



Incident de l'avion BOMBARDIER CL600 2C10 (CRJ700)
immatriculé **F-GRZL**
survenu le 23 janvier 2020
à Lyon-Saint-Exupéry (69)

Heure	Vers 19 h 10 ¹
Exploitant	HOP!
Nature du vol	Transport commercial de passagers
Personnes à bord	Commandant de bord (PF), copilote (PM), 3 PNC, 71 passagers
Conséquences et dommages	Aucun

Écarts de trajectoire en courte finale, interruption de l'approche, survol des bâtiments de l'aéroport, en conditions LVP

Note : un glossaire est disponible en annexe du rapport.

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des données de l'enregistreur de maintenance QAR, des témoignages de l'équipage de conduite, des enregistrements des radiocommunications et des données radar. Les données de l'enregistreur phonique (CVR) n'ont pu être préservées.

Ayant connaissance des conditions d'opération LVP² sur l'aéroport Lyon-Saint-Exupéry, l'équipage prévoit dès le départ de Lille (59) une approche de précision CAT IIIa. L'utilisation du collimateur tête haute (HUD) par le commandant de bord est obligatoire pour ce type d'approche sur les CRJ700.

À l'arrivée, il fait nuit. La visibilité à Lyon-Saint-Exupéry est inférieure à 300 m avec du brouillard givrant.

L'avion est stabilisé sur l'ILS 35R et configuré pour l'atterrissage. À une hauteur de 1 400 ft, le PF déconnecte le pilote automatique (voir Figure 1, point ①) et suit manuellement les ordres du directeur de vol du HUD (ou « Guidance cue ») et l'avion reste stabilisé. Le PM surveille les paramètres au PFD.

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

² Procédure d'approche par faible visibilité.

Le PF indique dans son témoignage qu'à une hauteur d'environ 500 ft (voir Figure 1 point ②, environ une minute après la déconnexion du pilote automatique), l'avion est entré dans la couche nuageuse, et qu'à partir de ce moment, les ordres latéraux du « Guidance cue » ont commencé à diverger vers la gauche. Dans le même temps, le PM a arrêté de surveiller les paramètres au PFD pour manipuler la prise jack de son casque du fait de problèmes de réception radio.

À 19 h 12 min 10, à une hauteur de 320 ft, le PF applique successivement à quatre reprises des actions en roulis à gauche pour une durée totale d'environ sept secondes, avec une amplitude de plus en plus grande³ (voir Figure 1, point ③). Le roulis de l'avion atteint 11° vers la gauche.

À 19 h 12 min 14, le PF applique également un ordre à cabrer au manche⁴. L'assiette de l'avion est de 2°, en augmentation. La vitesse conventionnelle de l'avion est de 138 kt⁵, en diminution.

À 19 h 12 min 17, l'avion atteint une hauteur minimale d'environ 265 ft (voir Figure 1, point ④). Il est à gauche de l'axe (1/4 point de déviation localizer) et au-dessus du plan de descente de l'ILS (1/2 point de déviation glide).

Deux secondes plus tard, le PF positionne rapidement le manche à droite, ce qui remet les ailes à l'horizontale. L'avion a une route divergente de 20° par rapport à l'axe de piste.

Le PM précise dans son témoignage :

- que lorsque son regard est revenu sur le PFD, il a constaté que la barre verticale⁶ du directeur de vol du PFD se décalait vers la droite et l'a annoncé ;
- que le PF a répondu qu'il « corrigeait » ;
- qu'il a perçu que l'écart latéral s'amplifiait et a proposé au PF de remettre les gaz.⁷

Entre 19 h 12 min 22 et 19 h 12 min 30, l'avion continue de s'écarter à gauche de l'axe et au-dessus du plan. L'ordre à cabrer, déjà commencé, est légèrement accentué. L'assiette de l'avion, qui était de 7°, augmente pour atteindre 11° avant de diminuer progressivement. Les manettes de poussée sont avancées de quelques degrés par trois actions successives. La vitesse conventionnelle de l'avion diminue et atteint son minimum à 120 kt, soit 15 kt en-dessous de la vitesse de référence, avant d'augmenter à nouveau. La déviation latérale atteint 2 points (indicateur de déviation en butée du PFD).

À 19 h 12 min 37, soit 23 secondes après le début de l'ordre à cabrer, les manettes de poussée sont avancées une dernière fois, de 37° à 50° (cran TOGA). Le PF appuie sur le bouton TOGA ce qui active les modes « Vertical go around » et « Lateral go around⁸ » (voir Figure 1, point ⑤). L'assiette de l'avion se stabilise à 8°.

³ L'angle du manche passe de 9° pendant environ 1,5 s pour la première action à 17° pendant environ 2,5 s pour la dernière action.

⁴ Cet ordre à cabrer dure 33 s.

⁵ La vitesse de référence retenue pour cette approche est de 135 kt.

⁶ Indiquant l'ordre à suivre afin de rester aligné sur l'axe du localizer.

⁷ Les éléments disponibles pour l'enquête ne permettent pas de dater précisément ces annonces.

⁸ Heading hold.

À 19 h 12 min 41, le contrôleur demande à l'équipage s'il remet les gaz, ce que ce dernier confirme (voir Figure 1, point 6). L'avion survole le seuil de la piste parallèle (35L) à une hauteur de 420 ft avec un cap magnétique de 341°. Le contrôleur demande à l'équipage de « continuer au cap » et de monter à 5 000 ft.

Le F-GRZL survole successivement le taxiway parallèle aux pistes, un parking pour aéronefs puis passe à proximité de la tour de contrôle à une hauteur de 820 ft (voir Figure 1, point 7).

Le contrôleur demande à l'équipage « s'il a perdu les axes ». L'équipage répond qu'il a « un petit souci d'instruments » et indique qu'il a « tout récupéré ».

Une deuxième approche CAT IIIa est réalisée et se déroule sans incident.

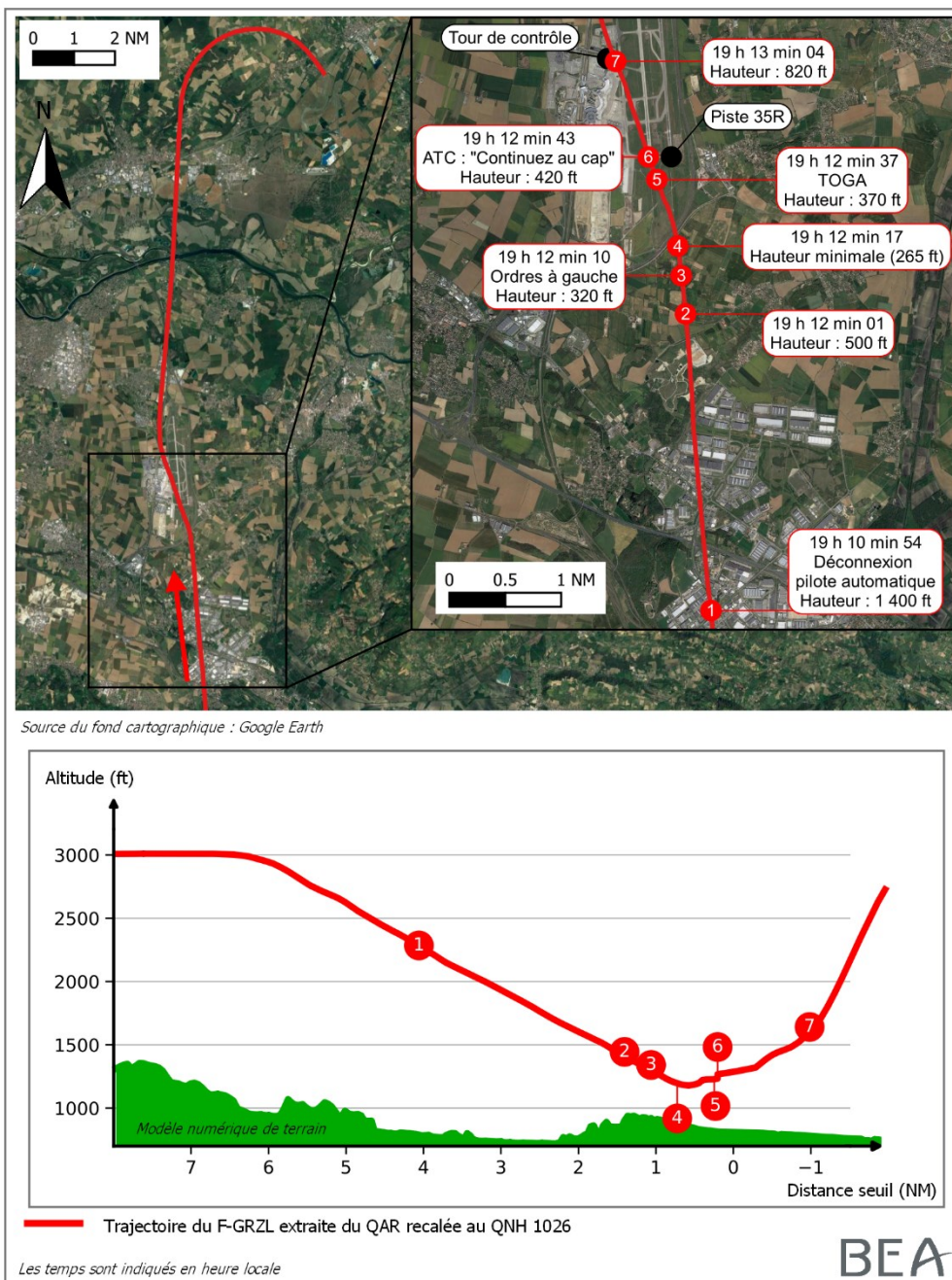


Figure 1 : Trajectoire du F-GRZL

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur les conditions météorologiques

Au moment de l'événement, l'aérodrome de Lyon-Saint-Exupéry était exploité en conditions LVP et il faisait nuit. Les conditions étaient les suivantes :

- vent moyen d'est à sud-est compris entre 2 et 5 kt ;
- visibilité entre 140 m et 300 m ;
- présence de brouillard givrant ;
- température de -1 °C ;
- point de rosée d'environ -1 °C ;
- QNH 1026 hPa.

Les portées visuelles de piste (RVR) communiquées par le contrôleur tour à l'équipage à 19 h 09 min 24 étaient de 325 m au seuil 35R, de 300 m au milieu de piste et de 400 m au seuil opposé.

2.2 Renseignements sur l'aérodrome

La trajectoire d'approche interrompue publiée dans l'AIP pour le QFU 35° indique : « Monter dans l'axe vers 5 000 ft et prévoir guidage radar ».

L'ILS 35R de Lyon-Saint-Exupéry a une fonction *d'auto-monitoring* déclenchée toutes les dix minutes qui peut permettre de détecter une anomalie de l'ILS. Il n'y a pas eu d'alerte de ce système dans les minutes qui ont précédé et suivi l'événement.

L'examen des enregistrements continus du signal du radioalignement de piste (signal localizer) au niveau du seuil de piste a permis de vérifier que le signal n'a pas été perturbé pendant l'approche du F-GRZL par un élément au sol (voiture, aéronef, ...).

Par ailleurs, le paramètre « Localizer deviation » enregistré dans le QAR pendant l'événement est cohérent avec la trajectoire⁹ de l'avion. Ce point confirme la validité du signal localizer reçu par l'avion.

2.3 Renseignements sur le système de guidage tête haute (HGS)

2.3.1 Description du collimateur tête haute (HUD)

Le système de visualisation tête haute sur le F-GRZL est le HGS modèle 4200 de Collins Aerospace¹⁰ installé sous STC.

Le système de visualisation HUD est installé en place gauche uniquement. Il est certifié¹¹ pour la réalisation d'approches de catégorie III, en mode manuel uniquement. Le CDB, assis en place gauche, se retrouve nécessairement PF pour la réalisation d'approche de catégorie IIIa¹².

⁹ La trajectoire de l'avion a été reconstituée à partir des positions enregistrées dans le QAR (voir Figure 1).

¹⁰ Sous la dénomination commerciale *Flight Dynamics' Head-Up Guidance System* (HGS®).

¹¹ Spécifications de certification « Opérations tout temps » CS-AWO 321 (b).

¹² Les informations affichées pour le pilote au HUD sont représentées schématiquement en Figure 4.

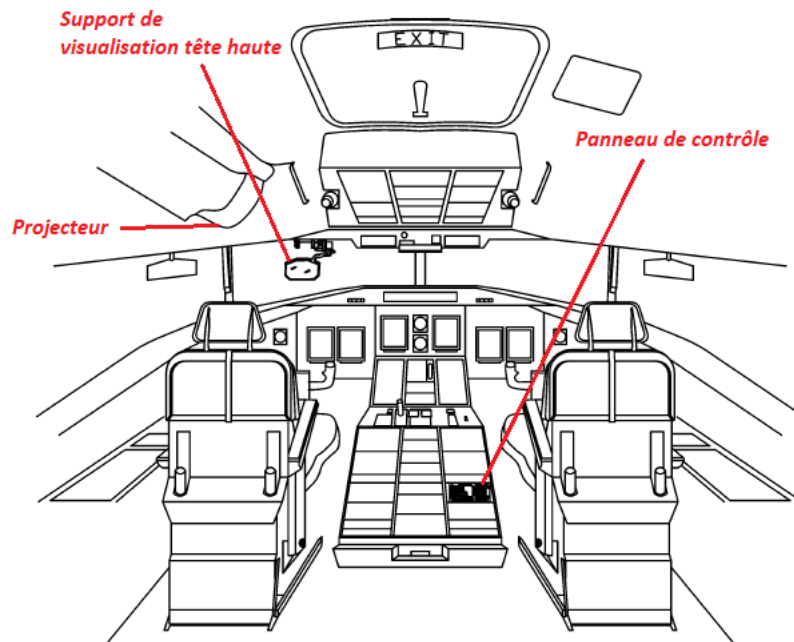


Figure 2 : Position des différentes unités du HGS dans le poste de pilotage (source : Collins Aerospace, annoté par le BEA)

2.3.2 Modes d'opération du HGS

Le HGS dispose de huit modes d'utilisation. Parmi ces modes figurent le mode primaire (PRI), utilisable par défaut dans toutes les phases du vol, et les modes d'approches AI, AII et AIII pour les approches ILS en manuel avec respectivement des minima CAT I, CAT II et CAT III. Les modes du HGS proposent un système de guidage s'appuyant soit sur le directeur de vol du FCS¹³, soit sur le directeur de vol du HGS.

Le constructeur du HUD précise que le HGS :

- utilise les mêmes sources d'informations (issues des capteurs de l'avion) que le FCS pour calculer les ordres de guidage lors de l'approche ;
- fournit un guidage permettant au pilote de contrôler plus précisément l'avion, afin de répondre aux exigences de performance pour les approches CAT III réalisées en manuel.

Le panneau de contrôle est accessible par les deux pilotes et permet de :

- visualiser le mode actif (ligne « ACT ») et le mode armé (ligne « STBY ») ;
- sélectionner un mode ;
- saisir des informations requises pour l'approche (pente de l'approche « G/S », longueur et altitude de la piste « RWY »).

¹³ Le FCS (*Flight Control System*) fait partie de l'avion (par opposition au HGS qui est sous STC). Seul le directeur de vol du FCS est affiché sur les PFD.

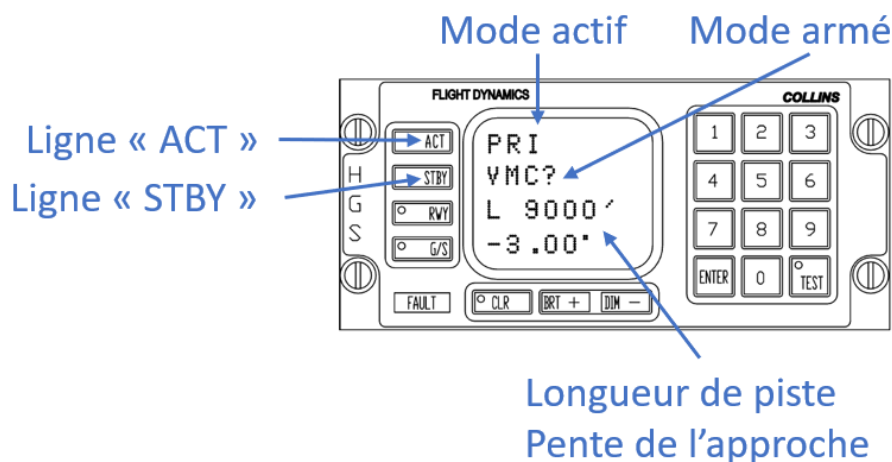


Figure 3 : Exemple d'affichage du panneau de contrôle
(source : Collins Aerospace annoté par le BEA)

Un appui sur le bouton « ACT » permet de sélectionner le mode PRI ; c'est le seul mode qui peut être sélectionné de cette manière.

Le bouton « STBY » permet de choisir le mode armé.

Lorsque les conditions d'activation du mode armé sont réunies, le mode armé devient le mode actif et celui-ci est affiché sur la ligne « ACT ». Le mode « PRI » est alors automatiquement affiché sur la ligne « STBY ».

Les modes actifs et armés sont également affichés au HUD et sur les deux PFD.

2.3.3 Le mode AIII

Plusieurs conditions doivent être réunies pour armer le mode AIII. Lorsque le mode AIII est sélectionné sur la ligne STBY avant que les conditions nécessaires à son armement soient réunies, le mode **AIII** est affiché en couleur jaune sur le PFD. « AIII » n'est pas affiché au HUD tant que toutes les conditions pour son armement ne sont pas satisfaites.

Les conditions suivantes sont nécessaires pour armer le mode AIII :

- l'altitude de la piste a été saisie au panneau de contrôle du HUD ;
- l'angle de descente de l'approche a été saisi au panneau de contrôle du HUD ;
- les IRS 1 et 2 sont en mode NAV ;
- tous les sélecteurs (ATT HDG, AIR DATA, EICAS, DISP CONT, MFD) sont en position « NORM » ;
- le HGS ne détecte pas de faute interne ;
- les récepteurs de navigation VHF 1 et 2 sont réglés sur la même fréquence du localizer ;
- l'altitude AGL est supérieure à 800 ft ;
- les modes armés du FCS sont localizer (LOC) et glideslope (GS).

Une fois ces conditions réunies, le mode **AIII** armé est affiché en blanc sur le PFD et « AIII » est affiché en tant que mode armé au HUD.

Une fois les modes LOC et GS sont activés, le mode **AIII** devient le mode actif et est affiché en vert sur le PFD. Dans ce cas, « AIII » est affiché en tant que mode actif au HUD.

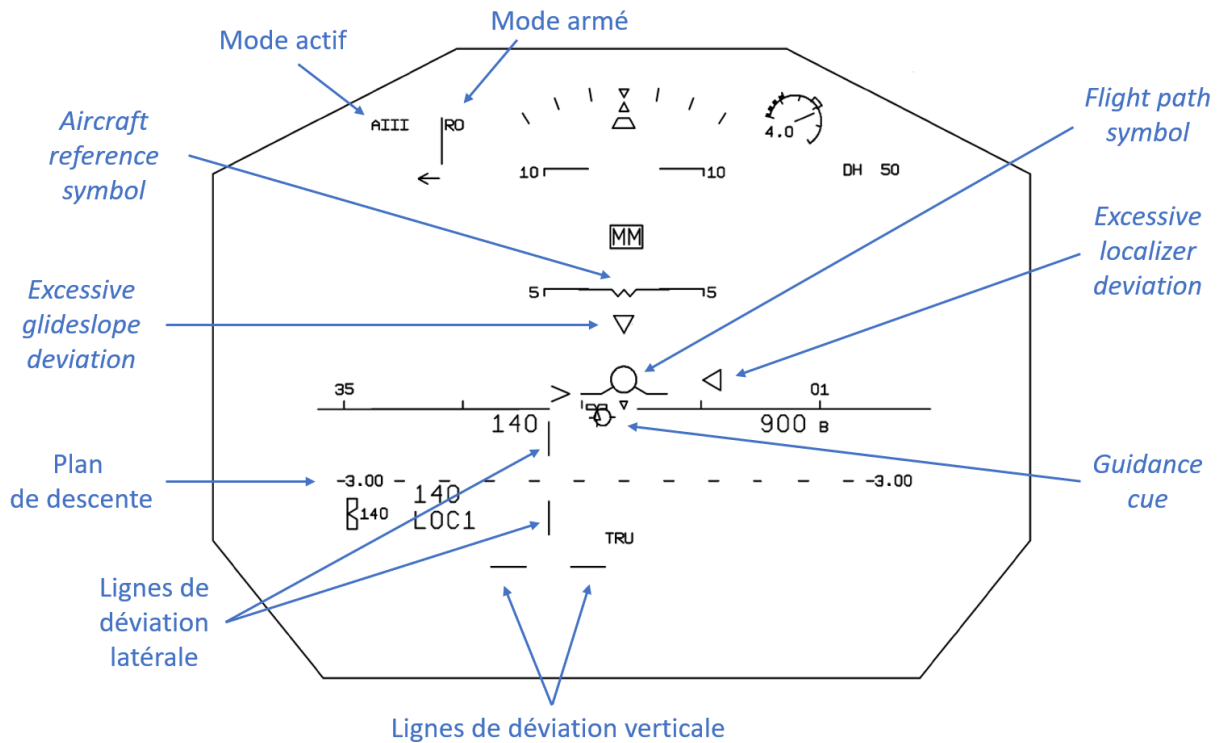


Figure 4 : Symbologie HUD pour le mode AIII (source : Collins Aerospace, annoté par le BEA)

Afin de suivre la trajectoire calculée par le HGS, le PF manœuvre afin de placer le « Flight path symbol » (matérialisant sa trajectoire) sur le « Guidance cue » (directeur de vol du HGS).

Une ligne en pointillés représentant le plan de descente (sélectionné au panneau de contrôle, à -3° sur l'exemple de la Figure 5) est affichée au HUD. En dessous d'une hauteur de 300 ft, les lignes représentant la « piste synthétique » apparaissent sur le HUD. Il n'y a pas de piste synthétique sur les PFD.

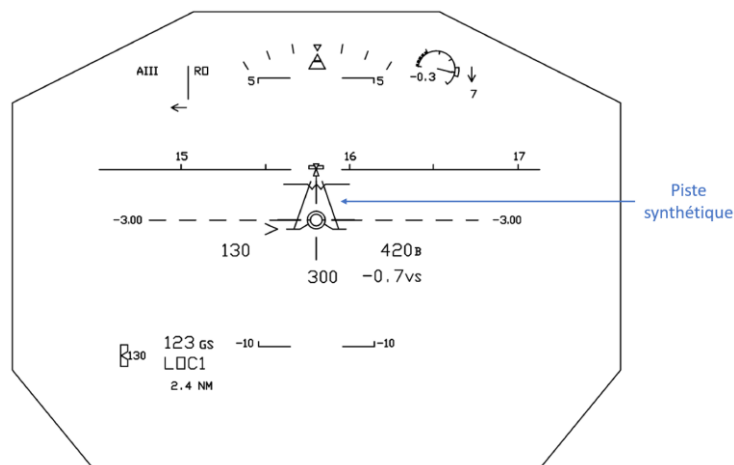


Figure 5 : Apparition de la piste synthétique à 300 ft (source : Collins Aerospace, annoté par le BEA)

Les indications de déviation pour l'approche ILS sont représentées sous la forme de « lignes de déviation » latérales et verticales. En cas de déviation latérale excessive, un indicateur « Excessive localizer deviation » apparaît à côté du « Flight path symbol » sous la forme d'un triangle pointant

vers la droite ou vers la gauche pour indiquer le sens de correction de la trajectoire (voir *Figure 4*). Le HGS inclut une fonction de surveillance de l'approche qui permet de détecter une défaillance du système HGS, un problème de configuration ou de données ou une perte de capacité AIII. En dessous d'une hauteur de 500 ft, une alarme *Approach warning* peut être déclenchée en cas d'approche hors tolérances. Dans ce cas, le message « APCH WARN » est affiché au HUD. Le même message **APCH WARN** est affiché en rouge sur le PFD.

2.3.4 Comparaison du mode AIII avec les autres modes d'approche

Les informations affichées au HUD (voir *Figure 4*) sont similaires pour les modes AIII, AII et AI.

L'apparition de la piste synthétique à 300 ft est spécifique au mode AIII. Elle n'est pas prévue pour les modes AII et AI (ni pour aucun autre mode).

Le message « APCH WARN » n'apparaît que dans les modes AIII et AII. Il n'est pas prévu pour le mode AI (ni pour aucun autre mode).

Les conditions d'armement sont identiques à tous les modes d'approche AIII, AII et AI. Le guidage proposé par le HGS est le même quel que soit le mode d'approche utilisé.

2.3.5 Données extraites de l'enregistreur de paramètres

Les données du directeur de vol du FCS (barres de directeur de vol affichées au PFD) ne sont pas enregistrées.

Seuls deux paramètres en lien avec le HUD sont enregistrés dans le QAR :

- *HUD Fault* ;
- *Approach warning*.

L'analyse de ces paramètres montre qu'aucune défaillance du HUD ni d'alarme *Approach warning* n'a été enregistrée au cours de l'événement.

Le constructeur du HUD indique qu'en mode AIII ou en mode AII, l'alarme *Approach warning* aurait dû se déclencher pendant au moins 20 secondes à partir de 19 h 12 min 18. À partir de cet instant, la déviation latérale était supérieure à 0,3 point et dépassait le seuil de tolérance de la surveillance réalisée par le HGS. Par conséquent, il est très probable que le mode actif du HGS pendant l'approche n'était ni AIII ni AII.

2.3.6 Procédure d'utilisation définie par l'exploitant

Le manuel d'exploitation de l'exploitant précise que les approches CAT IIIa doivent obligatoirement être conduites en pilotage manuel en utilisant le HUD.

Le manuel d'exploitation précise que le test du radio-altimètre (RA) doit être effectué avant le réglage du panneau de contrôle. Si le test est effectué alors que le mode AIII a déjà été sélectionné, ce dernier mode est désélectionné. L'équipage doit s'assurer que le mode AIII a correctement été sélectionné après le test RA.

Avant la descente :

- le CDB doit déployer et régler le HUD ;
- le copilote doit, dans le panneau de contrôle, insérer l'angle de descente (G/S), l'altitude du seuil de piste, la longueur de piste et sélectionner le mode AIII ;
- le CDB doit vérifier ces réglages.

Au cap d'interception de l'ILS, le CDB doit annoncer « MODE APP AFFICHE, LOC BLANC, GLIDE BLANC, AIII BLANC ». Le copilote doit vérifier et répondre « VÉRIFIÉ ».

À la capture du glide, le CDB doit annoncer « GLIDE VERT, AIII VERT ». Le copilote doit vérifier et répondre « VÉRIFIÉ ».

À une hauteur de 1 000 ft, si les critères de stabilisation sont remplis, le copilote doit annoncer « 1 000 FT AIII AP OFF ». Le CDB doit alors répondre « ON POURSUIT ».

À l'apparition de la piste synthétique à 300 ft, le CDB doit annoncer « PISTE SYNTHETIQUE ».

L'exploitant recommande aux pilotes de faire une approche CAT III par mois. Les pilotes doivent obligatoirement faire deux approches CAT III entre deux contrôles de compétences.

2.3.7 Remise de gaz en CAT IIIa

Lors d'une approche interrompue, le CDB doit positionner les manettes de poussée en position TOGA et appuyer sur un des boutons d'enclenchement du mode TOGA (situés sur la manette de gaz). L'enclenchement de ce mode génère une commande de « tenue de cap », signifiant que la cible de cap devient le cap courant.

L'enclenchement du mode TOGA change également le mode de pilotage du HGS, qui passe du mode AIII au mode PRI. Le pilote utilise l'« Aircraft reference symbol » du HUD pour la prise d'assiette. Une fois la remise de gaz débutée, le PF doit revenir tête basse et utiliser le PFD pour poursuivre la procédure.

2.4 Renseignements sur l'équipage

2.4.1 Commandant de bord (CDB)

Le CDB, âgé de 55 ans, est titulaire d'une licence ATPL (A) depuis 2004 et d'une qualification de type CL65 (CRJ700). Son expérience récente sur CRJ700 (en heures de vol au matin du jour de l'incident) est résumée dans le tableau ci-après :

Dernières 24 heures	Dernière semaine	Dernier mois	Dernière année
3 h 30	13 h 51	42 h 21	486 h

Il occupe la fonction de CDB depuis le 26 mars 2019.

Il indique avoir sorti le HUD en « grande vent arrière ». À partir de 1000 ft, il précise être resté concentré sur le HUD et les « deux ronds »¹⁴. Au moment de rentrer dans la couche à une hauteur de 500 ft, le « Guidance cue » du HUD s'est décalé de manière non rapide sur la gauche. Il indique qu'il a suivi le « Guidance cue ». Il précise avoir trouvé cela « bizarre » et s'être demandé pourquoi le « Guidance cue » se décalait vers la gauche.

Le copilote lui a alors indiqué « tu pars à gauche ». Il lui a répondu qu'il « savait » et qu'il « maîtrisait ». Après quelques secondes, le CDB a constaté que l'approche ne se déroulait pas de façon nominale, ce que lui a confirmé le copilote. Le CDB a remis les gaz. Il indique avoir débuté sa remise de gaz au HUD pour prendre l'assiette de montée, et l'a poursuivie au PFD. Le suivi du cap était effectué en manuel et il n'a pas cherché à reprendre l'axe de piste.

Le CDB n'a pas vu l'indication *Approach warning* s'afficher au HUD pendant l'événement. Il ne se souvient pas avoir vu la piste synthétique s'afficher sur le HUD. Il estime ainsi qu'il a dû débiter la remise de gaz juste avant son apparition.

Il précise que la deuxième approche réalisée au HUD s'est déroulée dans des conditions météorologiques identiques, sans incident particulier.

Le pilote indique qu'avant l'incident, il n'avait jamais réalisé d'approche ILS CAT IIIa au HUD en conditions LVP réelles. En simulateur, ce type d'approche est réalisé tous les six mois.

2.4.2 Copilote

Le copilote, âgé de 43 ans, est titulaire d'une licence ATPL(A) depuis 2010 et d'une qualification de type CL65. Son expérience récente sur CRJ700 (en heures de vol au matin du jour de l'incident) est résumée dans le tableau qui suit :

Dernières 24 heures	Dernière semaine	Dernier mois	Dernière année
0 h	16 h 43	44 h 22	496 h 34

Au cours des approches CAT IIIa qu'il avait effectuées auparavant, il a toujours observé que les « aiguilles » étaient centrées et n'a notamment jamais constaté d'écart de trajectoire.

Il indique avoir eu des problèmes de son au casque passant les 1 000 ft. Il a quitté des yeux le PFD à une hauteur estimée à 500 ft pour manipuler la prise jack de son casque. Lorsque son regard est revenu sur le PFD, à une hauteur d'environ 400 ft selon lui, il a aperçu un petit écart. Il indique qu'il n'en avait jamais vu. Il a pensé initialement que les données de l'ILS affichées étaient erronées. Il a vu que la « barre du [directeur de vol du] PFD » se décalait vers la droite. Il a alors tourné son regard vers le CDB et indique que ce dernier avait vu l'écart et lui a dit qu'il « corrigeait ». Il pensait que l'écart allait être corrigé et que l'avion allait revenir sur la droite, mais l'écart s'est amplifié. Alors que le copilote constatait que l'avion se rapprochait de 300 ft de hauteur, il a proposé au CDB de remettre les gaz. Ce dernier lui a indiqué qu'il « avait raison ». Il précise que la remise de gaz était « assez souple ». Il a constaté qu'ils ne partaient pas « droit ». À la fin de la remise de gaz, il a noté que la barre du PFD clignotait en butée à droite.

¹⁴ « Flight path symbol » et « Guidance cue ».

Le copilote précise qu'il n'y a pas eu d'*Approach warning*, ni d'appel « piste synthétique » de la part du commandant de bord.

2.5 Retours d'expérience et études sur l'utilisation du HUD

2.5.1 Dysfonctionnement en service

Aucun dysfonctionnement du HUD similaire à celui relaté par le CDB du F-GRZL lors du vol de l'incident n'a été rapporté au constructeur du HUD sur la période allant de mars 2019 à février 2020. Cette période couvre environ 220 000 heures de fonctionnement du HUD (dont environ 26 000 sur CRJ700).

2.5.2 Événements similaires

L'examen de la base de données européenne a permis d'identifier sur la période 2004-2020 environ 400 comptes-rendus d'incidents notifiés par des exploitants en lien avec le HUD. Les dysfonctionnements liés à la validité de l'information présentée au HUD sont peu nombreux sur les aéronefs de type CRJ. Parmi ce type d'événements reportés¹⁵ par les équipages, on peut citer :

- une déviation en courte finale du « Flight path symbol » lors d'une approche CAT III (en 2006) ; le PM a annoncé un écart LOC et l'alarme *Approach warning* s'est déclenchée, conduisant l'équipage à remettre les gaz ;
- des décalages dans l'affichage de la piste synthétique (en 2009 et 2016),
- une dérive vers la droite de l'axe lors d'une approche CAT III (en 2011), alors que le « Flight path symbol » et le « Guidance cue » étaient alignés (il est possible que cette dérive s'explique par l'utilisation d'une référence de cap vrai au lieu de cap magnétique),
- l'affichage d'un symbole « Left Excessive Localizer Deviation » à 900 ft lors d'une approche CAT III (en 2015), alors que le « Guidance cue » était resté au centre du « Flight path symbol » (l'origine de ce problème n'a pas été identifiée).

2.5.3 Impact cognitif de l'utilisation du HUD

Plusieurs articles scientifiques ont spécifiquement traité de l'impact cognitif de l'utilisation du HUD dans les activités de pilotage. Crawford & Neal (2006) en ont réalisé une synthèse dans « *A review of the perceptual and cognitive issues with the use of Head-Up Displays in commercial aviation* ». Les auteurs ont détaillé plusieurs problèmes possibles liés à l'utilisation du HUD, dont quelques-uns sont présentés ci-dessous.

Problèmes liés à l'attention

Les études suggèrent que les pilotes ne sont pas attentifs en même temps aux symboles du HUD et au monde extérieur mais qu'ils alternent leur attention entre les éléments du HUD et les éléments extérieurs. Il est suggéré que le HUD peut agir comme un piège de l'attention et que la capacité à se concentrer sur les symboles est plus importante que la capacité à se concentrer sur le monde extérieur.

Problèmes liés à la détection d'événements anticipés et non anticipés

Les études montrent que le HUD peut engendrer des difficultés à détecter des événements inattendus à l'extérieur (comme une incursion sur piste par exemple). La focalisation sur la symbologie du HUD peut être excessive et entraîner une cécité d'inattention. On parle alors de tunnelisation de l'attention.

¹⁵ Ces événements n'ont pas fait l'objet d'une enquête de sécurité par un organisme d'enquête.

Problèmes liés à la charge de travail

Une charge de travail élevée peut accentuer le phénomène de « tunnelisation de l'attention » sans que les pilotes en soient conscients. Les pilotes pensent qu'ils voient « tout » car toute l'information leur est présentée dans leur champ visuel, alors qu'en réalité ils ne peuvent être attentifs à tout et ne traitent pas toute l'information.

Dans l'étude [Symbologie des collimateurs tête haute \(HUD\)](#) du Département de Commande des Systèmes et Dynamique du vol de l'ONERA réalisée en 2002, un commandant de bord de Brit'Air, par ailleurs instructeur et ancien pilote sur Mirage III et 2000, a été interrogé sur les possibles pièges liés à l'utilisation du HUD. Celui-ci a notamment rapporté les éléments suivants :

- une précision excessive dans le suivi du directeur de vol qui peut se révéler fatigante ;
- une focalisation excessive sur le HUD au détriment de vérifications croisées ou d'une conscience de la situation plus générale.

L'étude pointe également les difficultés possibles de transition lors d'une remise de gaz. Cette manœuvre impose en effet un changement de pilotage, passant d'un pilotage de la trajectoire à celui d'une assiette. L'étude pointe le manque d'indications pour inciter le pilote à utiliser la référence d'assiette à la place de la référence de trajectoire.

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

Le jour de l'incident, les procédures LVP étaient en vigueur à l'aéroport Lyon-Saint-Exupéry du fait de la présence d'un brouillard givrant jusqu'au sol. Dans ce contexte, l'équipage du F-GRZL a réalisé une approche ILS CAT IIIa pour la piste 35R. L'utilisation du HUD par le CDB est obligatoire pour ce type d'approche sur les CRJ700.

Les procédures standards sur CRJ700 prévoient que l'équipage doit, avant la descente, paramétrer le HGS et pré-armer le mode AIII spécifiquement prévu pour conduire une approche ILS CAT IIIa en manuel. L'enquête a permis de démontrer qu'un mode différent était très probablement actif durant l'approche, sans qu'il soit possible d'en déterminer la cause précise. L'utilisation d'un mode différent de AIII n'a pas nécessairement dégradé la qualité du guidage, mais a privé l'équipage d'informations importantes pour la conduite d'une approche CAT IIIa (notamment l'alarme *Approach warning* en cas de déviation et la matérialisation de la piste synthétique).

À une hauteur d'environ 500 ft, alors que l'avion stabilisé sur l'ILS 35R est entré dans la couche nuageuse, le CDB a constaté que le directeur de vol du HGS indiquait des ordres latéraux vers la gauche. L'enquête n'a pas permis de déterminer les raisons qui auraient conduit le directeur de vol à indiquer de virer à gauche alors que l'avion était stable sur la trajectoire d'approche et que le signal localizer reçu par l'avion était correct.

Le CDB a mis l'avion en virage à gauche, probablement sans identifier la déviation LOC. L'avion s'est alors écarté de l'axe de piste. Le CDB a débuté un ordre à cabrer qui a duré une trentaine de secondes, conduisant l'avion à passer au-dessus du plan.

Le copilote était occupé à régler un problème de réception radio sur son casque. Lorsqu'il a repris la surveillance des paramètres au PFD, il a constaté des écarts et les a annoncés au CDB. Ce dernier a indiqué au copilote qu'il les corrigeait.

L'avion est revenu les ailes à l'horizontale et a continué à diverger de 20° par rapport à l'axe de piste. Constatant sur le PFD que les écarts s'amplifiaient, le copilote a suggéré au CDB de remettre les gaz.

L'interruption lente et progressive de l'approche, qui n'a pas suivi la dynamique classique d'une remise de gaz, a contribué à ce que l'avion perde de la hauteur et se retrouve à une vitesse inférieure de 15 kt à la vitesse de référence. Le caractère lent et progressif de l'interruption de l'approche peut s'expliquer par :

- la période de flottement de l'équipage en courte finale, liée à la focalisation de l'attention du CDB sur les symboles du HUD pour l'alignement du « Flight path symbol » sur le « Guidance cue », et à la reprise tardive de la surveillance de l'approche par le copilote, et
- l'absence du message d'alarme *Approach warning* du fait de l'utilisation d'un mode HGS différent de AIII, alors que les conditions étaient réunies pour son déclenchement. Les équipages sont en effet habitués à débiter des remises de gaz dès l'apparition de ce message.

L'avion a alors survolé les bâtiments de l'aérodrome à une altitude inhabituellement faible, mais suffisamment élevée pour s'affranchir de tout risque de collision avec des obstacles.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la conduite de l'approche dans un mode différent de AIII :

- une utilisation inadéquate du panneau de contrôle par l'équipage, qui a pu engendrer :
 - o soit une sélection erronée du mode de pilotage depuis le panneau de contrôle au début de la descente,
 - o soit une désélection du mode AIII liée à la réalisation du test RA après avoir initialement pré-armé le mode AIII,
- le fait que les conditions d'armement du mode AIII ne soient pas réunies, ce qui aurait eu pour conséquence que ce mode, même correctement sélectionné, ne s'arme pas ;
- une vérification inadéquate des paramètres de l'approche sur les PFD et le HUD, notamment lors des appels prévus par les procédures standards, qui n'a pas permis à l'équipage de détecter que le mode AIII n'était pas le mode actif.

Ont pu contribuer aux écarts de trajectoire et à la déstabilisation de l'approche :

- des corrections répétées et d'amplitude croissante lors du suivi de la trajectoire indiquée par le directeur de vol du HGS par le CDB, dans un contexte d'exécution de sa première approche ILS CAT IIIa au HUD sans visibilité en vol ;
- à la focalisation de l'attention du CDB sur les symboles du HUD pour l'alignement du « Flight path symbol » sur le « Guidance cue » au détriment du suivi de l'indication de déviation LOC ;
- une surveillance partielle de la trajectoire en courte finale par le copilote, dont l'attention a été détournée pour corriger un problème de réception radio sur son casque.

Bien que les dysfonctionnements en service de ce type soient très rares, il n'a pas été possible d'exclure la possibilité d'un comportement erratique du directeur de vol du HGS lors de l'approche.

ANNEXE 1 : GLOSSAIRE

Acronymes	Version Anglaise	Version Française
AGL	Above Ground Level	Au-dessus du niveau du sol
AIP	Aeronautical Information Publication	Publication d'information aéronautique
ATPL	Airlines Transport Pilot Licence	Licence de Pilote de ligne
CDB	Captain	Commandant de bord
CVR	Cockpit Voice recorder	Enregistreur phonique
FCS	Flight Control System	Système des commandes de vol
HGS	Head-up Guidance System	Système de guidage tête haute
HUD	Head-up Display	Collimateur tête haute
ILS	Instrument Landing System	Système d'atterrissage aux instruments
IRS	Inertial Reference System	Centrale à inertie
LVP	Low Visibility Procedure	Procédure de faible visibilité
PF	Pilot Flying	Pilote aux commandes
PFD	Primary Flight Display	Écran de vol primaire
PNC	Cabin crew	Personnel navigant commercial
PM	Pilot Monitoring	
QFU	Magnetic orientation of runway	Orientation magnétique de la piste
QNH	Altimeter sub-scale setting to obtain elevation when on ground	Calage altimétrique requis pour lire une altitude
RA	Radio-Altimeter	Radio-altimètre
RVR	Runway Visual Range	Portée visuelle de piste
STC	Supplemental Type Certificate	Certificat de type supplémentaire
TOGA	Take-Off Go-Around	Décollage / Remise des gaz
UTC	Universal Time Coordinated	Temps universel coordonné

Les enquêtes du BEA ont pour unique objectif l'amélioration de la sécurité aérienne et ne visent nullement à la détermination de fautes ou responsabilités.