Boeing 717, PM, s'annonce à 2 NM en approche finale. L'équipage du CRJ700 s'aligne en piste 05. Le contrôleur LOC informe l'équipage du Boeing 717 du départ du CRJ700 et lui demande de poursuivre l'approche. Le PM du Boeing 717 annonce « *unbelievable* » à la fréquence. Cinq secondes plus tard, l'équipage du CRJ700 débute le roulement au décollage (point ② Figure 1).

À 0,90 NM du seuil de piste 05, une altitude de 890 ft et une vitesse indiquée de 138 kt, le PM du Boeing 717 informe le contrôleur LOC d'une éventuelle interruption de l'approche. Le contrôleur LOC répond à l'équipage de poursuivre l'approche. Neuf secondes plus tard, à 13 h 06 min 28, à 0,58 NM du seuil de piste 05 et à une hauteur de 240 ft (40 ft au-dessus de la hauteur de décision, DH), l'équipage du Boeing 717 interrompt l'approche et l'annonce à la fréquence. Le CRJ700 est toujours sur la piste à 0,42 NM (780 m) du seuil de piste 05 et à une vitesse d'environ 115 kt (point ③ Figure 1).

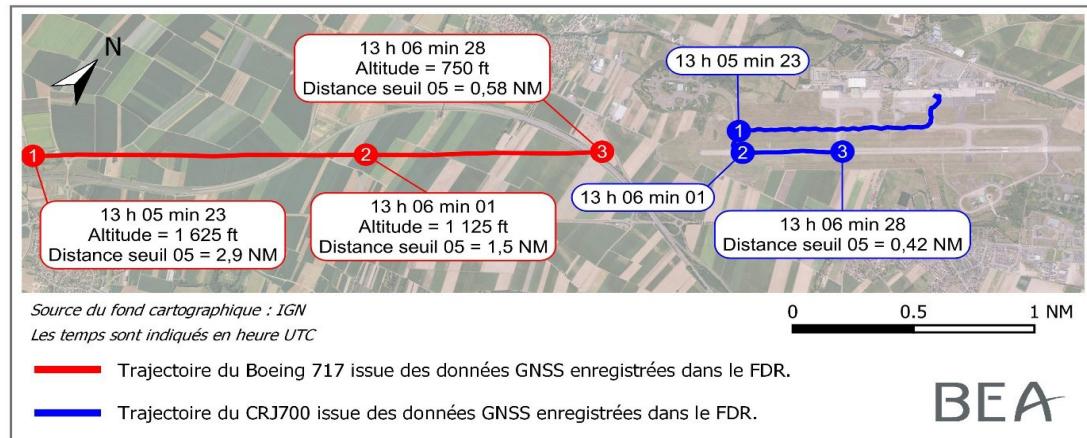


Figure 1 : Trajectoires du Boeing 717 (rouge) et du CRJ700 (bleu)

Le contrôleur LOC demande au PM du Boeing 717, qui collationne, de maintenir l'axe de piste lors de la remise de gaz. Le PF sélectionne un cap 042° et le Boeing 717 commence à dévier vers la gauche de l'axe de piste. Lorsque le CRJ700 de HOP! passe à la verticale du seuil 23, à une altitude de 900 ft et une vitesse de 160 kt, la séparation avec le Boeing 717, dont la vitesse est de 163 kt en accélération, est d'environ 1 NM en horizontal et de 920 ft en vertical (point ④ Figure 2).

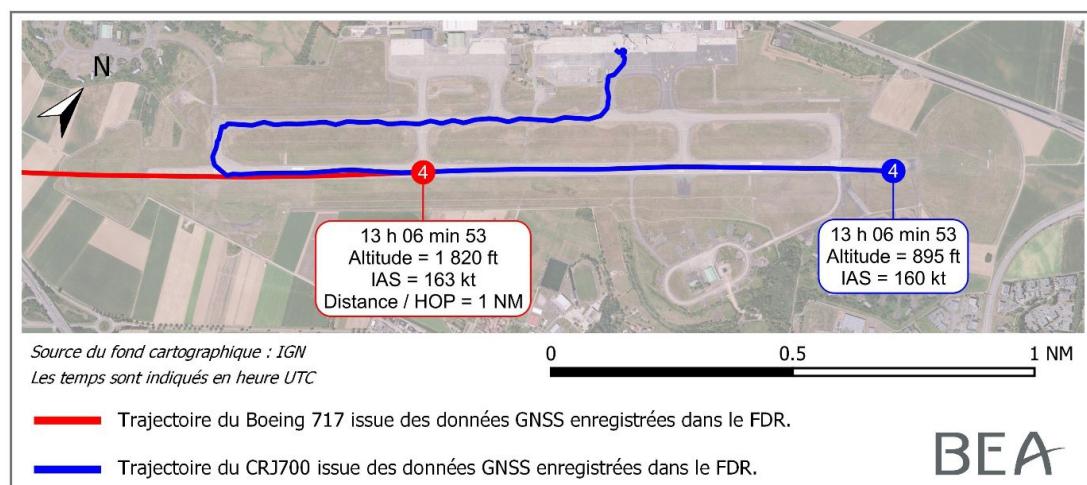


Figure 2 : Trajettoires du Boeing 717 (rouge) et du CRJ700 (bleu)

⁽⁵⁾ À cet instant, le pilote automatique du CRJ700 est déjà engagé, en mode de guidage latéral NAV et vertical CLB.

Le contrôleur LOC demande (point 5 Figure 3) à l'équipage du CRJ700, à une altitude de 1 300 ft en montée vers 6 000 ft, de virer à gauche directement vers MIRGU, dernier point du départ standard (SID)⁽⁵⁾, et à celui du Boeing 717, à une altitude de 2 300 ft en montée vers 2 500 ft, de virer immédiatement à droite au cap 050° (point 6 Figure 3). Le virage du CRJ700 débute à 2 100 ft. Les séparations horizontale et verticale entre les avions sont respectivement de 0,6 NM et 300 ft. La vitesse du Boeing 717 est supérieure de 60 kt à celle du CRJ700. Le contrôleur LOC demande à l'équipage du CRJ700 d'arrêter la montée à 2 000 ft. Le PM du CRJ700 lui demande de répéter l'instruction. Le CRJ700 passe 2 400 ft en montée avec une vitesse verticale d'environ 1 300 ft/min et le Boeing 717 est stable à 2 500 ft. Dans le même temps, des avis de trafic (TA) sont émis par les TCAS des deux avions. Le contrôleur LOC répond au PM du CRJ700 en lui indiquant d'arrêter immédiatement la montée à 2 000 ft. Dans la seconde qui suit, des avis de résolution (RA) sont émis à bord des deux avions : MAINTAIN CLIMB pour le CRJ700 et DESCENT pour le Boeing 717 (points 7 et 7 Figure 3). Les séparations horizontale et verticale entre les deux avions sont respectivement de 0,40 NM et 50 ft. L'avis de résolution (RA) du CRJ700 est renforcé en INCREASE CLIMB et le PF augmente alors le taux de montée. Cinq secondes plus tard, les séparations sont de 0,28 NM et de 95 ft. La distance horizontale minimale entre les deux avions de 0,17 NM est atteinte cinq secondes plus tard, avec une séparation verticale de 500 ft.

À 13 h 07 min 55, le conflit de trajectoire est terminé et les deux équipages poursuivent leurs vols (points 8 et 8 Figure 3).

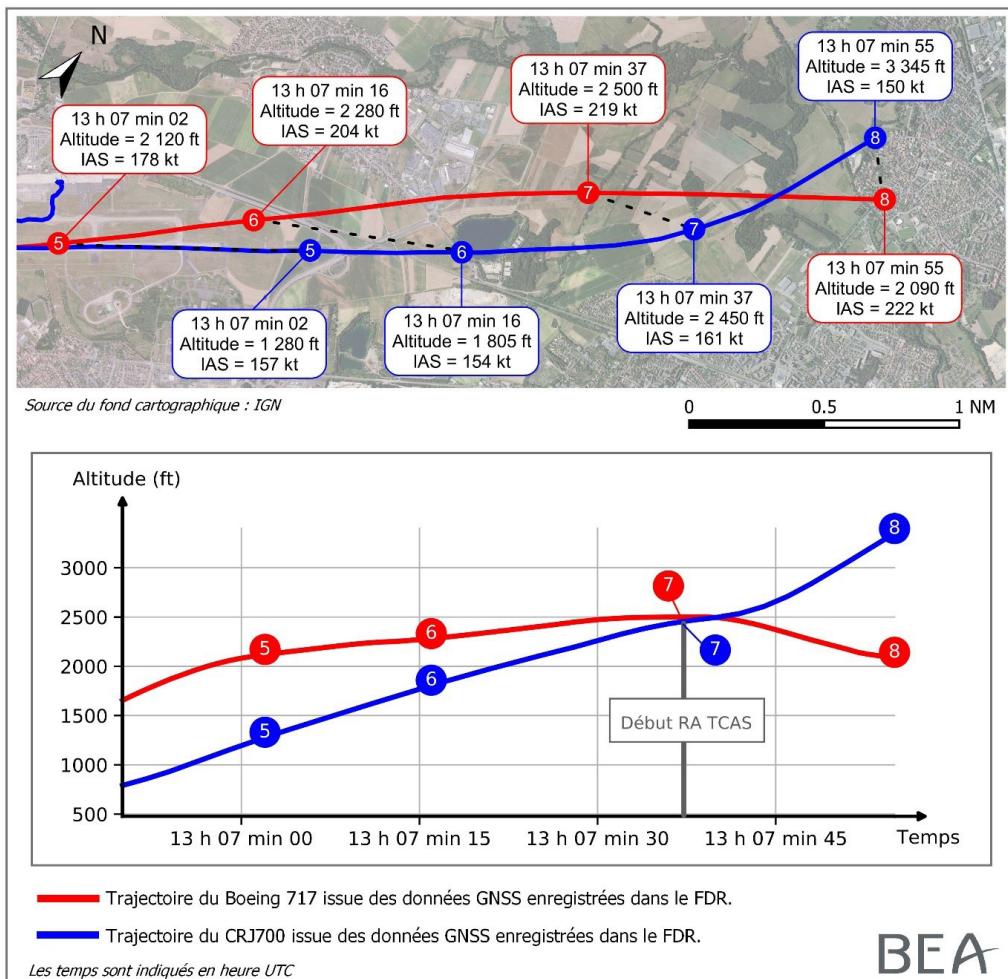


Figure 3 : Trajectoires du Boeing 717 (rouge) et du CRJ700 (bleu)

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Conditions météorologiques

Au moment de l'incident : vent du 030°, variable du 350° au 060°, pour 10 kt, CAVOK.

2.2 Renseignements sur l'aérodrome

L'aéroport Strasbourg Entzheim possède une piste 05-23 revêtue. Quatre voies de circulation (E, F, G et H) situées à l'ouest de la piste la desservent entre les seuils 23 et 05. Le QFU de la piste 05 est 047°. Les distances publiées sont les suivantes :

- longueur utilisable à l'atterrissement (LDA) = 2 400 m ;
- longueur de roulement utilisable au décollage (TORA) = 2 405 m ;
- longueur utilisable au décollage (TODA) = 2 695 m ;
- longueur utilisable pour l'accélération arrêt (ASDA) = 2 670 m.

2.3 Témoignages des équipages

2.3.1 Équipage du Boeing 717-200

L'équipage précise qu'il s'agissait de la quatrième et dernière rotation de la journée avec environ une heure de retard en raison d'un problème technique survenu entre la deuxième et troisième rotation.

Le commandant de bord, de nationalité espagnole, et le copilote, de nationalité française, indiquent qu'ils ont entendu l'autorisation de décollage fournie à l'équipage du CRJ700 alors que l'avion n'était pas encore arrivé au point d'attente. Ils étaient à environ 3 NM du seuil de piste 05. Ils ont trouvé que le CRJ700 était un peu lent pour l'alignement. À cet instant, ils savaient qu'ils devraient effectuer une approche interrompue, en tenant compte d'un potentiel conflit en montée initiale. Les conditions météorologiques ne présentaient aucune difficulté. Le commandant de bord était agacé de la manière dont était gérée la situation car il n'y avait que deux avions dans le circuit. Approchant la DH, alors que le contrôleur leur indiquait « *Continue* » et que le CRJ700 était dans le premier tiers de la piste, l'équipage a débuté l'approche interrompue en pilotage manuel dans un premier temps. L'origine de la sélection du cap 042°, différente du QFU de la piste, n'a pu être expliquée.

L'équipage s'attendait à virer à droite afin d'éviter un conflit avec le CRJ700 au départ (qui devait virer à gauche selon la procédure de départ standard), mais le contrôleur leur a demandé de garder l'axe de la piste. Il devait rejoindre l'altitude de 2 500 ft. Le copilote est resté concentré sur la conduite de la trajectoire. Le commandant de bord ne comprenait pas les instructions en langue française du contrôleur à l'intention de l'équipage du CRJ700, de nationalité française. Il était surpris que, dans une situation de conflit potentiel, les échanges ne soient pas réalisés dans une langue commune, en langue anglaise uniquement. Aucun des deux membres d'équipage n'avait visuel sur le CRJ700.

Le copilote a déconnecté le pilote automatique pour suivre les avis de résolution du TCAS. Les pilotes indiquent que les ordres étaient cohérents avec ce qu'ils avaient déjà pu pratiquer en simulation. Néanmoins, la situation était dangereuse et ils ont eu peur. Ils ont vu le CRJ700 leur passer devant en montée et en virage à gauche.

2.3.2 Équipage du CRJ700

⁽⁶⁾ Contrôleur LOC : « Air Hop Hotel Alpha vous êtes prêts pour un départ dans la minute, trafic 3NM finale derrière ».

L'équipage indique qu'il s'est concentré sur les actions et annonces techniques en vue de l'alignement et du décollage, sans marquer d'arrêt (« *rolling takeoff* »). Même s'il y a eu beaucoup d'échanges en anglais entre le contrôleur LOC et l'équipage du Boeing 717, il n'avait pas conscience que celui-ci était en approche finale. Il pensait que le trafic mentionné par le contrôleur, lorsqu'il a été sollicité pour un départ dans la minute, était un VFR en vol local ou en tour de piste⁽⁶⁾.

En montée, passant 2 450 ft, le contrôleur a demandé à l'équipage de maintenir 2 000 ft. Ce dernier a appliqué une légère action à piquer. Dans le même temps, le TCAS s'est activé émettant un avis de résolution de type MAINTAIN CLIMB, puis INCREASE CLIMB. L'indication sur le variomètre de l'avion imposait une vitesse verticale élevée en montée (butée haute), le cadran du variomètre étant principalement rouge. Les pilotes ont été très surpris de devoir prendre une telle assiette pour la montée. Ils ont eu peur et s'attendaient à heurter un aéronef. À ce moment-là, l'équipage n'avait pas conscience que le Boeing 717 avait fait une approche interrompue. Les pilotes précisent qu'ils n'ont jamais eu le visuel sur le Boeing.

Peu de temps après l'incident, l'équipage de conduite a expliqué « à chaud » à l'équipage commercial dans le cockpit ce qui s'était passé au décollage.

2.4 Incapacité d'un membre d'équipage de cabine (PNC) du CRJ700

L'équipage commercial du vol HOP! était constitué d'un chef de cabine et d'un autre PNC. Ils ont tous deux perçus la situation anormale peu après le décollage. Le chef de cabine indique que le PNC l'a rejoint à l'avant de l'avion et que lorsque la porte du poste de pilotage a été ouverte peu après l'incident, il a vu que les visages des deux pilotes étaient comme figés. Ils venaient de demander des explications au contrôleur d'approche. Le commandant de bord les a alors informés sur ce qui s'était passé au cours du décollage et de la montée initiale. Le PNC s'est alors rappelé un incident grave survenu plusieurs années plus tôt alors qu'il était PNC pour un autre exploitant. Le chef de cabine a constaté, et a informé le commandant de bord, que le PNC ne serait plus en capacité d'assurer sa fonction non seulement au cours du vol mais aussi au cours du vol suivant (qui a ainsi fait l'objet d'une limitation à 50 passagers).

La réglementation demande à ce qu'il y ait au minimum un membre d'équipage de cabine pour 50 passagers. Avec 73 passagers à bord et un membre d'équipage de cabine en incapacité, la sécurité cabine aurait pu être affectée.

2.5 Renseignements sur le service de contrôle de la circulation aérienne de l'aéroport Strasbourg Entzheim

2.5.1 Verrou de piste

Le point SE (radio balise du NDB, situé à environ 4 NM dans l'axe en amont du seuil 23) fait office pour les contrôleurs aériens de verrou de piste pour la piste 23. Lorsqu'un pilote se signale prêt au départ, le contrôleur LOC l'autorise à s'aligner sur la piste, en prenant soin de vérifier, notamment, qu'aucun aéronef en approche aux instruments n'a passé SE. La piste 05 ne disposait pas de verrou de piste au moment de l'incident. Le service de la navigation aérienne en a défini un après l'incident. Il est situé à 4 NM dans l'axe de son seuil, à l'image de celui existant en piste 23.

2.5.2 Altitude minimale de guidage (AMG)

L'AMG (anciennement AMSR, Altitude minimale de sécurité radar) est de 2 500 ft aux abords de l'aérodrome.

2.5.3 Positions de contrôle

Le jour de l'incident, le chef de Tour avait armé toutes les positions de contrôle en raison de la charge de travail générée par le salon international de l'aviation générale AERO Friedrichshafen. Les contrôleurs des positions suivantes ont été en contact avec au moins un des équipages du CRJ700 ou du Boeing 717 :

- Contrôleur SOL : Le contrôleur SOL rend les services d'information et d'alerte sur l'aire de trafic et les services de contrôle, d'information et d'alerte sur l'aire de manœuvre, à l'exception de la bande de piste.
- Contrôleur LOC : Le contrôleur « *Local* » occupe, dans la tour de contrôle, le poste situé à droite du poste SOL. Il est responsable de l'aire d'atterrissement et de ses dégagements (bande de piste) et de l'espace compris entre le sol et 2 500 ft dans les CTR. À Strasbourg Entzheim, le contrôleur LOC dispose comme outil de travail d'un écran de visualisation radar⁽⁷⁾ qui présente un aéronef avec une étiquette pour l'identifier, la position actuelle de cet aéronef⁽⁸⁾, ses positions passées et son vecteur vitesse.
- Contrôleur Approche : En salle IFR, le centre de contrôle d'approche de Strasbourg Entzheim dispose en particulier d'une position pour un contrôleur radariste d'approche.

⁽⁷⁾ IRMA : Indicateur radar de mouvements d'aéronefs.

⁽⁸⁾ À Strasbourg Entzheim, les cibles ne sont détectées qu'à partir d'une altitude d'environ 1 500 ft.

2.5.4 Témoignage du contrôleur SOL

Le contrôleur SOL indique qu'il n'y avait pas beaucoup d'aéronefs à la fréquence SOL et qu'il était ainsi réceptif à l'environnement. Il précise qu'en l'absence d'image radar en position SOL il n'avait toutefois pas connaissance des distances et vitesses d'évolution des aéronefs en vol. Il a demandé à l'équipage du CRJ700 de contacter le contrôleur LOC sur la fréquence associée lorsque l'avion passait travers la voie de circulation G. Il a entendu ensuite le contrôleur LOC proposer un décollage dans la minute à l'équipage du CRJ700. Lorsqu'il a cherché le Boeing en approche finale, il s'attendait à voir ses phares et a été surpris de voir distinctement la silhouette de l'avion. Il a alors dit au contrôleur LOC « *T'as vu le Volotea est proche* ». Le contrôleur LOC lui a répondu « *C'est bon, il est à 3.5 NM* ». Il a ensuite vu le CRJ700 s'engager sur la voie de circulation H et quand il a passé le point d'attente, il a fait part de sa stupéfaction au contrôleur LOC. Il a semblé au contrôleur SOL d'après les messages à la fréquence que le commandant de bord du Boeing 717 était exaspéré.

2.5.5 Expérience et témoignage du contrôleur LOC

Le contrôleur LOC est titulaire d'une licence de contrôleur de la circulation aérienne avec les qualifications de contrôle d'aérodrome aux instruments (contrôle tour et radar d'aérodrome) et de contrôle d'approche de surveillance. Il est également instructeur simulateur et sur position. Avant de rejoindre Strasbourg Entzheim en 2012 où il a été qualifié en 2013, il a tout d'abord été qualifié en tant que contrôleur à l'aéroport Bâle Mulhouse dès 2001.

Le jour de l'incident, il a commencé sa vacation à 12 h 30 en position LOC. Il indique qu'il devait y avoir un ou deux trafics VFR à gérer avant l'arrivée en fréquence des équipages du CRJ700 et du Boeing 717. Il ajoute que lorsque l'équipage du CRJ700 l'a contacté prêt au départ sur la fréquence LOC, le CRJ700 était selon lui quasiment au point d'attente H et le Boeing 717 était stabilisé en approche finale 05 à environ 3,5 NM du seuil de piste. Le contrôleur LOC n'avait pas d'inquiétude particulière à proposer un décollage immédiat. Le contrôleur LOC a estimé d'après le ton « *décidé* » du membre d'équipage du CRJ700 que celui-ci avait bien compris la contrainte et qu'il partageait la même compréhension de la situation. Le contrôleur LOC considère que l'alignement du CRJ700 n'a pas été aussi rapide qu'espéré.

Lorsque le CRJ700 a quitté le sol, le contrôleur LOC estimait que le Boeing 717 pouvait atterrir. Il a attendu avant de fournir l'autorisation d'atterrissement pour vérifier l'espacement. Il confirme qu'il aurait été obligé d'autoriser l'équipage du Boeing 717 à l'atterrissement avant que le CRJ700 ne franchisse l'extrémité de piste. Il a été surpris de la décision de l'équipage du Boeing 717 d'interrompre l'approche. Il ajoute que selon lui il était plus dangereux de remettre les gaz derrière l'avion au départ que de se poser un peu trop serré derrière.

Le contrôleur LOC indique qu'il n'a pas souhaité perturber l'équipage du Boeing 717 lors de l'interruption de l'approche. Il lui a alors demandé de maintenir l'axe de piste et il a demandé à l'équipage du CRJ700 de virer vers le dernier point du SID pour assurer la séparation. Il ajoute qu'il était persuadé à ce moment que l'équipage du CRJ700 était parfaitement conscient de la situation puisqu'il avait été autorisé à un départ immédiat et qu'il avait eu l'information de la position du trafic en approche finale. Le contrôleur LOC indique qu'il a attendu d'avoir un contact radar du CRJ700 car visuellement, avec la parallaxe, il ne lui était pas évident de connaître sa position. Le plot radar est apparu vers 1 600 ft et le contrôleur LOC explique que l'attente lui a paru longue. Il ajoute que quand le CRJ700 est apparu sur l'écran radar, il a eu « *un coup émotionnel* » : le Boeing 717 avait dérivé à gauche de l'axe de piste et pas le CRJ700. Le contrôleur LOC a ainsi constaté que ses instructions avaient échoué. Il s'agissait pour le contrôleur LOC d'une situation d'urgence qui s'aggravait puisqu'il y avait contradiction avec les instructions qu'il avait fournies. Le contrôleur LOC estime que l'équipage du CRJ700 n'était pas du tout en alerte car il lui a fait répéter le message d'interruption de la montée. Il a alors répété la limitation d'altitude en utilisant cette fois la phraséologie d'urgence.

Le contrôleur LOC a entendu l'équipage du Boeing 717 exprimer son mécontentement à la fréquence pendant ce laps de temps et le contrôleur LOC estime que cela a contribué à augmenter sa charge émotionnelle. Il a demandé à cet équipage de virer au cap 050° mais il s'est rendu compte que ce cap ne changeait rien puisqu'il correspondait à celui de l'axe de piste. Pendant la résolution TCAS, il n'a pas agi et il a donc laissé les équipages gérer la situation. Il a ensuite transféré les deux avions à la fréquence Approche.

Le contrôleur LOC indique par ailleurs que :

- Il a probablement accumulé de la confiance la veille en gérant de nombreux trafics VFR avec le salon de l'aviation générale Aero 2019 à Friedrichshafen. Il estime que cela a pu influencer sa décision.
- Il pensait que les deux équipages avaient pleine conscience de la situation et qu'ils partageaient la même représentation de la situation que lui.
- Il pensait être prêt à gérer ce genre de situation (grâce notamment aux retours d'expériences et aux discussions avec ses collègues) mais finalement il s'est rendu compte que non et qu'il y avait peu de temps pour détecter, analyser, décider dans une telle situation.
- Il a eu l'impression de perdre des secondes parce qu'il ne voyait pas le plot radar du CRJ700 sur son écran, ce qui n'aurait pas été le cas à Bâle-Mulhouse où il a exercé.
- La cadence à Bâle Mulhouse où il travaillait précédemment était plus élevée qu'à Strasbourg Entzheim.

2.6 Itinéraire normalisé de départ et procédure d'approche ILS en piste 05

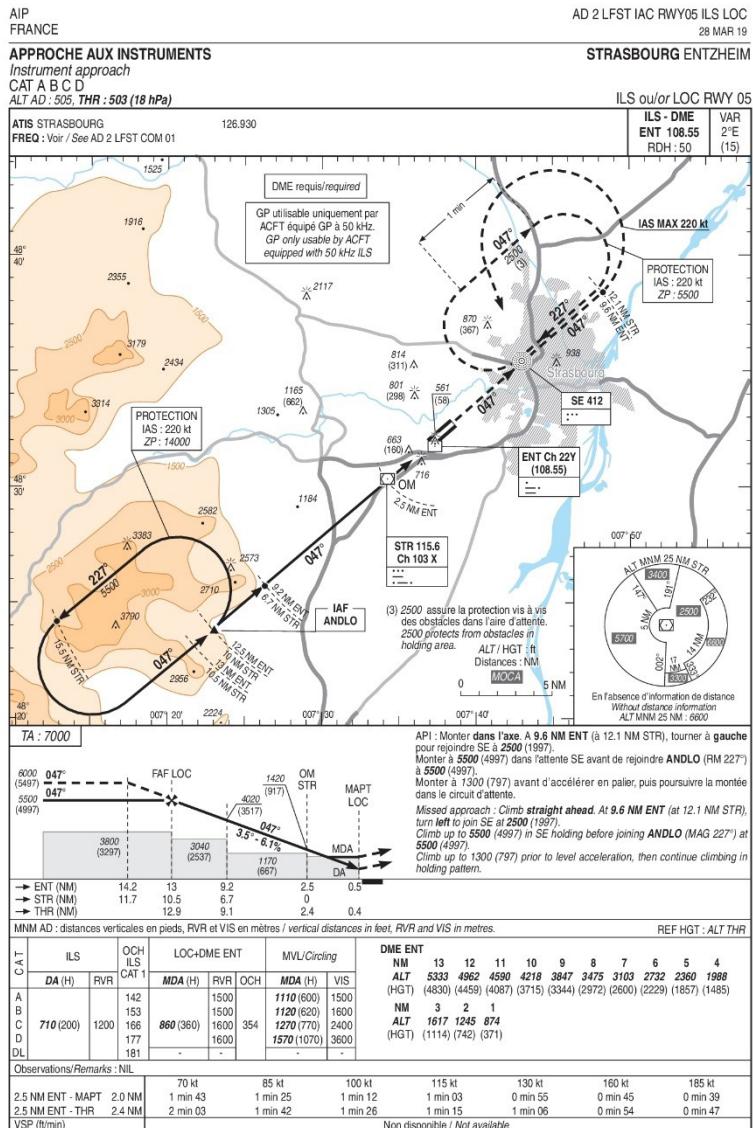
2.6.1 Itinéraire normalisé de départ

L'équipage du CRJ700 a reçu, avant le roulage, l'instruction de suivre l'itinéraire normalisé de départ EPIKO 7J dont la trajectoire initiale demande tout d'abord de monter dans l'axe avant de virer à gauche au NDB SE (situé dans le 048° à 5 NM du DME de l'ILS ENT pour la piste 05) en suivant une route magnétique 233° pour intercepter et suivre le QDR 272 de cette balise.

2.6.2 Procédure d'approche

Le repère d'approche initiale (IAF) de la procédure ILS piste 05 est situé dans l'axe de piste à 12,5 NM du DME de l'ILS ENT (DME situé dans le 079° du seuil de piste 05 et à 303 m de celui-ci). À partir du point d'approche finale (FAP), le plan d'approche a une pente de 3,5° (soit 6,1 %). La DH est de 200 ft (altitude de 710 ft), à environ 0,5 NM du seuil 05.

La procédure d'approche interrompue demande dans un premier temps de monter dans l'axe de piste, de virer à gauche à 9,6 NM du DME de l'ILS ENT pour rejoindre le NDB SE à une altitude de 2 500 ft, puis de monter dans l'attente établie au NDB SE avant de rejoindre l'IAF de la procédure à 5 500 ft. Volotea utilise les informations fournies par LIDO dont la carte d'approche relative à la procédure ILS en piste 05 ne présente aucune différence avec celle de l'AIP.



Source : AIP

Figure 4 : Extrait de la carte d'approche ILS piste 05

⁽⁹⁾ Document 4444 de l'OACI relatif aux procédures pour les services de navigation aérienne – Gestion du trafic aérien.

2.7 Gestion du trafic aérien

En France, les règles et procédures pour les services de la circulation aérienne (RCA3) procèdent de textes européens et français dont les dispositions ont été élaborées à partir des normes et pratiques recommandées des PANS-ATM⁽⁹⁾.

2.7.1 Séparation entre aéronefs au départ et aéronefs à l'arrivée

Si un aéronef à l'arrivée effectue une approche en ligne droite (comme c'était le cas le jour de l'incident), un décollage peut être autorisé sauf pendant les trois minutes qui précèdent l'arrivée prévue de l'aéronef ou jusqu'à ce qu'il franchisse un point déterminé sur la trajectoire d'approche (RCA3 §4.4.4.2). La durée de trois minutes permet une gestion du trafic en fonction de la vitesse de l'aéronef en approche. Entre l'autorisation de décollage délivrée par le contrôleur LOC et le passage du seuil 05 par le Boeing 717, il s'est passé environ 1 min 20.

2.7.2 Autorisation de décollage immédiat

Aucun aéronef ne peut être autorisé à pénétrer sur la piste si une autorisation d'atterrissement a déjà été donnée à un aéronef à l'arrivée. La gestion des alignements des aéronefs pour le décollage doit se faire en considérant qu'un aéronef en cours d'atterrissement ou dans les phases finales de l'approche a normalement priorité sur un aéronef qui est sur le point de partir de la même piste ou d'une piste sécante (RCA3 §5.6.1.1). Par ailleurs, un aéronef n'est autorisé à décoller que lorsque la séparation prévue ou prescrite avec l'aéronef en approche sera respectée au moment où l'aéronef amorcera son décollage (RCA3 §5.6.7.2). Toutefois, dans le cadre de l'accélération du trafic et de l'amélioration de l'occupation de la piste et des mouvements, des autorisations de décollage immédiat (RCA3 §5.6.7.5) peuvent être données aux pilotes avant que les aéronefs n'entrent sur la piste. Après avoir accepté une telle autorisation, le passage de la voie de circulation sur la piste et le décollage se font sans marquer d'arrêt. Il est attendu que les pilotes ne pouvant pas garantir ces conditions préviennent les contrôleurs. La procédure relative à l'autorisation de décollage immédiat ne permet pas de s'affranchir des règles de séparation entre aéronefs au départ et/ou à l'arrivée.

Avant de délivrer une autorisation de décollage immédiat, le temps probable nécessaire avant de débuter le roulement au décollage, la durée et les voies disponibles pour qu'un aéronef dégage la piste en cas d'impossibilité de se conformer à l'autorisation de décollage immédiat doivent être pris en compte. Pour les contrôleurs, il s'agit ainsi d'être prêt à modifier une séquence prévue dans un bref laps de temps en considérant :

- l'annulation de l'autorisation au décollage immédiat ;
- un possible arrêt du décollage lors du roulement au décollage ;
- une possible instruction pour dégager la piste ;
- la résolution d'un conflit potentiel avec un aéronef en remise de gaz.

2.7.3 Autorisation d'atterrissement

Le RCA3 (RCA3 §5.6.6.1) indique qu'il ne doit pas être délivré de clairance d'atterrissement ou de décollage à un aéronef tant que l'aéronef au départ qui le précède n'a pas franchi l'extrémité de la piste en service ou n'a pas amorcé un virage, ou tant que tous les aéronefs à l'arrivée qui le précédent n'ont pas dégagé la piste en service sauf exceptions. L'équipage d'un aéronef peut toutefois être autorisé à atterrir lorsque le contrôleur est raisonnablement sûr que la séparation prévue précédemment est respectée au moment où l'aéronef franchira le seuil de la piste (RCA3 §5.6.6.4.1).

Aucun minimum réduit de séparation sur piste n'est défini à l'aéroport Strasbourg Entzheim pour la piste en service et pour les aéronefs évoluant en IFR.

⁽¹⁰⁾ Le contrôleur LOC n'a pas demandé à l'équipage du Boeing 717 de le rappeler à un point de report en approche finale.

Le manuel d'exploitation de l'aéroport Strasbourg Entzheim indique que le contrôleur peut utiliser des points de report pour donner l'autorisation d'atterrissement. Pour la procédure ILS en piste 05, ces points sont à 1 000 ft en approche finale ou à 4 NM du DME de l'ILS ENT⁽¹⁰⁾.

2.8 Formation des contrôleurs

2.8.1 Cadre général selon la réglementation européenne (Règlement (UE) 2015/340)

La formation des contrôleurs de la circulation aérienne est principalement composée :

- d'une formation initiale théorique et pratique dispensée dans un organisme de formation agréé (l'ENAC en France) ;
- d'une formation au sein de l'organisme d'affectation du contrôleur de la circulation aérienne. Elle permet la transition entre la prise de position en autonomie du contrôleur et la formation initiale ou l'affectation précédente du contrôleur.

La validation de ces formations donne lieu à la délivrance d'une licence de contrôleur de la circulation aérienne. Cette licence comprend différentes qualifications dont celle « *Contrôle d'aérodrome aux instruments (ADI)* » qui indique que le titulaire de la licence est compétent pour assurer les services de contrôle de la circulation aérienne en circulation d'aérodrome pour un aérodrome doté de procédures d'approche ou de départ aux instruments publiées.

La formation comprend également la formation continue avec des maintiens de compétences et des formations d'adaptation en cas de changements (par exemple, qualification d'instructeur ou de formateur).

2.8.2 Qualification « Contrôle d'aérodrome aux instruments (ADI) »

Les qualifications « *Contrôle d'aérodrome à vue (ADV)* » et « *Contrôle d'aérodrome aux instruments (ADI)* » constituent les deux premières qualifications intégrées à la formation initiale. Les examens pratiques sont effectués sur simulateur et ont pour objectif de s'assurer que les stagiaires sont capables de fournir les services de contrôle d'aérodrome et d'appliquer les techniques de contrôle d'aérodrome et les procédures opérationnelles à la circulation d'aérodrome.

À l'ENAC, lorsque des stagiaires débutent leur formation de contrôleur de la circulation aérienne, ils n'ont en grande majorité aucune expérience de l'aéronautique. La formation aux qualifications ADV et ADI a lieu après de nombreux modules orientés sur l'acquisition de connaissances. Les séances sur simulateur pour ces qualifications ont lieu dans les conditions suivantes :

- Un verrou de piste est systématiquement présent à 4 NM du seuil de piste.
- Il est attendu des stagiaires, lorsqu'ils sont contactés à la fréquence par des pilotes en IFR, qu'ils leur demandent de les rappeler à 4 NM en approche finale et qu'alors, en fonction de l'occupation de la piste, soit ils délivrent l'autorisation d'atterrissement, soit ils demandent aux pilotes d'interrompre l'approche.
- L'approche interrompue doit être considérée comme un départ. Il est attendu des stagiaires lors des séances de simulateur qu'ils respectent les trajectoires des approches interrompues et les altitudes minimales de guidage radar.

Les départs immédiats ne sont abordés que de manière théorique et non de manière pratique en simulateur dans la mesure où le verrou de piste est considéré comme une marge suffisante.

Après avoir obtenu les qualifications ADV et ADI, les stagiaires à l'ENAC partent quatre semaines en stage « Aéroport » pour se familiariser avec l'environnement d'un aérodrome et éventuellement débuter sur position avec instructeur.

2.9 Remises de gaz à faible hauteur

[Une étude de sécurité sur les remises de gaz à faible hauteur a été conduite par Eurocontrol et publiée en 2019.](#) Sur la base de 187 incidents, il a été identifié que 8 d'entre eux étaient liés à un conflit dû à une remise de gaz à faible hauteur (inférieure à 400 ft sol). Ce chiffre n'est pas important au regard du nombre total d'incidents étudiés mais l'étude a également révélé qu'il y avait 6 occurrences (parmi les 187) pour lesquelles seule « *la chance* » a permis d'éviter une collision en vol, et que deux d'entre elles impliquaient des remises de gaz à faible hauteur. C'est pourquoi Eurocontrol a décidé de lancer cette étude qui a en particulier permis d'identifier six scenarii qui pourraient conduire à une remise de gaz à faible hauteur. Pour chaque scenario, l'étude liste des mesures :

- de prévention des conflits avant ou après une remise de gaz à faible hauteur ;
- d'atténuation du risque de collision après une remise de gaz à faible hauteur.

Parmi ces six scenarii figure le conflit entre un aéronef en remise de gaz à faible hauteur et un aéronef au départ sur la même piste ainsi que les mesures proposées ou disponibles avec les limitations associées :

Mesures de prévention d'un conflit	Avant la remise de gaz	<p>Contrôleurs de la circulation aérienne</p> <ul style="list-style-type: none"> adopter une séquence d'approche « non agressive » en évitant de placer les aéronefs trop proches les uns des autres dans le but d'optimiser l'utilisation de la piste ou de privilégier une certaine efficacité (gestion stratégique en prenant des marges, sans objectif d'atteindre les minimums de séparation) ; planifier l'occupation de la piste en prenant des marges (facteurs inattendus) ; informer suffisamment tôt les pilotes de contraintes éventuelles ; évaluer en continu l'évolution de ce qui a été planifié et adapter le plan d'action si les marges de sécurité ont été réduites ; communiquer avec les pilotes pour partager une conscience de la situation commune et limiter le risque d'une remise de gaz à faible hauteur ; <i>limitations : Prise en compte anticipée difficile des actions entreprises par les pilotes ou les incursions sur piste.</i> <p>Pilotes / équipages</p> <ul style="list-style-type: none"> réagir et décider rapidement en évitant de laisser aller les situations ou d'espérer qu'elles se dérouleront sans problème ; informer suffisamment tôt les contrôleurs aériens d'une éventuelle remise de gaz ; informer les contrôleurs aériens de l'impossibilité ou de difficultés pour un départ immédiat (ou pour évacuer la piste) ; <i>limitations : Prise en compte anticipée difficile des actions entreprises par les contrôleurs aériens.</i>
	Après la remise de gaz	<p>Procédures spécifiques</p> <ul style="list-style-type: none"> procédures d'approche interrompue et de départ garantissant une séparation « procédurale » suffisante entre aéronefs (procédures publiées dans l'AIP ou dans les procédures locales de l'aérodrome) ; procédures standard ATC en cas de remise de gaz permettant aux contrôleurs de délivrer des informations de trajectoires à suivre pour éviter tout risque de collision ; <p>Contrôleurs de la circulation aérienne</p> <ul style="list-style-type: none"> prise en compte tactique / stratégique de conflits potentiels ; coordination entre contrôleurs ; <i>limitations : Difficulté pour maintenir le contact visuel sur les aéronefs ou pour surveiller les trajectoires sur les outils à disposition.</i> <p>Pilotes / équipages</p> <ul style="list-style-type: none"> conscience de conflit potentiel et actions indépendantes pour limiter ou éviter la réduction des marges de sécurité ; <i>limitations : Conditions de vol pour maintenir un contact visuel avec l'autre aéronef.</i>
Mesures d'atténuation du risque de collision		<p>Résolution adaptée du conflit par l'ATC</p> <ul style="list-style-type: none"> prise de décision impromptue ; <i>limitations : Difficulté pour maintenir le contact visuel sur les aéronefs ou pour surveiller les trajectoires sur les outils à disposition, actions des pilotes / équipages se substituant aux actions des contrôleurs.</i> <p>Résolution de conflit par les pilotes / équipages</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>limitations : Conditions de vol pour maintenir un contact visuel avec l'autre aéronef.</i> <p>Résolution de conflit par les pilotes / équipages à l'aide du TCAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <i>limitations : TCAS inhibé en dessous d'une hauteur de 1 000 ft, autres limitations du TCAS.</i>

En conclusion de l'étude, cinq recommandations ont été émises sur :

- la mise à jour par les autorités aéroportuaires et les prestataires de la navigation aérienne, des analyses de sécurité relatives aux conflits potentiels suivants une remise de gaz à faible hauteur ;
- la surveillance des occurrences relatives à des conflits suivants une remise de gaz à faible hauteur pour améliorer l'évaluation des risques associés ;
- la nécessité de prendre en compte les spécificités propres à chaque aérodrome pour définir des mesures efficaces de prévention de conflit et d'atténuation des risques de collision suivants une remise de gaz à faible hauteur ;

- la mise à jour et l'amélioration de la formation initiale et continue des contrôleurs aériens et des pilotes ;
- le développement de moyens et de procédures pour augmenter la résilience et limiter le niveau de dépendance à la performance humaine.

2.10 Utilisation de la langue anglaise

L'utilisation de la seule langue anglaise aurait pu permettre à l'équipage du Boeing 717 d'avoir conscience de la nature des instructions fournies en français à l'équipage du CRJ700, d'adapter en fonction sa trajectoire et d'éviter ainsi le déclenchement des avis de résolution TCAS.

Toutefois, il n'est pas possible de déterminer si la veille des quelques communications qui ont suivi l'autorisation de décollage par l'équipage du CRJ700 lors du roulement au décollage aurait permis une meilleure conscience de la situation dans le cas d'une utilisation de la seule langue anglaise.

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 qu'un Boeing 717 en approche ILS se trouvait à 3 NM du seuil de piste 05 et sans autre trafic à gérer à la fréquence, le contrôleur LOC a proposé un décollage immédiat à l'équipage du CRJ700 qui s'approchait du point d'attente. Malgré l'information de distance au seuil du Boeing 717 et une remarque du contrôleur SOL qui laissaient supposer que la séparation entre les deux avions ne serait pas assurée, le contrôleur LOC est resté confiant dans son choix de donner la priorité au décollage du CRJ700 plutôt qu'à l'atterrissement du Boeing 717. Constatant que le CRJ700 n'aurait pas franchi l'extrémité opposée de la piste avant son atterrissage, l'équipage du Boeing 717 a interrompu l'approche à une hauteur de 240 ft et à 0,58 NM du seuil de piste 05. La stratégie initiale du contrôleur LOC reposait principalement sur la capacité de l'équipage du CRJ700 à suivre ses instructions immédiatement. Dans des phases de vol dynamiques à charge de travail élevée et avec une différence d'accélérations entre les deux avions, il était difficile pour les équipages de percevoir, d'analyser et de suivre les instructions du contrôleur LOC, d'autant plus qu'elles étaient émises dans des langues différentes. La difficulté pour suivre l'évolution de chaque avion depuis la tour de contrôle et l'apparition tardive d'informations fournies par son écran radar n'ont pas permis au contrôleur LOC d'adapter sa stratégie. Par ailleurs, la dérive vers l'ouest du Boeing 717, en raison de la sélection par l'équipage d'un cap différent de celui du QFU de la piste, a accentué le rapprochement des deux avions dans le plan horizontal après le virage à gauche du CRJ700.

Le suivi des avis de résolution TCAS par les deux équipages a permis de résoudre le conflit.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la délivrance d'une autorisation de décollage immédiat à l'équipage du CRJ700 alors que le Boeing 717 était à 3 NM en approche finale :

- une recherche d'optimisation par le contrôleur LOC de l'utilisation de la piste, sans raison particulière et sans anticipation des risques en cas d'imprévu, qui n'a pas permis de respecter les séparations prescrites entre aéronefs à l'arrivée et au départ ;
- l'absence de moyens, de pratiques ou de procédures systématiques à l'aéroport Strasbourg Entzheim, comme l'établissement d'un verrou de piste en piste 05 ;
- l'absence de mention du type d'aéronef lors de l'information de trafic fournie en vue du décollage immédiat par le contrôleur LOC à l'équipage du CRJ700, qui n'avait ainsi pas tous les éléments lui permettant d'estimer s'il pouvait garantir les conditions d'un décollage immédiat et de partager une conscience commune de la situation avec le contrôleur et l'équipage du Boeing 717.

Ont pu contribuer au déclenchement d'avis de résolution TCAS entre le CRJ700 au décollage et le Boeing 717 en remise de gaz :

- l'absence d'élaboration anticipée par le contrôleur LOC de plans d'action en cas de conflit potentiel en cas d'approche interrompue à faible hauteur ou en cas de délai lors du décollage immédiat ;
- une conscience de la situation non partagée entre le contrôleur LOC et les deux équipages ;
- des trajectoires initiales pour le départ et l'approche interrompue, qui demande de rejoindre le NDB à 2 500 ft, ne garantissant pas des séparations suffisantes entre les aéronefs.

Enseignements de sécurité

L'une des fonctions du contrôleur d'aérodrome est « *d'assurer l'acheminement sûr, ordonné et rapide de la circulation aérienne* » en s'approchant des minima réglementaires lorsque c'est nécessaire et non de manière systématique au risque de les dépasser. L'optimisation de l'utilisation d'une piste et la recherche de l'efficacité opérationnelle ne doivent ainsi pas être privilégiées à la prévention des collisions, qui nécessite de la part des contrôleurs une analyse stratégique continue des risques.

Après un incident en vol, la synthèse des éléments utiles pour l'expliquer et poursuivre le vol est un exercice particulièrement délicat pour un commandant de bord. La charge émotionnelle rend difficile la prise de recul sur l'incident vécu, même s'il n'a plus de conséquences sur la suite du vol, aussi bien pour les PNT que pour les PNC. Le partage d'informations au sein de l'équipage peut cependant perturber certaines personnes en fonction de leur sensibilité et de leur expérience.

4 - RECOMMANDATIONS

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 Prévention de conflit entre aéronefs en cas d'interruption d'une approche à faible hauteur

L'interruption d'une approche à l'initiative d'un équipage ou à la demande d'un contrôleur pour une quelconque raison peut intervenir à tout moment et à toute hauteur. Lorsqu'elle résulte d'une séparation insuffisante avec un aéronef au départ, le risque de collision entre les deux aéronefs dans des phases dynamiques et avec des trajectoires similaires devient difficile à gérer tant par le contrôleur que par les équipages, comme ce fut le cas pour cet incident grave. L'étude d'Eurocontrol sur les remises de gaz à faible hauteur publiée en 2019 montre également que même si le nombre d'incidents associés est faible, ils représentent un tiers des occurrences potentiellement catastrophiques analysées dans l'étude. Le contrôleur a donné la priorité à l'avion au départ plutôt qu'à celui qui était à 3 NM en approche finale sans contrainte particulière. Cette décision, probablement motivée par une recherche d'optimisation d'occupation de la piste, était fondée sur une confiance du contrôleur dans sa représentation de la situation et sur son expérience, et n'a pas été remise en question lorsque le contrôleur SOL lui a fait part de sa surprise.

En conséquence, le BEA recommande que :

- **en l'absence de moyens ou de procédures tels que les verrous de piste ;**
- **considérant que la gestion des séquences d'alignement et d'atterrissage des aéronefs repose principalement sur l'expérience, l'évaluation et le jugement du contrôleur en position, malgré les critères prévus par la réglementation ;**
- **considérant que cette absence de moyens ou de procédures crée un décalage entre la formation initiale à la qualification de contrôleur d'aérodrome aux instruments (ADI) qui repose sur l'utilisation de tels moyens et la formation continue ou de qualification des contrôleurs sur leur aérodrome d'affectation ;**

La DSNA prenne en compte les spécificités propres à chaque aérodrome accueillant du trafic commercial pour définir toutes mesures permettant d'améliorer la gestion des séparations entre aéronefs au départ et aéronefs à l'arrivée dans le but de délivrer suffisamment tôt une autorisation d'atterrissage à l'aéronef en approche et de limiter le risque d'interruption d'approche à faible hauteur.

Recommandation FRAN-2020-013