BEA
Bureau d'Enquêtes et d'Analyses
pour la sécurité de l'aviation civile
www.bea.aero
@BEA_Aero

RAPPORT D'ENQUÊTE

Incident de l'avion AIRBUS - A318 - 100 immatriculé F-GUGM et exploité par Air France

survenu le 12 septembre 2020
à Paris-Orly (94)

Heure	Vers 15 h 50[1]
Exploitant	Air France
Nature du vol	Transport commercial de passagers
Personne à bord	Commandant de bord (PF), copilote[2] (PM), 3 membres d'équipage de cabine, 81 passagers
Conséquences et dommages	Aucun

Erratum : Des modifications ont été apportées pages 2 et 6 (§ 2.3.2 Guidage radar en approche). La présente version, texte officiel de référence, annule et remplace la précédente (Février 2022).

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

[2] Au sein d'Air France, un copilote est désigné par Officier pilote de ligne (OPL).

Approche non stabilisée, déclenchement des alarmes MSAW et *Glide Slope*

1 - DÉROULEMENT DU VOL

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

L'Airbus A318, assurant le vol Air France entre les aéroports Biarritz-Bayonne-Anglet (64) et Paris-Orly (94), est en descente vers le FL 110, en route vers le point ODILO en vue d'une approche ILS pour la piste 25. L'équipage n'a pas identifié de menace particulière[3] lors du briefing. Il est en contact avec le contrôleur INI de l'approche de Paris-Orly.

[3] Notamment celle liée à sa faible expérience récente, détaillée au §2.4.

Vers le FL 112 (point ❶ de la Figure 1), le contrôleur demande à l'équipage s'il est intéressé par une trajectoire raccourcie. Le copilote (PM) répond par l'affirmative. Le contrôleur demande alors à l'équipage de prendre un cap direct vers le VOR CLM et de descendre à 3 000 ft QNH. Au point ❶ de la Figure 1, le pilote automatique, AP1, est engagé en mode DES / NAV. La vitesse indiquée de 250 kt est sélectionnée.

Vers le FL 110, le mode de guidage vertical OPEN DES est engagé, puis à partir du FL 100, l'équipage utilise les aérofreins.

Vers 8 700 ft (point ❷ de la Figure 1), le contrôleur indique à l'équipage de prévoir un circuit court « *si cela les intéresse* » et de rappeler prêt pour l'étape de base, d'ici une minute environ. Une trentaine de secondes plus tard (point ❸ de la Figure 1), le PM annonce qu'ils sont prêts à virer et le contrôleur lui donne un premier cap d'interception, orienté nord. Puis sur demande du PM, (point ❹ de la Figure 1), le contrôleur donne un second cap au 290°. Le mode de guidage latéral de l'avion est alors HDG. L'équipage est autorisé à l'approche ILS pour la piste 25. L'altitude de l'avion est de 5 900 ft et la vitesse indiquée de 247 kt. Le mode approche APP et l'AP2 sont alors engagés. L'auto-poussée (A/THR) est en mode SPEED.

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

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.

À 4 900 ft, le mode de guidage latéral LOC*[4] s'engage, l'avion est environ 2 points au-dessus du plan de descente nominal (Glide). La vitesse verticale de l'avion est de l'ordre de 2 200 ft/min en descente. Les aérofreins sont rentrés.

[4] Le mode LOC* s'engage lorsque l'avion est en phase de capture du faisceau du Localizer.

À 3 500 ft (9,1 NM du seuil de la piste 25), l'avion est à environ 600 ft au-dessus du glide à une vitesse de 249 kt, le contrôleur demande à l'équipage de contacter la fréquence tour (position LOC) de l'aéroport Paris-Orly avec une « *vitesse libre* » (point ❺ de la Figure 1). Dans le même temps, alors que l'équipage souhaite poursuivre la descente vers le Glide, le mode de guidage vertical ALT* s'engage l'altitude sélectionnée étant de 3 000 ft. Le régime N1 des moteurs augmente de 27 à 40 %. La vitesse verticale de l'avion diminue vers -1 500 ft/min. L'avion est environ 1 point au-dessus du Glide. Les aérofreins sont sortis à demi-déflection. L'équipage désengage les deux AP et sélectionne une vitesse verticale de -3 000 ft/min puis une altitude de 3 600 ft. Le mode de guidage vertical V/S s'engage, puis passe rapidement en mode G/S*. L'équipage sélectionne alors l'altitude de 2 000 ft qui correspond à l'altitude de la procédure d'approche interrompue. Le régime N1 des moteurs varie entre 30 et 40 %. La vitesse verticale de l'avion se stabilise vers -1 600 ft/min.

À 2 700 ft (7,4 NM du seuil de la piste 25), le mode de guidage latéral LOC s'engage. L'avion est en configuration lisse, et la vitesse indiquée de 250 kt. L'équipage passe la vitesse en mode « *managed* ». La vitesse cible diminue alors vers la vitesse « *green dot* » et le régime N1 des moteurs décroit vers 23 %. Les deux AP sont réengagés. Les aérofreins sont alors rentrés puis armés. Peu avant le passage en mode GS, la vitesse verticale de l'avion est de l'ordre de -2 200 ft/min et la vitesse indiquée est de 250 kt.

À 2 287 ft, soit 2 000 ft au-dessus du niveau de l'aérodrome (AAL), à 6 NM du seuil de la piste 25, l'avion est établi sur le Localizer et le Glide, et l'A/THR est en mode SPEED. L'avion est en configuration lisse[5], la vitesse indiquée 253 kt et la vitesse verticale de -1 500 ft/min. Les deux AP sont désengagés. Une action à cabrer est enregistrée sur le mini-manche du CDB (PF). La vitesse conventionnelle diminue vers 237 kt et la déviation Glide augmente jusqu'à +0,8 point. Les trains d'atterrissage sont sortis[6]. L'avion est à 5,5 NM du seuil de piste 25 (point ❻ de la Figure 1). La configuration 1 est ensuite sélectionnée[7] (point ❼ de la Figure 1). Le PF, qui a la piste en vue, effectue une action à piquer et la vitesse verticale augmente jusqu'à -2 750 ft/min. La déviation Glide enregistrée diminue jusqu'à -1,6 points.

[5] À 2 000 ft AAL au plus tard, les SOP prévoient que la configuration 2 soit commandée.

[6] Vitesse maximale d'ouverture et de fermeture du train d'atterrissage (VLO) : 250 kt.

[7] Vitesse maximale pour la manœuvre et l'utilisation des dispositifs hypersustentateurs (VFE) configuration 1 : 230 kt.

À 1 287 ft, soit 1 000 ft AAL, à 3,7 NM du seuil de piste 25, l'avion est en configuration 1, établi sur le Localizer, 1,48 points au-dessous du Glide. La vitesse verticale est de -1 328 ft/min.

La vitesse indiquée est de 204 kt soit VAPP[8]+78 kt et le régime moteur N1 proche du ralenti à 28 %.

[8] Vitesse d'approche finale quand les trains d'atterrissage sont sortis et les becs/volets sont en configuration atterrissage.

À l'altitude de 1 250 ft, soit environ 960 ft AAL, à 3,6NM du seuil de la piste 25, une modification de la VAPP de 123 kt à 126 kt est enregistrée en raison de la modification par le PM de la configuration atterrissage de « *flaps full* » en « *flaps 3* » dans la page PERF APPROACH du système de gestion du vol (FMS). Au même moment, l'alerte Glideslope de l'avertisseur de proximité du sol (GPWS) s'active à bord et une alerte du système sol d'avertissement de proximité du relief (MSAW)[9] se déclenche dans la tour de contrôle. Le contrôleur LOC annonce à l'équipage « *Alerte terrain, vérifiez votre altitude immédiatement* » (point ❽ de la Figure 1). Le PM répond « *On maintient l'altitude* ». Le PF commande alors une action à cabrer sur le mini-manche, l'assiette de l'avion passe de -2,7° à +7°, et l'avion revient sur le Glide.

[9] Ce système fournit une alarme au contrôleur en cas de rapprochement potentiellement dangereux entre un aéronef et le relief. Cette alarme est indépendante de l'alerte Glideslope du GPWS.

À 1 225 ft, environ 940 ft AAL, à 3,2 NM du seuil de la piste 25, le PM sélectionne la configuration CONF 2. Il est alors en communication avec le contrôleur LOC qui lui demande « *confirmez, vous êtes sur le Glide ?* » (Point ❾ de la Figure 1). Il lui répond par l'affirmative. Neuf secondes plus tard, à 1 185 ft, environ 900 ft AAL, il sélectionne la configuration 3[10]. La vitesse indiquée est de 172 kt soit VAPP+46 kt (point ❿ de la Figure 1).

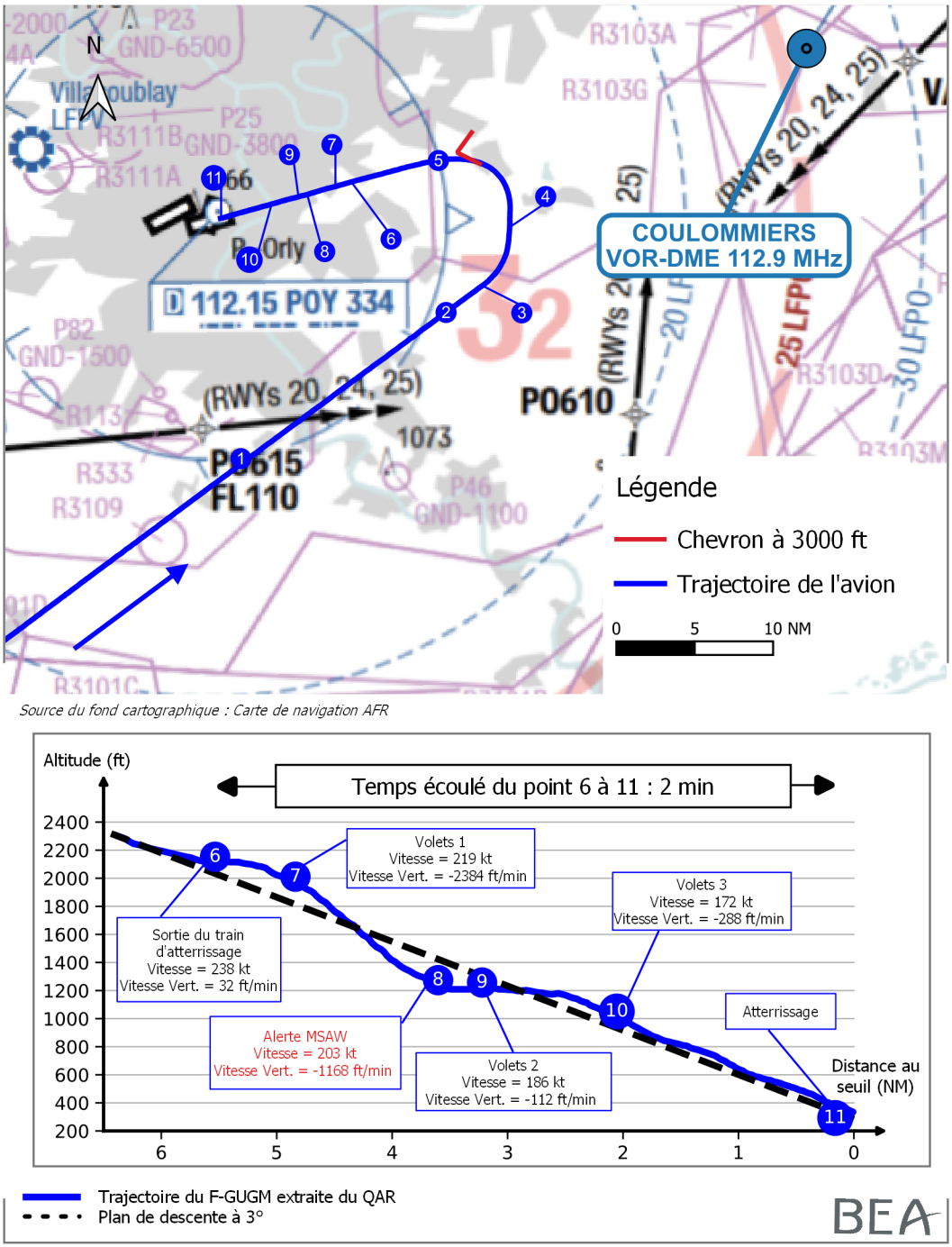
[10] VFE configuration 3 : 185 kt.

À 787 ft, soit 500 ft AAL, altitude plancher de stabilisation, l'avion est établi sur le Localizer et le Glide, en configuration atterrissage (configuration 3). La vitesse indiquée est de VAPP+26, (152 kt), la vitesse verticale de 624 ft/min et le régime N1 des moteurs est proche du ralenti à 27 %[11][12].

[11] Le Manuel d'exploitation des équipages (FCOM) du constructeur définit la poussée stabilisée comme au-dessus du ralenti.

[12] Ces conditions ont dépassé les seuils de détection d'approche non stabilisée de l'exploitant.

La vitesse indiquée atteint la VAPP 180 m après le passage du seuil de piste, à une hauteur de 10 ft. Les commandes de poussée sont passées dans le cran IDLE à 6 ft. L'avion atterrit sur la piste à 380 m du seuil à une vitesse indiquée de 123 kt (point ⓫ de la Figure 1).



Source du fond cartographique : Carte de navigation AFR

Figure 1 : Trajectoire du F-GUGM

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

Les paragraphes suivants détaillent les informations sur :

- ❒ L'aéroport, le service de contrôle et l'équipage (§2.1, 2.2, 2.3, 2.4).
- ❒ La réalisation des approches chez l'exploitant, la détection des approches non stabilisées et le lien avec la formation continue des équipages (§2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9).
- ❒ Les publications récentes et les mesures prises (§2.10).

2.1 Renseignements sur l'aéroport

L'aéroport Paris-Orly est une des bases opérationnelles de l'exploitant. La piste 25 a une longueur de 3 320 m et une largeur de 45 m. Les équipages A320 d'Air France réalisent régulièrement l'approche ILS en piste 25.

Lorsque le trafic le permet, pour des raisons environnementales, le dernier palier est effectué à 4 000 ft. L'altitude de 3 000 ft est néanmoins couramment utilisée. Celle de 2 000 ft peut l'être exceptionnellement.

L'aéroport est équipé du système MSAW depuis le 1er mars 2001.

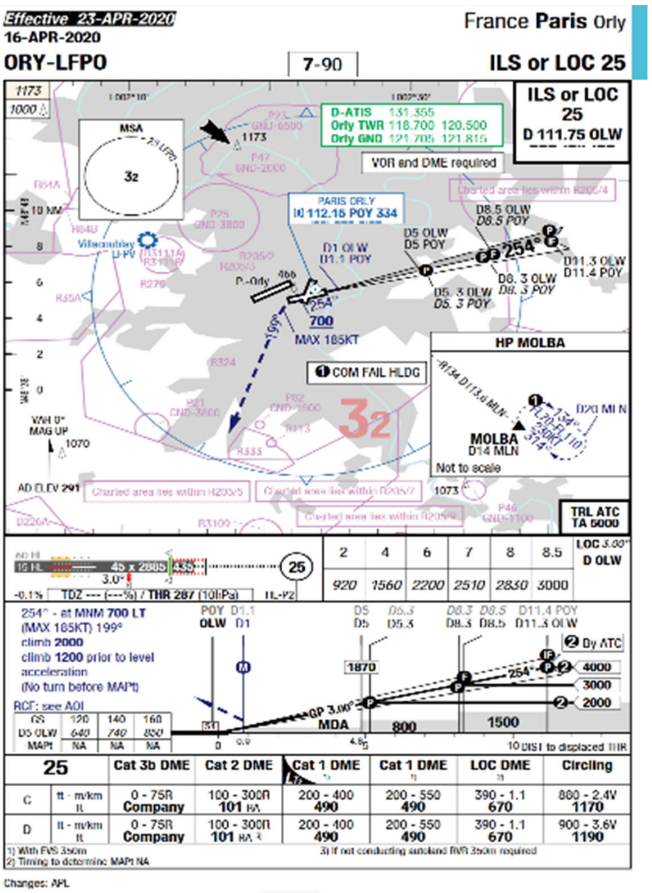


Figure 2 : Carte LIDO utilisée par les équipages Air France

2.2 Renseignements sur les conditions météorologiques

La situation générale fait état d'un temps calme ensoleillé temporairement voilé, avec un vent de nord-ouest faible.

L'ATIS de 15 h 03 annonce « *Approche ILS 25, Atterrissage piste 25, Décollage piste 24, Niveau de transition 60, Vent 300° 6kt. CAVOK. Température 23 °C / Point de rosée 11 °C. QNH 1022 / QFE 1011* ».

2.3 Guidage radar en approche

2.3.1 Témoignages des contrôleurs

Contrôleur d'approche initiale (position INI)

Le contrôleur INI indique que lors de l'événement, il y avait peu de trafic sur la fréquence et qu'il a proposé à l'équipage de raccourcir la trajectoire standard. La demande de l'équipage pour virer en base étant selon lui un peu prématurée, il a donné un cap nord, puis un cap 290° pour l'interception du Localizer. L'altitude de l'avion ne lui a pas paru particulièrement élevée. Il estime que si l'avion avait été trop haut, il aurait demandé à l'équipage de descendre à 2 000 ft. Dans ces conditions de trafic faible, il indique qu'il ne prête pas spécifiquement attention à la vitesse de l'avion. Il estime que le pilote gère ses paramètres de vol et en est responsable.

Contrôleur tour (position LOC)

Le contrôleur tour indique qu'il reçoit habituellement des avions avec une vitesse comprise entre 180 et 200 kt. L'approche ILS 25 est bien connue des pilotes. Il n'a pas remarqué de signe précurseur à l'événement, il y a eu très peu d'échanges sur la fréquence.

À 4 NM du seuil de piste, il a vu l'alarme MSAW sur son écran, mais ne se souvient pas avoir perçu l'alarme sonore. Il indique que le pilote a réagi tout de suite à son ordre et a cessé de descendre, sinon il lui aurait demandé d'interrompre l'approche. Le contrôleur ajoute que l'alarme MSAW a été une surprise car celles-ci sont rares.

2.3.2 Guidage radar en approche

Le Règlement de la circulation aérienne (RCA3[13]) indique que « *Les aéronefs guidés en vue de l'approche finale reçoivent un cap ou une série de caps leur permettant de rejoindre la trajectoire d'approche finale. Le dernier cap permet aux aéronefs d'être sur une trajectoire d'approche finale, avant d'intercepter par en dessous l'alignement de descente spécifié ou nominal de la procédure d'approche* ».

[13] § 10.7.4.1.

Afin notamment de faciliter le respect de la consigne du RCA, des « *chevrons* » sont représentés sur l'écran radar du contrôleur[14]. Ils matérialisent une position sur l'axe final qui permet de garantir, à la vitesse de 220 kt, un palier de 30 secondes avant l'interception du Glide.

[14] Les chevrons n'apparaissent pas sur les instruments de bord des pilotes.

Les traces radar ci-dessous fournies par les services de la navigation aérienne de l'aéroport d'Orly, mettent en évidence que durant la période de faible trafic lié à la situation sanitaire (voir Figure 3, image de droite, pour les 10, 11 et 12 octobre 2020), le guidage moyen a amené les avions sur l'axe de l'ILS (Localizer) de la piste 25 plus près du point d'interception du plan de descente nominal qu'en période normale (voir Figure 3, image de gauche, pour les 5 et 8 janvier 2020).

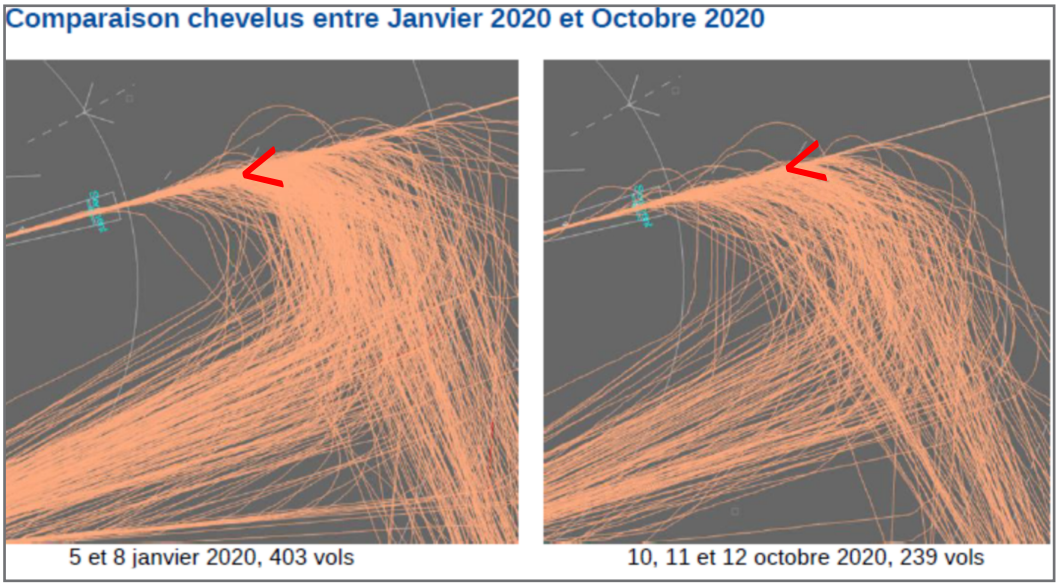


Figure 3 : Comparaison des trajectoires radars à Orly en piste 25 sur une période cumulée de 3 jours en janvier 2020 (avant la crise sanitaire) et en octobre 2020

Les statistiques de l'aéroport d'Orly indiquent qu'en piste 25, la vitesse moyenne d'interception du Localizer était de 166 kt en janvier 2020 (période pré-crise sanitaire) et de 194 kt en septembre 2020 (période de crise sanitaire)

Enfin, 12 alarmes MSAW en finale ont été recensées de janvier 2019 à février 2020 et 8 entre mars 2020 et décembre 2020, soit 5 fois plus d'alertes de ce type (rapporté au nombre de vols) pendant la période de crise sanitaire.

2.4 Témoignages de l'équipage du F-GUGM

2.4.1 Commandant de bord (PF)

Le CDB a été recruté chez Air France comme copilote en 1997. Il est CDB sur A320 depuis 2008 et totalise environ 10 200 heures de vol, dont 4 200 sur A320.

Entre début mars et fin août 2020, le CDB a effectué 64 heures de vol, et quatre étapes par mois (deux décollages et deux atterrissages en tant que PF), soit une baisse de 75 % de son activité par rapport à la même période de l'année précédente. Il a effectué deux séances de simulateur dans le cadre de son entraînement périodique fin juillet 2020. Il n'a pas eu de vols programmés entre le 14 août et le 9 septembre 2020. Le vol de l'événement survient le quatrième jour de vol de son planning.

Il n'a pas de souvenir du briefing arrivée, ni d'avoir identifié de menace particulière. Il indique avoir souhaité se ré-entraîner en se « *poussant un peu dans ses limites* ». Il pense que la décision d'atterrir en configuration 3 a été prise pendant la descente. En arrivant en finale, il a dû fortement piquer pour rattraper le plan de descente, et il indique que tout s'est accéléré. Il n'a pas de souvenir des annonces du PM dans cette phase du vol.

À une hauteur d'environ 1 000 ft, il a perçu l'alerte « *GLIDESLOPE* » et entendu le message du contrôleur concernant l'alarme MSAW survenue au même moment. Il indique que ces alarmes les ont « *sortis d'une forme d'incapacité* ». Le PF a alors réalisé qu'il ne suivait pas les FD. Selon lui, il s'agissait de ce qu'il qualifie « *d'échappée de pilotage* » car il regardait dehors. Il a alors envisagé la remise de gaz, sans donner suite. Il estimait qu'à 1 000 ft, il n'y avait pas de danger, car il restait de la marge et qu'ils étaient à vue.

À 500 ft, il avait conscience que l'approche n'était pas stabilisée, car le régime des moteurs était encore proche du ralenti. Il n'avait aucun doute sur le fait que l'atterrissage pourrait s'effectuer en toute sécurité, mais il avait besoin que le copilote valide sa décision de poursuivre.

Après l'événement, l'équipage a fait un « *débriefing minute* ». Cela leur a permis de mettre l'événement « *derrière eux* » et de poursuivre les étapes suivantes. Il indique que l'équipage a remonté ses marges pour les vols suivants.

Le PF ajoute qu'il considère que ce vol est un « *non-événement* ».

2.4.2 Copilote (PM)

Le copilote a été recruté comme copilote chez Air France en 2019. Il totalise environ 5 500 heures de vol, dont 3 200 sur A320.

Entre début mars et fin août 2020, il a effectué 70 heures de vol, soit une baisse d'activité de 77 % par rapport à la même période l'année précédente. Il n'a pas eu de vols programmés entre le 11 août et le 8 septembre 2020. L'événement survient le deuxième jour de son planning.

Il indique que le briefing a été très succinct et que le choix de la configuration des volets pour l'atterrissage n'a pas été abordé. Le PF souhaitait faire une arrivée rapide. Le copilote explique qu'il avait une charge de travail importante lors de l'approche. Il devait en effet surveiller la trajectoire et les tendances mais aussi sortir les volets et le train d'atterrissage et communiquer à la radio. Il se souvient que la sortie des trains d'atterrissage avait été effectuée de façon non standard[15].

[15] Les trains d'atterrissage peuvent être sortis avant le passage en configuration 1 en cas de nécessité opérationnelle.

Il indique qu'il n'aurait pas fait le choix de déconnecter l'AP une fois établi sur le plan de descente, mais c'était la seule manière de réduire la vitesse. Il indique également qu'il n'aurait pas fait le choix d'une configuration finale volets 3. Néanmoins, il estime que c'était une décision du PF, « *une décision de CDB* ». Quand le PF lui a demandé son avis sur cette décision, il a répondu positivement. Il n'a pas fait d'annonce d'écart de trajectoire, car à chaque fois qu'il allait le faire, le PF était en cours de correction. Lors de la finale, il décrit le PF comme « *tunnelisé* ». Il estimait de ce fait que l'interrompre avec une annonce aurait été plus dangereux que de le laisser faire.

Avant le déclenchement de l'alerte GPWS « *GLIDESLOPE* », le PM indique qu'il n'a pas vu la vitesse verticale. L'alerte GPWS l'a en quelque sorte réveillé et il a alors vu que le PF ne suivait pas les FD. Il était certain que les critères de stabilisation allaient être atteints, et si ce n'était pas le cas, que l'avion serait stabilisé rapidement après 500 ft. Néanmoins, il gardait l'option de l'approche interrompue en tête.

Enfin, selon lui, le rôle du copilote est celui d'un « *filet de sécurité* ». Il fait des suggestions, donne des indications. Si tout n'est pas réalisé « *dans les alinéas* » et que cela n'entache pas la sécurité, il laisse faire. Il pense sur ce vol, « *avoir fait son travail de copilote* ».

2.5 Approches non stabilisées

Taux d'approches non stabilisées détectées lors des observations LOSA[16]

Dans le cadre du rapport « *Data report for evidence based training* », LOSA Collaborative a fourni une partie de ses archives, émanant de 42 projets LOSA (8 375 vols d'observation) chez des exploitants du monde entier, effectués entre 2003 et 2010.

Le programme « LOSA » est un processus formalisé mis en place par certains exploitants de façon volontaire, et dont l'objectif est de recueillir les observations réalisées par des experts présents dans le poste de pilotage lors de vols réguliers. LOSA est une série d'observations en vol qui permet de relever les menaces, les erreurs réalisées par des équipages et leur traitement dans le milieu opérationnel réel.

Le programme est conduit chez l'exploitant sur une période donnée. Il n'est pas relié à l'analyse des vols.

Les observations LOSA permettent d'obtenir des informations consolidées sur les taux d'approches non stabilisées détectées en opération. L'observateur LOSA connait les procédures standards d'exploitation (SOP) de l'exploitant, le plancher de stabilisation du vol observé car il a connaissance à la fois du plancher de stabilisation retenu par l'équipage et des conditions météorologiques au moment de l'approche.

Les archives LOSA indiquent que sur les 8 375 vols observés, environ 4 % des approches étaient non stabilisées. Parmi ces approches non stabilisées :

- 87 % ont été poursuivies et se sont terminés par un atterrissage sans particularité ;
- 10 % ont conduit à un atterrissage long, court, ou décalé par rapport à l'axe ;
- 3 % ont donné lieu à une remise de gaz.

Le rapport « *Data report for evidence based training* » indique que, quelle que soit la décision de l'équipage, les approches non stabilisées induisent une augmentation significative du nombre d'événements de type très grave (high severity events) avec en particulier une augmentation significative du niveau de risque à l'atterrissage (+140 %) ou en remise de gaz (+85 %).

Par ailleurs, le rapport « *Unstable approaches Risk Mitigation Policies, Procédures and Best Practices* » publié par IATA et CANSO[17] (2016) indique qu'entre 2012 et 2016, les principaux facteurs contributifs aux approches non stabilisées sont les problèmes de pilotage (77 % des cas) et la déviation des SOP (58 % des cas).

2.6 Procédures standards d'exploitation (SOP)

2.6.1 Rôle du PF en approche

La partie A du manuel d'exploitation (MANEX) de l'exploitant indique qu'en situation normale :

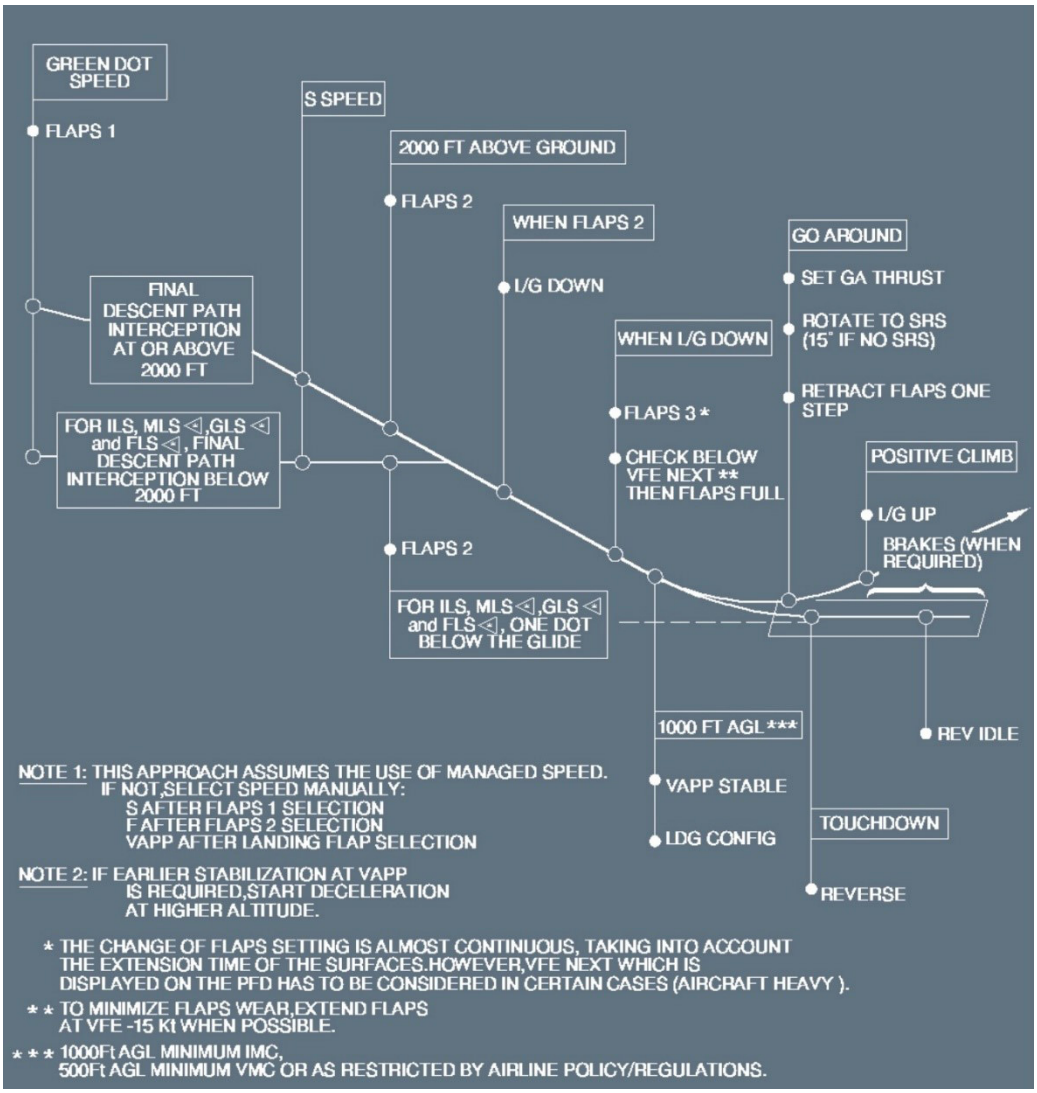
- « *La tâche prioritaire du PF est de piloter, contrôler et surveiller la trajectoire et la navigation en respectant les procédures ;*
- *La tâche secondaire du PF consiste à monitorer les actions qui ne concernent pas directement la trajectoire (communication ATC, réalisation des check-lists et vérification des systèmes avion, autres activités opérationnelles)* ».

[16] Line Observations Safety Audits- www.losacollaborative.com

[17] https://canso.org/publication/unstable-approaches-risk-mitigation-policies-procedures-and-best-practice-third-edition

[18] Normal procedures – approach - intermediate / final approach.

La partie B du MANEX, dit manuel d'exploitation des équipages (FCOM)[18], contient les procédures opérationnelles en approche. Le profil prévoit notamment la sortie des volets en configuration 1, 3 Nm avant la capture du Glide, la sélection de configuration 2 à 2 000 ft AAL au plus tard, puis la sortie des derniers éléments en séquence pour atteindre la stabilisation à 1 000 ft.



Source : FCOM Air France -SOP Configuration management

Figure 4 : Profil décéléré en approche finale

2.6.2 Rôle du PM en approche

Dans la partie A de son MANEX, l'exploitant définit le rôle du PM :

- « *La tâche prioritaire du PM est de monitorer la trajectoire et la navigation ; en cas de déviation, le PM doit immédiatement attirer l'attention du PF et intervenir si nécessaire ;*
- *La tâche secondaire du PM consiste à accomplir les actions qui ne concernent pas directement la trajectoire (communications ATC, réalisation des C/L[19], vérification des systèmes avion, autres activités opérationnelles).*

Les ressources mentales étant limitées, la charge de travail doit être gérée de manière adaptée pour assurer à tout moment un monitoring efficace ».

[19] Check-lists.

Selon le FCOM (*SOP - standard call outs - flight parameters in approach*), les annonces standard d'écart doivent être effectuées par le PM, prises en compte et rapidement corrigées par le PF si :

- la vitesse diminue sous VAPP-5 kt ou excède VAPP+10 kt ;
- l'assiette est inférieure à -2.5° ou supérieure à +10° ;
- l'inclinaison dépasse 7° ;
- la vitesse verticale excède -1 000 ft/min[20].

[20] Sur A320, la vitesse verticale communément enregistrée à la VAPP en configuration finale sur un plan de 5 % est approximativement -700 ft/min. Dans le cas de l'événement, à la vitesse de 126 kt, elle aurait dû être approximativement de -630 ft/min.

2.7 Critères de stabilisation chez l'exploitant

Les critères de stabilisation sont décrits dans la partie A du MANEX :

« *L'avion est stabilisé en approche finale lorsque les conditions suivantes sont satisfaites :*

- *train/volets en configuration atterrissage ;*
- *avion sur la trajectoire publiée (trajectoire horizontale et pente) à la vitesse d'approche ;*
- *poussée cohérente ;*
- *C/L avant atterrissage effectuée* ».

« *Le plancher de stabilisation est : 1 000 ft AAL en IMC et 500 ft AAL en VMC* ».

« *Ces valeurs sont des butées dures et non des objectifs :*

- *en cas de non-stabilisation au plancher, une remise de gaz doit être exécutée ;*
- *sous le plancher de stabilisation, seules de légères corrections sont admises pour rectifier des faibles écarts par rapport aux conditions de stabilisation* ».

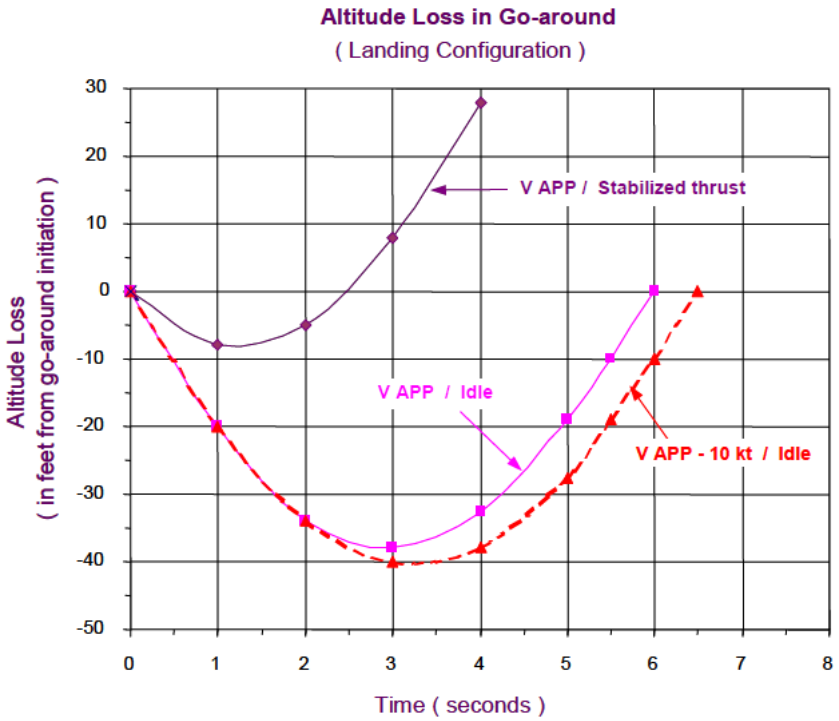
« *Sous le plancher de stabilisation, une remise de gaz doit être exécutée :*

- *Dès qu'un pilote annonce « Go around » ;*
- *En cas d'alarme EGPWS (TAWS)*[21] *(sauf configurations avion/approche particulière évoquée lors du briefing) ;*
- *En cas d'annonces d'écarts successives par un des pilotes, ou si les conditions de stabilisation ne sont pas obtenues assez rapidement* ».

[21] MANEX partie A.

L'exploitant indique dans son FCOM que la poussée doit être stabilisée généralement au-dessus du ralenti, avec une vitesse indiquée à VAPP.

Le constructeur explique dans la note opérationnelle de 2005 intitulée « *Aircraft energy management during approach* » que l'objectif de la poussée stabilisée au-dessus du ralenti est d'assurer une perte minimale d'altitude en cas de remise de gaz.



Source : Airbus

Figure 5 : Perte d'altitude en remise de gaz en fonction des conditions de vitesse et de poussée initiales

2.8 Flight Data monitoring (FDM)

2.8.1 Principes

L'exigence règlementaire ORO.AOC.130 du règlement consolidé (UE) 965/2012 (dit « *AIR OPS* »[22]) rend obligatoire l'établissement et le suivi d'un système d'analyse des vols (FDM) intégré au système de gestion de la sécurité (SMS) de tout exploitant ayant dans sa flotte des aéronefs de masse supérieure à 27 t.

En annexe du règlement AIR OPS, l'AMC1.ORO.AOC.130 (c) indique notamment que les techniques d'analyse du FDM devraient inclure ce qui suit :

> (1) La détection des écarts : recherche des déviations au-delà des limites du manuel de vol et des procédures opérationnelles standard. Un ensemble d'évènements clefs devraient être sélectionné afin de couvrir les principaux domaines d'intérêt de l'exploitant. La limite de détection des évènements devrait refléter de façon continue les procédures opérationnelles de l'exploitant.
> (2) Des mesures systématiques sur tous les vols afin de définir les pratiques normales. Ceci peut être obtenu en réalisant des mesures multiples à chaque vol.
> (a)(1)(i) Les programmes FDM sont utilisés pour détecter les écarts, dont ceux par rapport aux limites fixées dans le manuel de vol, les procédures opérationnelles standard ou le bon « *airmanship* ».

[22] Règlement (UE) n°965/2012 de la Commission du 5 octobre 2012 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables aux opérations aériennes (Version en vigueur le jour de l'incident).

2.8.2 European Operators Flight Data Monitoring (EOFDM)

L'Agence Européenne de la Sécurité Aérienne (AESA) a créé le groupe EOFDM dans l'objectif de faciliter le déploiement du FDM chez l'ensemble des opérateurs européens et de les aider à augmenter le niveau de sécurité des vols au sein de leurs opérations. Ce groupe est constitué, sur la base du volontariat, d'opérateurs, de constructeurs, d'associations de pilotes, de concepteurs de systèmes FDM, de centres de recherche universitaires et d'autorités nationales.

L'EOFDM mène notamment des travaux visant à développer des algorithmes avancés pour la surveillance de l'approche – et à permettre aux opérateurs d'intégrer le FDM au sein de leur SMS.

L'AESA indique que le sujet des approches non stabilisées génère beaucoup de discussions en raison de la complexité du sujet (critères variables en fonction de la météo et du type d'approche) et que des travaux afin de réviser les critères de stabilisation sont actuellement menés.

L'AESA indique également qu'il existe actuellement plusieurs écueils à une forme de standardisation du FDM au niveau européen :

- la multiplicité des avions et donc de la variabilité dans la méthode d'enregistrement des paramètres de vol ;
- la diversité des opérations ;
- le manque de ressources des exploitants, notamment des plus modestes.

2.8.3 Guide DSAC de bonnes pratiques (2015)

La Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC) a créé un groupe de travail rassemblant des opérateurs, constructeurs, sous-traitants d'analyse des vols afin de recueillir l'ensemble des bonnes pratiques du groupe et d'élaborer le document « *Méthode de sélection et de traitement des paramètres d'analyse des vols - Guide DSAC de bonnes pratiques* »[23]. La DSAC a fait le choix de ne pas adopter d'approche systématique. Sur le sujet Approche non stabilisée (ANS) l'objectif est « […] *d'identifier les cas où les critères de stabilisation ne sont pas remplis sous une hauteur par rapport au terrain donné (plancher de stabilisation)* ». Les critères fournis sont à titre indicatif, et non prescriptif. Le document constitue un outil de promotion et n'est pas opposable aux exploitants dans le cadre de la surveillance.

[23] https://meteor.dsac.aviation-civile.gouv.fr/meteor-externe/#communication/1200

2.8.4 FDM de l'exploitant

Selon l'AMC.ORO.AOC.130 (voir §2.8.1), il est attendu que le FDM permette à l'exploitant de s'assurer que, dans un contexte opérationnel, les équipages appliquent les procédures de façon conforme au MANEX.

Lors de la phase d'approche, le profil de vol décrit dans les SOP comporte des points clefs, auxquels configuration et vitesse doivent être adéquats, afin de garantir le respect des critères de stabilisation.

L'enquête a permis de déterminer qu'à la date de l'événement :

- Le FDM de l'exploitant ne capturait pas les paramètres aux points clefs de l'approche, en amont de la stabilisation.
- Qu'en raison d'un plancher de stabilisation variable, fonction de conditions météorologiques non enregistrables, l'exploitant avait choisi de mesurer les écarts uniquement à 500 ft.
- Qu'à 500 ft, seules les approches comportant un écart de plus de 16 kt au-dessus de la VAPP étaient identifiées comme approches « *non stabilisées* »
- Que le critère « *poussée* » n'était pris en compte qu'au-dessus de 400 ft.

Dans le cadre de l'enquête, Air France a mis à disposition du BEA ses statistiques d'approches non stabilisées (tableau ci-dessous). On observe que ce taux est significativement plus bas que celui indiqué par LOSA Collaborative.

	Air France Analyse des vols (tous types)	Air France Analyse des vols Période COVID A320	Taux des archives LOSA
Approches non stabilisées	0.27 %	0.53 %	3 à 4 %
Approches non stabilisées poursuivies	77 %	77 %	97 %

2.8.5 Vol de l'événement

Les écarts du vol de l'événement peuvent être comparés avec les écarts maximum prévus dans les SOP dans le tableau ci-dessous. Le vol de l'événement a été identifié « *classe 2* » (risque « moyen).

Hauteur QFE (ft)	MSAW (1530)	1000	500 stabilisation	200	*SOP*
Altitude QNH (ft)	1817	1285	787	489	-
Vitesse indiqueée (kt)	220	205 VAPP +78 kt	152 VAPP +26 kt	135 VAPP+9kt	*VAPP =126* *-5< VAPP< +10*
Vitesse verticale (FPM)	-2752	-1328	-624	-656	*<-1000*
N1 moyen (%)	24	28	27	35	*>25 (Ralenti)*
Déviation du glide (dot)	0,18	-1,48	0,14	0,11	*-0,5 < d < +0,5*
Position des volets	1	1	3	3	*3*

2.9 Évolution du système de formation de l'exploitant : transition vers l'Evidence Based Training (EBT)

Depuis juin 2021, l'exploitant a fait évoluer son système de formation pour adopter le système de l'EBT[24]. Dans la partie D de son manuel d'exploitation, ce système est décrit comme suit : « *L'EBT repense la formation des équipages en consacrant d'avantage de temps à la gestion des risques et menaces identifiées par la compagnie et en l'adaptant au rythme et besoins individuels des pilotes. Cela permet d'améliorer leur performance en traitant les faiblesses identifiées par le biais d'un temps d'entrainement optimisé. Appuyé sur le système de management de la sécurité d'Air France, l'EBT permet de s'affranchir du système classique de contrôle en évaluant les compétences des pilotes puis en travaillant des situations issues d'évènements qui surviennent en ligne sur des avions de génération similaires. Ces évènements sont rapportés par les personnels, collectés par la sécurité des vols ou récupérés par la veille externe et les groupes de travail auxquels Air France participe* ».

[24] Manex D 5.1.12.1.1.1 21/6/2021

Ainsi, l'une des hypothèses fondatrices de l'EBT est celle d'une collecte de données performante fondée sur l'analyse globale et individuelle de la sécurité et des informations issues de la formation, de l'analyse des vols, des incidents et accidents, ainsi que des audits de type LOSA s'ils ont été conduits par l'exploitant.

2.10 Actions et publications réalisées au moment de l'événement

2.10.1 Rapport de la DGAC « Évaluation et analyse des risques de l'aviation civile pendant la période de faible activité 2020 »[25]

[25] https://www.ecologie.gouv.fr/mesures-prises-france-dans-domaine-securite-aerienne-faire-face-aux-consequences-lepidemie-covid-19

Ce rapport vise à évaluer l'impact de la situation sanitaire sur la sécurité des vols, s'assurer que les risques sont pris en compte par les opérateurs et à émettre des recommandations pour réduire les risques.

Il fait notamment état des conclusions suivantes :

- « *Face à l'érosion parfois constatée des compétences des acteurs de première ligne, le respect des procédures a montré qu'il constituait une défense particulièrement efficace. Les opérateurs sont donc invités à rappeler la nécessité et l'utilité du respect des procédures opérationnelles* » ;
- « *Les opérateurs devraient encourager, dans le cadre d'un faible volume d'activité, les navigants à accorder la priorité, au travers d'une gestion TEM, à l'application des procédures avec une marge suffisante et non en concurrence avec la performance et le respect des horaires* » ;
- « *Les critères de stabilisation devraient être révisés afin de renforcer la sécurité des approches, par exemple en rehaussant uniformément les planchers à 1 000 ft, tant en IFR qu'en VFR* ».

Les conclusions de ce rapport ont le statut de recommandations et ne comportent pas d'obligation règlementaire. Elles ont vocation à être intégrées dans le SMS des exploitants.

[26] https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/news/easa-publishes-practical-scenario-crew-skill-decay-support-return-normal

L'AESA a également publié des informations comparables quant à l'impact de la situation sanitaire sur la sécurité des vols[26].

2.10.2 Air France

Outre la philosophie générale d'adhésion à la doctrine des SOP reprise lors de l'ensemble des actes de formation, l'exploitant avait déjà émis en juin 2020 un document spécifique « *Le monde COVID, objectif absolu de Sécurité des vols* » dont les points clefs étaient « *Baisse de performance des pilotes et de tous les autres acteurs* », et « *Exploitation non standard qui nécessite d'augmenter les marges* ».

En novembre 2020, à la suite d'une série d'événements de type approches non stabilisées, l'exploitant a publié un certain nombre de documents dont :

- FOCUS SV ANS : « *Les approches non stabilisées et haute énergie en période de faible activité* » ;
- FOCUS SV : « *ANS ? = remise de gaz !!* » ;
- FOCUS : « *Le plancher de stabilisation* » ;
- SAFETY FIRST (note Air France) : « *Approche à faible poussée prolongée = attention risques augmentés* » ;
- FLYSAFE n° 61 et n°62.

2.10.3 Service de la navigation aérienne de l'aéroport Paris-Orly

À partir de novembre 2020, à la suite d'une étude menée au cours des mois précédents, le service de la navigation aérienne de l'aéroport d'Orly a tenu une réunion au sujet des approches non conformes (ANC) et des approches non stabilisées (ANS). L'incident impliquant le F-GUGM y a notamment été évoqué.

Certaines propositions ont été retenues après cette réunion :

- La production de retours d'expérience (REX) sur le sujet des ANC/ANS, notamment pour l'incident du F-GUGM.
- Le lancement de discussions sur le sujet ANC/ANS avec les exploitants début 2021 (réunion AREX -Analyse et Retour d'expérience).
- La création d'un fond de carte sur l'image radar du contrôleur qui lui permettrait d'avoir une meilleure estimation de la distance au point d'approche finale (FAP) ou au seuil d'un avion en approche.
- L'étude d'un outil de détection des approches hautes.
- La pérennisation dans le MANEX de la méthode des chevrons (relative aux 30 secondes de palier règlementaires).

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

En descente vers l'aéroport Paris Orly, l'équipage a saisi l'opportunité de suivre une trajectoire raccourcie proposée par le contrôleur d'approche. Le CDB (PF), a décidé de faire une arrivée rapide, hors du profil prévu dans les SOP. Le guidage radar a amené l'avion deux points au-dessus du Glide, en aval du point recommandé par le centre d'Orly (« *chevron* ») sur l'axe final. La stratégie du PF a été tout d'abord de maintenir 250 kt et d'augmenter la vitesse verticale pour rejoindre le plan de descente puis, une fois le plan rejoint, de réduire la vitesse afin de pouvoir configurer l'avion pour l'atterrissage, ce qui l'a amené à s'écarter temporairement du plan de descente.

À 6 NM du seuil de la piste 25, à 2 287 ft (2 000 ft AAL), la stabilisation était compromise. L'équipage, dont la charge de travail était déjà élevée, n'a alors pas eu les ressources nécessaires pour identifier que l'approche ne pourrait pas être stabilisée à 500 ft. À 5,5 NM du seuil de la piste 25, le PF a demandé la sortie des volets en configuration 1. Peu après, le copilote (PM) a modifié la configuration finale pour l'atterrissage, à la fois sur le FMS et sur le panneau supérieur, ce qui a probablement contribué à réduire l'efficacité de sa surveillance des paramètres de vol. Au même moment, ayant la piste en vue, le PF a quitté les instruments des yeux. Il a commandé une action à piquer qui a entraîné une vitesse verticale importante, à l'origine des alarmes GPWS coté bord et MSAW coté tour.

Par la suite, la poursuite de l'approche n'a pas été remise en cause. La charge de travail du PM était très importante, entre la surveillance de la trajectoire, les échanges radio et la poursuite des changements de configuration de l'avion. À 500 ft AAL, l'équipage a estimé que l'avion était « *en cours* » de stabilisation. Il a choisi de poursuivre car il avait la conviction à la fois que la stabilisation serait acquise rapidement après 500 ft et que l'atterrissage s'effectuerait en sécurité.

Sans en avoir conscience, l'équipage, avait probablement à ce moment-là, très peu de ressources mentales disponibles pour faire face à un événement imprévu.

A posteriori, après l'atterrissage, l'absence de conséquences à la poursuite de l'approche a probablement conforté l'équipage dans la justesse de sa décision.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la non-stabilisation de l'approche :

- la décision de réaliser une arrivée rapide sur une trajectoire raccourcie en dehors du cadre des SOP et sans briefing spécifique ce qui a généré une pression temporelle sans raison opérationnelle ;
- l'absence d'annonce des écarts de trajectoire et de vitesse de la part du PM ;
- un contexte de sous-activité exceptionnel de l'équipage pendant les six mois qui ont précédé l'événement ;
- le guidage radar final au-dessus du plan de descente, qui a laissé peu de marge de manœuvre à l'équipage pour atteindre la stabilisation à 500 ft AAL.

A pu contribuer à la poursuite de l'approche sous les 500 ft AAL :

- la méconnaissance par les équipages des risques associés à la poursuite des approches non stabilisées.

Enseignements de sécurité

Adhésion aux SOP en approche et marge de sécurité du vol

Lors de la phase d'approche, la charge de travail d'un équipage augmente fortement en raison des ressources importantes requises par la gestion de l'énergie de l'avion jusqu'au plancher de stabilisation. Dans cette phase de vol, le profil des SOP permet de donner à l'équipage des repères pour calibrer la décélération et atteindre la stabilisation dès 1 000 ft. Ce cadre lui permet de gérer l'énergie de façon nominale et de rester disponible pour surveiller attentivement la trajectoire en cas d'imprévu jusqu'à l'atterrissage.

Le respect des SOP en amont des 1 000 ft est d'autant plus important que si l'approche n'est pas stable, quelle que soit la décision de l'équipage au plancher de stabilisation, remise de gaz ou atterrissage, le niveau de risque augmente de façon significative.

De surcroît, en période de faible activité, l'aisance et la dextérité peuvent être diminuées. Le respect des SOP, garants des marges de sécurité, joue, encore plus qu'en temps normal, un rôle fondamental en matière de sécurité des vols.

FDM et formation des équipages

L'un des objectifs du FDM est de permettre à l'exploitant d'établir si ses équipages appliquent les procédures de façon conforme à son manuel d'exploitation.

La détection des approches non stabilisées et leur gestion par les équipages (taux de remise de gaz) constitue un des paramètres clefs. Néanmoins, cette mesure ponctuelle reste difficile à fiabiliser, en raison de la co-existence de deux altitudes plancher possibles (500 ft ou 1 000 ft), fonctions d'éléments non mesurables par le FDM[27]. De surcroît, la mesure actuelle ne permet pas d'en déterminer les raisons opérationnelles, notamment celles liées à la gestion de l'énergie lors des phases intermédiaire et finale de l'approche.

[27] Conditions météorologiques et objectif de stabilisation de l'équipage.

Il apparaît que la mesure systématique par le FDM du niveau d'énergie de l'avion aux points clefs de l'approche définis par les SOP en amont de l'altitude de 1 000 ft, pourrait contribuer à identifier certaines causes du phénomène de déstabilisation observé en exploitation.

Ces informations sont d'autant plus importantes qu'un de leurs objectifs est d'alimenter l'EBT de l'exploitant afin de remédier aux problèmes identifiés en opération.

4 - RECOMMANDATIONS DE SÉCURITÉ

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.

Flight data monitoring

Environ deux tiers des accidents en transport commercial de passagers ont lieu lors des phases d'approche et d'atterrissage. Dans 40 % des cas, l'approche n'était pas stabilisée ou des déviations verticales, latérales et en vitesse avaient été détectées[28].

[28] Source IAT "*Unstable approaches, Risk mitigation Policies, Procedures and Best Practices*" 3rd edition – chap. 2.3.

Les efforts visant à l'amélioration du niveau de sécurité lors de ces phases de vol doivent être poursuivis, notamment au travers de programmes de formation pertinents et robustes, fondés sur la connaissance des vols en opération.

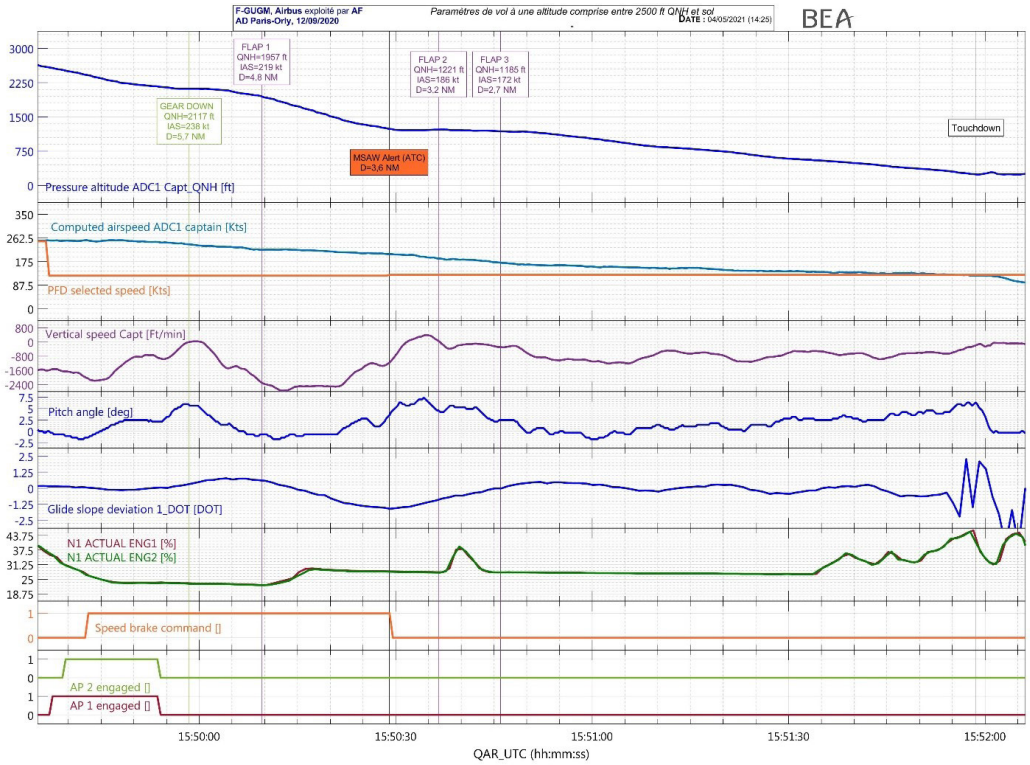
L'enquête a mis en évidence que le système d'analyse des vols (FDM) d'Air France sous-estimait le taux d'approches non stabilisées car il ne lui permettait pas d'évaluer de façon adéquate le niveau d'adhésion des équipages aux procédures en approche, notamment aux différents points clefs du profil de vol prévus dans les procédures standards d'exploitation (SOP).

En conséquence, le BEA recommande que

- **considérant que l'un des principes du FDM est de quantifier les risques opérationnels en mettant en lumière non seulement les événements critiques mais également les déviations par rapport aux SOP ;**
- **considérant que la détection fiable des écarts en exploitation est indispensable à l'élaboration d'un programme de formation adapté ;**
- **considérant que le FDM d'Air France ne permet pas une détection adéquate des approches non stabilisées, ni une détection adéquate des écarts des équipages par rapport aux SOP en approche en amont du plancher de stabilisation ;**

  Air France s'assure que les critères de détection automatique des approches non stabilisées, notamment en amont du plancher de stabilisation, soient proches du référentiel décrit dans les procédures standards d'exploitation (SOP). [Recommandation - FRAN-2021-019]

  La Direction de la Sécurité de l'Aviation Civile (DSAC) s'assure que le système d'analyse des vols d'Air France détecte de façon plus pertinente les déviations des équipages aux procédures standards d'exploitation (SOP) en approche. [Recommandation - FRAN-2021-020]

ANNEXE

Courbes de l'événement