



Accident de l'Airbus A320-214
immatriculé **F-HBNJ**
le mercredi 20 août 2025
en descente vers Ajaccio (2A)

Heure	Vers 12 h 15 ¹
Exploitant	Air France
Nature du vol	Transport commercial de passagers
Personnes à bord	Commandant de bord (PF ²), copilote ³ (PM), 4 membres d'équipage de cabine (PNC) et 143 passagers
Conséquences et dommages	3 PNC et 2 passagères grièvement blessées ⁴ , quelques dommages en cabine et au radôme

**Traversée d'une zone de turbulences convectives fortes,
lors de la descente**

1	Déroulement du vol.....	- 2 -
2	Renseignements complémentaires	- 5 -
2.1	Expérience et témoignages de l'équipage.....	- 5 -
2.2	Blessures et dommages.....	- 8 -
2.3	Enregistreurs de vol	- 10 -
2.4	Radar météorologique embarqué	- 12 -
2.5	Données météorologiques	- 15 -
2.6	Procédures opérationnelles en cas de turbulences	- 20 -
2.7	Renseignements sur la navigation aérienne	- 22 -
2.8	Événements similaires.....	- 24 -
2.9	Communications après le passage dans la zone de turbulences.....	- 26 -
3	Conclusions.....	- 28 -

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 Le glossaire des abréviations et sigles fréquemment utilisés par le BEA est disponible sur son [site Internet](#).

³ Au sein d'Air France, un copilote est désigné par Officier pilote de ligne (OPL).

⁴ Seules les personnes grièvement blessées ont été identifiées. Les personnes légèrement blessées n'ont pas été recensées.

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des enregistreurs de vol CVR et FDR, et des témoignages.

Le jour de l'accident, l'équipage de conduite du vol doit réaliser deux rotations entre Orly (94) et la Corse : Bastia (2B) puis Ajaccio (2A). Un nouvel équipage de cabine rejoint les pilotes au début de la seconde rotation à Orly. Le CDB les informe lors du briefing contextuel avant le vol du risque de turbulences pour les vols à venir.

Pour le vol entre les aéroports d'Orly et d'Ajaccio, l'équipage de conduite choisit une route située à l'ouest de la vallée du Rhône, pour éviter des zones orageuses. La croisière est effectuée au FL 370. Quelques turbulences légères sont rencontrées au cours du survol du continent.

Entre 12 h 03 et 12 h 11, l'équipage de conduite évoque les menaces attendues pour l'approche lors du briefing pour l'arrivée⁵. Ce briefing est interrompu par plusieurs échanges avec le contrôle aérien qui nécessitent en particulier un changement de fréquence et plusieurs changements de trajectoire. Vers 12 h 05, l'avion entre dans la couche nuageuse au début du survol de la mer Méditerranée (voir **Figure 1**, point ①). À partir de 12 h 10 (point ②), à environ 125 NM de la destination, l'équipage de conduite commence la descente et il termine son briefing. Le CDB informe les PNC au travers du *Public Address* (PA) du début de descente puis fait l'annonce d'informations sur l'arrivée aux passagers.

Entre 12 h 11 et 12 h 15, l'équipage de conduite réalise plusieurs tâches, parmi lesquelles deux changements de fréquence, l'actualisation des données météorologiques par ACARS et l'évaluation des conditions météorologiques des aéroports de dégagement potentiels : Nice (06), Bastia et Rome (Italie). Il discute aussi d'une situation liée à un passager allongé dans le *galley* avant (voir § 2.1.2.1), qu'il observe à travers la caméra de surveillance de l'accès au poste de pilotage dont l'écran est situé à l'arrière du poste de pilotage.

À 12 h 15 min 50, passant le FL 288 en descente, l'avion se trouve à 8 NM du cœur d'une cellule convective. L'équipage de conduite identifie différents échos radar de couleur verte sur le ND et discute d'un évitement (voir § 2.1.2.2). La copilote, PM, propose puis allume la consigne lumineuse « attachez vos ceintures » (point ③), après approbation du CDB. Ce dernier, PF, commande une altération de cap de 30° à droite en mode de guidage latéral HDG, à 12 h 16 min 07. Entre 12 h 16 min 20 et 12 h 16 min 35, après l'apparition d'un écho de couleur rouge au ND à proximité de la trajectoire de l'avion, le PF engage le mode de guidage latéral NAV puis à nouveau le mode HDG. L'ensemble de ces changements de mode de guidage latéral a peu d'effets sur la trajectoire, qui reste quasiment rectiligne (voir Figure 1). Au cours de cette séquence, les deux membres d'équipage ont modifié la sélection des échelles (*range*) des ND en passant progressivement de 160 à 20 NM (voir § 2.3.2).

Dans la cabine, après s'être concertée avec la cheffe de cabine (PNC 1) à la suite de l'allumage de la consigne lumineuse, la PNC 2 fait l'annonce de sécurité « approche » aux passagers et leur demande notamment d'attacher et d'ajuster leur ceinture de sécurité en prévision de l'atterrissage (voir § 2.6).

⁵ L'aéroport Ajaccio-Napoléon-Bonaparte requiert une formation spécifique sur simulateur pour le CDB ainsi qu'une expérience minimale pour le copilote.

À 12 h 16 min 39, vers le FL 262 avec une vitesse verticale de l'ordre de -2 000 ft/min, l'avion entre dans une zone de turbulences d'une durée de trente et une secondes, commençant par quatre secondes de turbulences fortes ; il traverse ensuite une averse de grêle pendant douze secondes (point 4).

Les principaux paramètres de l'avion (voir Figure 2) varient comme suit lors des turbulences :

- facteur de charge au centre de gravité de l'avion entre -0,2 et +3,2 g ;
- facteur de charge à l'arrière de l'avion⁶ entre -0,4 et +3,5 g ;
- accélération latérale au centre de gravité de l'avion entre -0,3 et +0,3 g ;
- accélération latérale à l'arrière de l'avion⁶ entre -0,5 et +0,5 g ;
- vitesse conventionnelle entre 300 et 335 kt ;
- assiette entre -1,5 et -7,5° ;
- vitesse verticale entre -1 300 et +6 000 ft/min.

Le pilote automatique reste engagé. Il n'y a ni alarme ni alerte pendant les turbulences. La PM a sélectionné le mode IGNITION par réflexe⁷, elle a informé le PF de son action.

Lors des turbulences, la plupart des PNC et des passagers qui étaient debout sont projetés en l'air puis retombent au sol. Certains ont pu s'agripper. Les calculs d'accélération sur les différentes parties de l'avion montrent que l'effet des turbulences a été plus prononcé à l'arrière qu'à l'avant de la cabine.

À la sortie de la zone de turbulences, l'équipage de conduite reprend la route vers l'aéroport d'Ajaccio, notamment avec le mode de guidage latéral NAV. La cheffe de cabine (CC) demande aux passagers de maintenir leurs ceintures attachées.

À 12 h 17 min 38, le CDB appelle l'équipage de cabine par interphone. La CC lui répond en lui indiquant « on s'est fait mal » puis demande si les PNC peuvent se lever. Elle commence ensuite une vérification de la cabine jusqu'à l'arrière. Environ trois minutes plus tard, le CDB rappelle l'équipage de cabine et la PNC 4 lui indique qu'elle a « très mal », elle lui fait comprendre qu'elle ne pourra pas assurer le vol suivant. Le CDB répond qu'ils feront le point une fois arrivés au sol pour la ramener en mise en place et explique qu'ils n'avaient pas identifié la zone de turbulences.

À 12 h 22 min 45, de retour dans le *galley* avant, la CC appelle le CDB par interphone, lui fait état de plusieurs blessés et mentionne qu'un passager « saigne de la tête ». Ils conviennent qu'un point sera fait une fois arrivés au sol. Le CDB demande si les passagers étaient attachés et explique brièvement qu'ils ont vu la zone convective tardivement et qu'ils n'ont pas pu l'éviter.

Vers 12 h 23, passant le FL 110 en descente (point 5), l'équipage de conduite est autorisé à réaliser une approche à vue piste 20⁸. Il atterrit huit minutes plus tard. Durant le roulage, la CC informe les passagers qu'à la suite des turbulences fortes rencontrées, une assistance pourra être offerte à l'arrivée à ceux qui la désirent.

⁶ Donnée calculée à partir des paramètres enregistrés.

⁷ Cette action est suggérée par le constructeur en cas de fortes précipitations ou de turbulences fortes. Elle est prévue pour les phases d'approche et d'atterrissage. Lorsque le mode IGNITION est activé en vol, un allumage continu est assuré pour maintenir la combustion au sein du réacteur. Ce mode s'active automatiquement, sans sélection manuelle par l'équipage, en cas de détection de l'extinction de la combustion.

⁸ Le METAR de 12 h 30 précisait un vent 220° / 6 kt, variable entre 190° et 250°.

Sur l'aire de stationnement, vers 12 h 36, la CC entre dans le poste de pilotage et demande à l'équipage de conduite de solliciter l'assistance médicale. Elle évoque la présence probable de blessures graves et l'informe de divers dégâts en cabine. La PM relaye la demande auprès du service opérationnel de l'escale de l'exploitant.

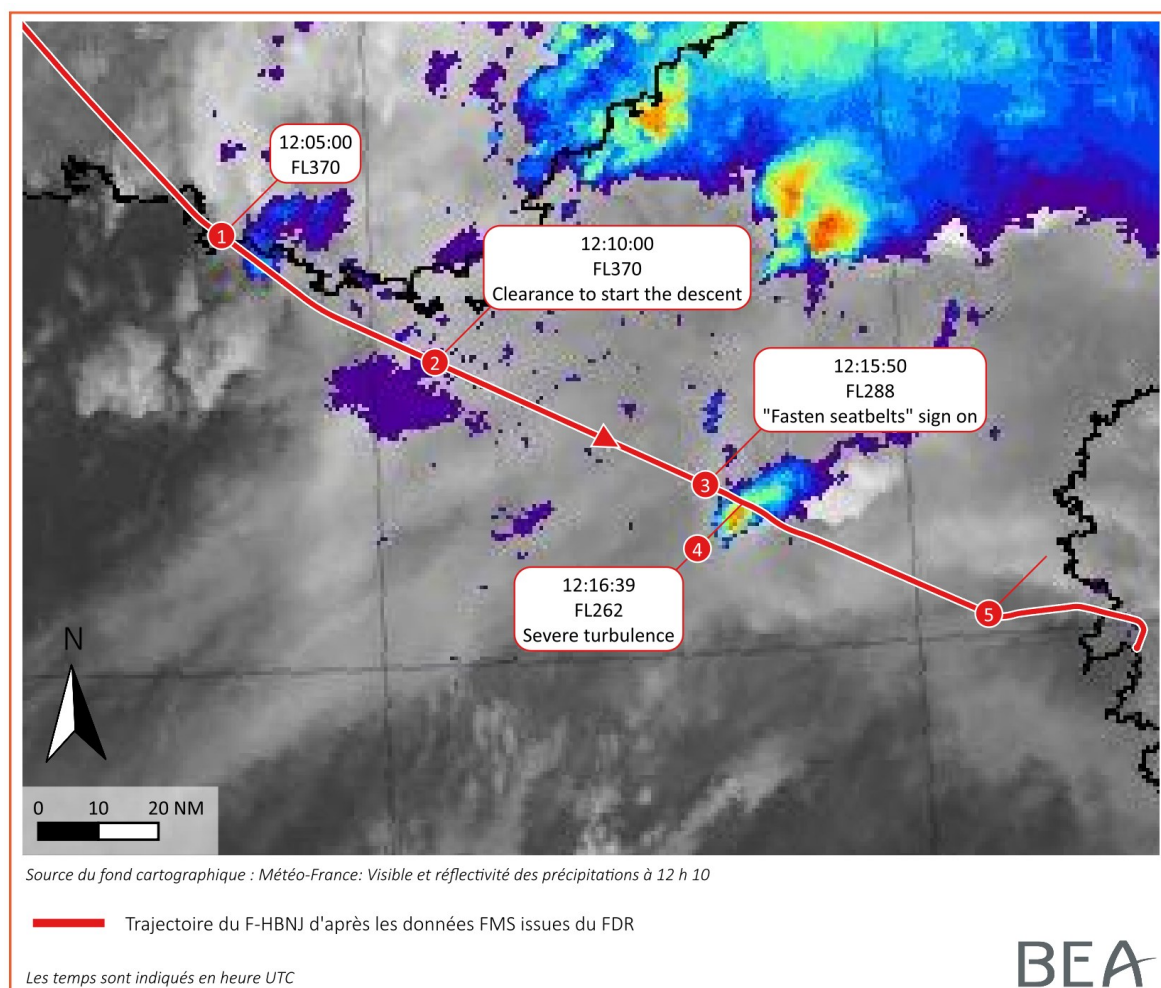


Figure 1 : trajectoire du F-HBNJ à partir du survol maritime

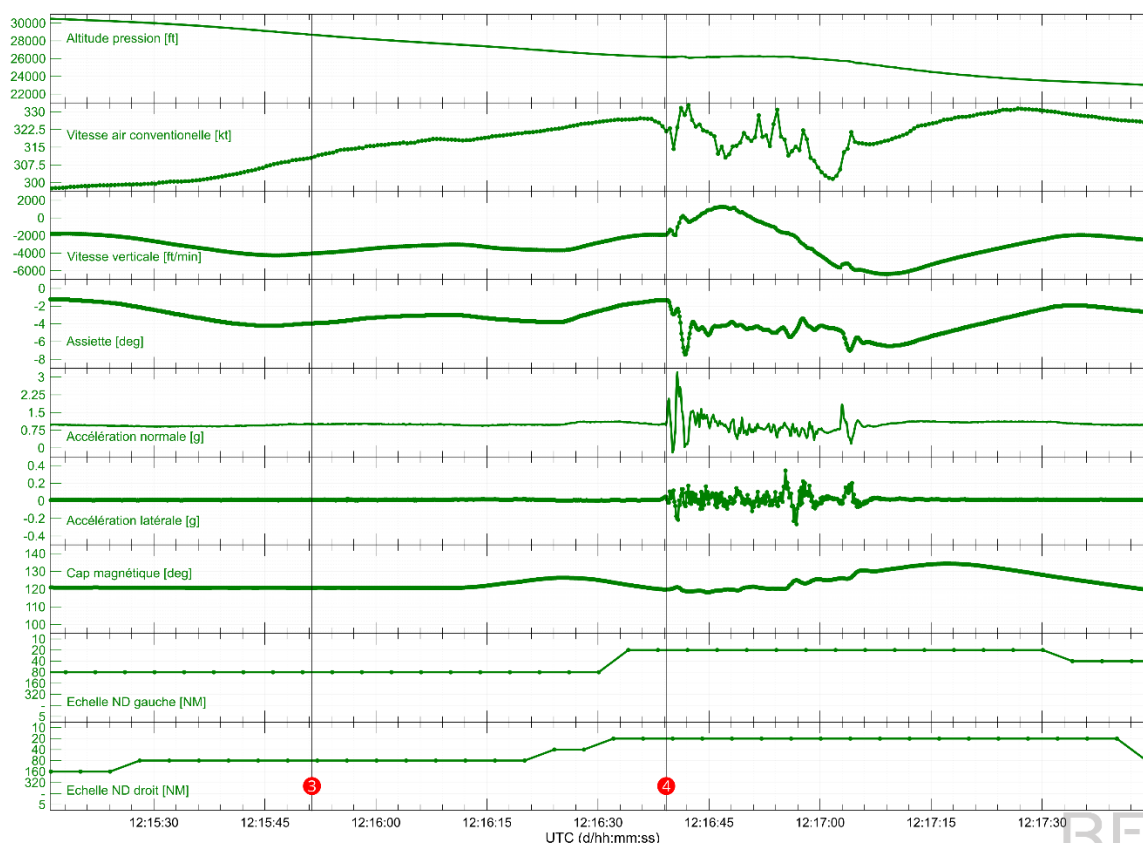


Figure 2 : principaux paramètres de vol observés lors des turbulences

2 RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Expérience et témoignages de l'équipage

2.1.1 Expérience

Le CDB, âgé de 50 ans, était titulaire d'une licence de pilote de ligne ATPL(A). Il était également instructeur (TRI). Il totalisait 11 500 heures de vol, dont environ 5 000 sur avions de type A320⁹.

La copilote, âgée de 52 ans, était titulaire d'une licence de pilote de ligne ATPL(A). Elle totalisait 19 600 heures de vol, dont environ 2 500 sur avions de type A320.

Les informations relatives aux PNC et à leur position au cours du vol de l'accident sont récapitulées dans le tableau suivant :

	Âge	Expérience en vol	Position dans l'avion
PNC 1, cheffe de cabine (CC)	54 ans	31 ans	Galley avant
PNC 2, aux annonces	49 ans	25 ans	Galley arrière
PNC 3	54 ans	30 ans	Galley arrière
PNC 4	45 ans	25 ans	Galley avant

⁹ Flotte Single Aisle comprenant les A318, A319, A320 et A321.

2.1.2 Témoignages

2.1.2.1 Début du vol, jusqu'à la détection de la cellule convective

Les deux pilotes indiquent qu'ils avaient identifié les orages comme menace pour la journée de vol. Le CDB indique que lorsque les PNC sont arrivées à l'avion, il a effectué le briefing contextuel et leur a expliqué que lors de la rotation précédente entre Orly et Bastia, ils avaient rencontré des conditions orageuses avec de la turbulence. Ils avaient fait des évitements avec l'aide du radar météorologique embarqué. Il leur a précisé qu'il y aurait des conditions similaires durant la rotation entre Orly et Ajaccio. Il a rappelé que le service en cabine n'était pas une priorité, et que les pilotes n'ont pas toujours le temps de les prévenir. Il a précisé que les PNC pouvaient s'attacher sans annonce de l'équipage de conduite si elles en ressentaient le besoin, en cas de turbulences.

Après le départ, le CDB a indiqué aux PNC qu'il les autoriserait à se déplacer une fois les cellules orageuses localisées au sud d'Orly passées. Elles sont ainsi restées attachées une dizaine de minutes de plus que d'habitude. Les PNC ont indiqué que le CDB était prévenant et communiquait de manière satisfaisante.

Après avoir passé la zone orageuse au sud de Paris, le vol s'est déroulé sans turbulence notable et le service s'est déroulé dans de bonnes conditions. Après le service, les *galleys* ont été rangés.

Le CDB indique qu'une fois au-dessus de la mer Méditerranée, il n'y avait plus d'écho ni sur le ND ni sur le système eWAS (voir § 2.5.3) qu'il avait mis à jour avant la descente. Il précise qu'à cet instant, il pensait que « le plus dur était passé ». Sur le système eWAS, il y avait une importante zone rouge de convection sur la gauche de la trajectoire, au sud de Nice (voir § 2.5.1 et 2.5.3), et la route vers la Corse était dégagée. La copilote ajoute qu'à partir du survol de la mer, ils étaient dans la couche nuageuse. Le CDB précise qu'il avait indiqué à la CC que le vol serait plus calme à partir du survol maritime.

Un peu plus tôt dans le vol, la CC et la PNC 4 ont été sollicitées par un passager afin qu'il s'allonge dans le *galley* avant pour soulager une douleur. La CC n'en a pas informé l'équipage de conduite. La CC indique que par la suite elle n'a pas eu le temps de faire le dernier briefing avec l'équipage de conduite, car la conjointe du passager allongé dans le *galley* l'a sollicitée dans le but de soulager les douleurs de son conjoint. Elle avait rejoint son conjoint avec les enfants les accompagnant, dans le *galley*. Depuis le poste de pilotage, quelques minutes avant les turbulences, les deux pilotes se sont interrogés sur la présence de ce passager allongé.

2.1.2.2 Détection de la cellule convective et passage dans la zone de turbulences

Le PF explique qu'un écho radar de couleur verte est apparu soudainement sur son ND, légèrement sur la gauche de la route à environ 70 NM¹⁰. Peu après, la PM a proposé d'allumer la consigne lumineuse « attachez vos ceintures ». Le PF n'avait pas jugé que cet écho présentait une menace, mais a accepté la mesure de prévention proposée par la PM. La PM n'a plus de souvenir des échos présents au radar, mais a posteriori, elle pense que de petits échos verts, sans risque, devaient se trouver sur la trajectoire de l'avion. Le PF précise que lorsqu'il a diminué le *tilt* du radar météorologique embarqué (voir § 2.4.3) pour analyser l'écho qu'il avait identifié au loin, ce dernier a disparu. Il a augmenté le *tilt*, et des points jaunes sont ensuite apparus dans les échos verts situés à proximité. Soudainement, un petit écho radar rouge est apparu sur la trajectoire devant eux, juste

¹⁰ L'enquête n'a pas pu déterminer l'origine de cet écho. Le mont Cinto, qui culmine à environ 9 000 ft, se situait à 75 NM, sous un angle de 35° gauche, de l'avion.

avant que le ND ne devienne complètement rouge. Le gain du radar embarqué est resté sur la position CAL (voir § 2.4.3). La PM explique qu'elle a modifié le *range* de son ND pour tenter de déterminer une stratégie immédiate d'évitement, puis qu'elle a porté son regard vers l'extérieur de l'avion pour valider la cohérence des informations présentées au ND ; elle a alors distingué une zone plus sombre sur sa droite, noyée dans la masse nuageuse. De ce fait, elle a indiqué au PF qu'elle serait allée à gauche. Le PF explique qu'il a d'abord utilisé le mode de guidage latéral HDG pour se diriger vers la droite puis est revenu en mode NAV à la suite de la remarque de la PM pour se diriger vers la gauche, puis a à nouveau utilisé le mode HDG ayant identifié une échappatoire sur la droite.

Lorsque la consigne lumineuse a été allumée, la PNC 2, a contacté la CC pour savoir si elle devait faire une annonce standard relative aux turbulences (voir § 2.6) ou si elle faisait la dernière annonce avant l'atterrissage. Étant donné que l'avion était en descente, et que l'atmosphère était stable, elles ont choisi l'annonce avant atterrissage. La CC précise qu'elle a anticipé cette annonce, car les vérifications sont plus longues pour les vols à destination de la Corse¹¹. La PNC 2 a fait l'annonce associée. La PNC 3 depuis l'arrière, et la PNC 4 depuis l'avant, ont commencé les vérifications en cabine. La CC a demandé au passager souffrant et aux membres de sa famille, présents dans le *galley* avant, de rejoindre leur siège.

Tous les membres d'équipage précisent que les turbulences ont été très fortes, et qu'ils se sont accrochés comme ils ont pu, dès qu'ils ont pu. Après la turbulence, l'objectif des PNC blessées était de se sécuriser en s'attachant (voir § 2.2.1). La PNC 2 explique qu'elle a pu se hisser sur le siège du *galley* arrière, elle avait principalement mal au dos. La PNC 3 explique qu'elle souffrait au pied après avoir heurté un accoudoir, et qu'elle a pu s'asseoir sur un siège passager, qu'elle a conservé jusqu'à la fin du vol. La PNC 4 a pu se relever, rejoindre le *galley* avant, ranger les quelques effets tombés au sol et s'asseoir. Pendant ce temps, la CC est partie à l'arrière pour vérifier l'état des PNC 2 et 3. Deux passagères, dont une qui était tombée au sol, l'ont sollicitée pour des douleurs. Un passager qui saignait de la tête, qui semblait être le blessé le plus grave selon elle, lui a indiqué qu'il allait bien (voir § 2.2.1). La CC explique qu'elle a compris que les deux PNC de l'arrière s'étaient « fait mal », mais elle n'a pas pris conscience qu'elles étaient grièvement blessées. Les deux PNC expliquent en effet qu'elles n'ont peut-être pas été suffisamment explicites sur ce point, elles étaient sidérées. La CC explique qu'elle a vu la PNC 4 poursuivre ses tâches et elle n'a pas non plus pris conscience qu'elle était grièvement blessée. Tous les membres de l'équipage ajoutent qu'ils étaient « choqués ». La CC précise qu'elle a perdu la notion du temps. Elle indique que la plupart des passagers étaient attachés pendant les turbulences.

Les deux membres d'équipage de conduite précisent qu'ils n'ont pas eu le temps de faire l'annonce prévue pour avertir les PNC (voir § 2.6). Ils ajoutent qu'aucun élément à leur disposition n'a permis d'identifier cette zone.

2.1.2.3 Fin du vol, après le passage dans la zone de turbulences

Les deux pilotes indiquent qu'étant donné la violence des turbulences, ils se doutaient qu'il y aurait des blessures en cabine. Le message de la CC a confirmé cela. La CC explique qu'elle a communiqué par interphone pour éviter de déranger les pilotes dans le poste de pilotage qui devaient être occupés avec la fin du vol et qu'elle préférerait être assise à ce moment-là. Elle s'attendait à ce que les pilotes demandent l'assistance médicale à la suite de son message. Le CDB explique qu'il a

¹¹ Selon la CC, les passagers à destination de la Corse sont généralement des familles de vacanciers, nécessitant plus d'attention.

décidé de ne pas informer le contrôle (ni AIREP¹² ni demande d'assistance) à la suite de cet événement, faute de temps, afin de mettre la priorité sur le pilotage et la trajectoire, et pour garder de la disponibilité pour gérer les phases d'approche et d'atterrissage imminent. Il n'y aurait pas eu de bénéfice selon lui. Il précise qu'il n'a pas partagé cette réflexion avec la copilote. Ils étaient autorisés pour l'approche, numéro 1 et proches de leur destination. La copilote précise a posteriori qu'une information aurait pu permettre de sensibiliser les autres pilotes dans la zone sur la sévérité du phénomène rencontré, cependant le temps imparti était contraint.

Après l'atterrissage, la CC a réalisé que les PNC du *galley* arrière ne pourraient pas désarmer les toboggans et ouvrir la porte pour le débarquement des passagers. Elle s'est dirigée vers l'arrière, et a aperçu un passager en uniforme, pilote pour un autre exploitant, procéder, sur sollicitation des PNC du *galley* arrière, aux actions liées au débarquement des passagers. Sur l'aire de stationnement, la CC est entrée dans le poste de pilotage et a demandé aux pilotes d'appeler les secours. Les pilotes ont alors demandé l'assistance médicale.

2.2 Blessures et dommages

2.2.1 Blessures portées à la connaissance du BEA

Lors des turbulences, la CC était debout dans le *galley* avant ; elle accompagnait les passagers présents dans le *galley* avant vers leurs sièges (ces passagers n'ont pas été blessés). Elle a été légèrement blessée et présentait quelques contusions.

La PNC 2 était debout dans le *galley* arrière lors des turbulences, elle terminait l'annonce aux passagers. Deux de ses vertèbres lombaires ont été fracturées dont une était disloquée ; une intervention chirurgicale a été nécessaire.

La PNC 3 commençait la vérification de la cabine, depuis l'arrière. Ses blessures étaient multiples :

- plusieurs fractures au pied gauche ;
- deux côtes fracturées ;
- tassement des vertèbres cervicales ;
- rupture totale des ligaments du genou droit et fissure du ménisque.

La PNC 4 commençait la vérification de la cabine, depuis l'avant. Une de ses vertèbres sacrées a été fracturée.

Une passagère, âgée de 77 ans, revenait des toilettes et s'asseyait au rang 24. Elle a été projetée de part et d'autre, puis en l'air et au sol. Une de ses vertèbres lombaires a été fracturée.

Une autre passagère, âgée de 60 ans, était assise au rang 17. Elle précise que sa ceinture était attachée et serrée, mais qu'elle s'est desserrée au fur et à mesure des turbulences. Une de ses vertèbres lombaires a été fracturée.

Un passager était présent dans les toilettes à l'arrière de l'avion. Il était égratigné au visage et saignait. Il n'a pas eu besoin d'assistance.

¹² Ou PIREP (*pilot report*). Les AIREP (*air report*) transmis au contrôle sont partagés avec les autres avions du secteur et avec Météo-France, selon les procédures en vigueur à la DSNA (voir § 2.9.1). Ils peuvent être également disponibles au travers du système eWAS (voir § 2.5.3).

2.2.2 Intervention des secours

La chronologie de l'intervention des secours a été la suivante :

- 12 h 31 : atterrissage ;
- 12 h 36 : arrivée sur l'aire de stationnement ;
- 12 h 37 : la copilote appelle les opérations de l'exploitant et demande l'intervention des pompiers ;
- 12 h 40 : la TWR d'Ajaccio demande l'intervention du SSLIA ;
- 12 h 42 : deux secouristes du SSLIA arrivent sur l'aire de stationnement. Ils dénombrent plusieurs blessés et demandent des renforts au SSLIA et au SDIS (Service Départemental d'Incendie et de Secours) ;
- 12 h 59 : arrivée d'un premier VSAV (Véhicules de Secours et d'Assistance aux Victimes) du SDIS et d'un véhicule du SAMU ;
- 13 h 06 : arrivée d'un deuxième VSAV ;
- 13 h 10 : mise en place d'un deuxième véhicule du SSLIA¹³ et engagement de la totalité du personnel SSLIA, information transmise à la tour de contrôle TWR selon le SSLIA ;
- 13 h 16 : arrivée d'un troisième VSAV ;
- 13 h 25 : fin de l'intervention du SSLIA ;
- 13 h 55 : fin de l'intervention des secours.

Entre 13 h 10 et 13 h 25, le SSLIA avait engagé la totalité de ses effectifs, cependant les capacités de ses véhicules n'étaient pas entamées (eau et mousse). Selon la DSAC, si un événement plus grave était survenu, le SSLIA pouvait changer de priorité en fonction de la gravité identifiée, n'affectant pas le niveau RFFS de l'aéroport.

De son côté, l'exploitant de l'aéroport précise que cet accident, survenu en vol, a engendré plusieurs incidents lors de l'intervention des secours :

- « l'indisponibilité des moyens du SSLIA, pendant environ 15 minutes, n'a pas été signalée aux aéronefs en mouvement sur l'aéroport par la TWR¹⁴ ;
- le déploiement des véhicules, notamment ceux du SDIS, autour de l'avion sur l'aire de stationnement, a gêné un avion au départ qui a été retardé et un avion à l'arrivée qui a dû changer d'emplacement à l'arrivée ».

Ces deux aspects ont fait l'objet de retours d'expérience auprès des services de contrôle de la TWR d'Ajaccio et du SDIS.

L'analyse de l'intervention des secours par l'exploitant de l'aéroport a mis en évidence les points suivants :

- une information préalable aurait permis de faire stationner l'avion au bout de l'aire de stationnement, pour éviter toute gêne ;
- un dénombrement des victimes préalable aurait permis d'avoir un dispositif adapté plus rapidement (en engageant directement les moyens du SDIS), et d'éviter d'engager la totalité du personnel SSLIA.

¹³ Le SSLIA de l'aéroport d'Ajaccio dispose de trois véhicules, car ponctuellement, le niveau RFFS peut passer de 7 à 9.

¹⁴ Durant cette période, plusieurs aéronefs ont décollé ou atterri sur l'aéroport.

2.2.3 Dommages

Les dommages suivants ont été constatés dans la cabine :

- le combiné de l'un des interphones du *galley* arrière était fortement endommagé¹⁵ ;
- un accoudoir à l'arrière de la cabine était endommagé ;
- l'abattant des toilettes à l'arrière de l'avion était cassé.

L'intérieur du radôme de l'avion a été retrouvé délaminé en son centre (zone claire sur la **Figure 3** ci-dessous). Le constructeur Airbus indique que ce dommage est caractéristique d'impacts de grêle.



Figure 3 : dommages sur la face interne du radôme (Source : Air France)

L'intégralité des ceintures a été vérifiée par l'exploitant selon les prescriptions de l'AMM. Aucun écart n'a été détecté. Deux ceintures au rang 17, celles d'une passagère blessée et de son voisin, ont été remplacées par mesure conservatoire.

Une inspection détaillée de l'avion a été menée par l'exploitant, en coopération avec le constructeur, en raison du niveau élevé des turbulences rencontrées en vol. Aucune anomalie n'a été détectée. L'avion a été remis en service après remplacement du radôme et réparation des dommages en cabine.

2.3 Enregistreurs de vol

2.3.1 Informations sur le CVR

Le CVR contenait 2 heures 10 d'enregistrement incluant les conversations de l'équipage de conduite, les communications avec les PNC, les communications avec les services du contrôle aérien, et le bruit ambiant du poste de pilotage. Les 37 premières minutes de l'enregistrement contiennent la fin du vol de l'accident, du briefing avant l'arrivée jusqu'à l'atterrissage, puis l'intervention des services de secours.

¹⁵ Le *galley* arrière dispose d'un deuxième interphone.

Le signal du microphone d'ambiance (CAM) a été interrompu pendant sept secondes durant la traversée de la zone de turbulences¹⁶. Cette interruption a été précédée de nombreuses interférences sporadiques qui sont venues polluer le signal du CAM enregistré par le CVR. Ce phénomène interférent, connu du constructeur Airbus sous le qualificatif de « *ESD popping* », est produit par des décharges électrostatiques qui s'accumulent au pourtour des pare-brises à l'approche ou lors de la traversée de zones orageuses.

Une étude, relative à ce phénomène plusieurs fois observé sur des avions Airbus des flottes *Single Aisle* (A318 à A321), *Long Range* (A330 et A340) et *Wide Body* (A310 et A300), est actuellement menée par le BEA afin que des mesures soient prises pour corriger ce défaut qui présente un risque non négligeable de perte de données indispensables à la compréhension des incidents et des accidents de transport commercial.

2.3.2 Informations sur le FDR

Plusieurs informations ne sont pas enregistrées dans le FDR du F-HBNJ. Elles auraient permis de préciser certains éléments de l'enquête :

- paramètres du radar météorologique embarqué : *tilt* et gain¹⁷ (voir § 2.4.3) ;
- données du radar météorologique embarqué présentées sur le ND.

Les enquêteurs du BEA ne disposent ainsi d'aucun enregistrement des données radar à disposition de l'équipage de conduite avant et lors de la traversée de la zone de turbulences. Seuls le mode d'affichage et le *range* du ND sont enregistrés. Les témoignages des pilotes n'ont pas permis de déterminer les valeurs de *tilt* utilisées au cours du vol.

Entre la fin de la croisière et le début des turbulences, les ND étaient en mode d'affichage ARC¹⁸ et les *ranges* ont été modifiés comme suit :

	Distance à Ajaccio	Distance au Cb	Range PF (CDB)	Range PM (copilote)
Fin de croisière			160 NM	160 NM
12 h 10 min 25 (début de descente)	125 NM	55 NM		80 NM
12 h 13 min 16	100 NM	30 NM		160 NM
12 h 15 min 05	85 NM	15 NM	80 NM	
12 h 15 min 28	80 NM	10 NM		80 NM
12 h 15 min 51 (consignes)	78 NM	8 NM		
12 h 16 min 23 ¹⁹	72,5 NM	2,5 NM		20 NM
12 h 16 min 32 ¹⁹	71,2 NM	1,2 NM	20 NM	
12 h 16 min 39 (début des turbulences)	70 NM	0 NM		

¹⁶ Les pilotes portaient leur casque à ce moment, l'enregistrement de leurs communications n'a pas été altéré.

¹⁷ Depuis 2025, le constructeur Airbus propose à ses exploitants un bulletin de service (SB) permettant désormais d'enregistrer ces deux paramètres.

¹⁸ Affichage d'un secteur de 90° devant l'avion.

¹⁹ Le mode 'turbulence' (WX+T) du radar météorologique embarqué s'active lorsque le *range* sélectionné du ND est inférieur à 50 NM (voir § 2.4.3).

En 2018, l'OACI a demandé que les avions de masse maximale au décollage supérieure à 27 000 kg dont la demande de certification de type est présentée à partir du 1^{er} janvier 2023²⁰ soient équipés d'un enregistreur de vol protégé qui enregistre les informations affichées à l'équipage de conduite sur les écrans électroniques (FCMIR, *Flight Crew Machine Interface Recording*), ainsi que l'utilisation des interrupteurs et des sélecteurs par l'équipage de conduite (cf. Annexe 6 à la Convention relative à l'Aviation civile internationale). Le BEA avait émis une recommandation de sécurité à cette fin en 2011 ; d'autres autorités d'enquêtes ont également émis des recommandations similaires.

L'AESA a édité des spécifications minimales à respecter concernant ce type d'enregistreurs (ETSO-2C176a), mais la disposition OACI n'est pas déclinée dans le [règlement européen consolidé \(UE\) n° 965/2012, dit « Air Ops », applicable aux opérations aériennes](#), ni dans le [règlement de certification CS-25, applicable aux avions lourds](#).

Ce type d'enregistreur aurait permis de préciser les informations du radar météorologique présentées à l'équipage de conduite au ND, informations qui n'ont pas pu être reconstituées précisément au travers des témoignages ; toutefois, la disposition décrite ci-dessus n'a pas vocation à être rétroactive.

L'AESA a indiqué au BEA que cet aspect était intégré dans la [tâche règlementaire RMT.0392 \(sous-tâche 3\)](#), afin d'évaluer la transposition des dernières normes et pratiques recommandées définies par l'OACI dans la réglementation européenne.

2.4 Radar météorologique embarqué

2.4.1 Généralités

Le radar météorologique embarqué est conçu pour détecter l'eau sous forme liquide (pluie ou grêle humide). Il détecte difficilement l'eau sous forme solide, comme les cristaux de glace ou la neige sèche.

Il existe différents types de radars météorologiques embarqués :

- les radars manuels pour lesquels le *tilt* est ajusté manuellement par l'équipage de conduite avec un réglage commun aux deux ND ou indépendant pour chaque ND ;
- les radars de type « *autotilt* », pour lesquels le *tilt* est automatiquement ajusté en fonction du *range*, de l'altitude et du terrain (à l'aide de la base de données terrain du système TAWS) ;
- les radars de type « *multiscan* », pour lesquels le *tilt* et le gain sont automatiquement ajustés en fonction de la position géographique, de l'altitude et de la saison. Deux faisceaux permettent d'afficher une information combinée sur le ND ;
- les radars de type « *fully automatic* », pour lesquels un scan volumétrique est stocké en mémoire. Ces radars permettent de présenter sur le ND la situation météorologique détectable à l'altitude choisie par l'équipage de conduite.

2.4.2 Répartition des différents types de radar sur les avions de type A320

Selon le constructeur Airbus, les différentes versions de radars embarqués sur les avions de type A320 sont, à la date de publication du rapport, réparties comme suit :

- 8 % de radars manuels ;
- 16 % de radar « *autotilt* » ;
- 76 % de radars « *multiscan* » et « *fully automatic* » (dernières générations).

²⁰ Le certificat de type de l'avion Airbus A320 a été demandé en 1987.

Airbus propose des bulletins de service (SB) aux exploitants pour remplacer les radars manuels par des radars de dernière génération. Le dernier SB en vigueur est coûteux en ressource, car il nécessite plusieurs journées de travail. Un SB précédent, devenu obsolète par l'arrêt de la production du radar à installer, permettait de faire le remplacement en moins d'une demi-journée.

Les différentes versions de radars embarqués sur les avions de type A320 de l'exploitant Air France sont réparties comme suit :

- 75 % de radars manuels (cas du F-HBNJ) ;
- 25 % de radars « *multiscan* ».

L'exploitant explique cet écart par rapport à la flotte mondiale en raison de la politique de remplacement de la flotte A320 depuis quatre ans, par une flotte d'avions Airbus A220, équipés de radar de dernière génération « *multiscan* ».

Dans la publication [Weather Information to pilots strategy paper](#), publiée en 2018, l'AESA avait émis une recommandation afin de promouvoir l'installation de radars météorologiques de bord de dernière génération, en mettant l'accent sur l'intégration de capacités de détection du cisaillement du vent et de la turbulence. L'AESA n'a pas été en mesure de quantifier la portée de cette recommandation. Il convient toutefois de noter que les radars de dernière génération peuvent présenter certaines limitations propres.

2.4.3 Radar embarqué à bord du F-HBNJ

Le F-HBNJ était équipé d'un radar météorologique WRT-701X fabriqué par Collins Aerospace. C'est un radar manuel avec un réglage commun du *tilt* pour les deux ND.

Il permet d'afficher sur chaque ND l'intensité des précipitations en affichant des couleurs contrastées sur un fond noir. Les zones de précipitations apparaissent de différentes couleurs :

- les plus abondantes, en rouge (réflectivité supérieure à 40 dBz) ;
- les moyennes, en jaune (réflectivité supérieure à 30 dBz, inférieure à 40 dBz) ;
- les plus faibles en vert (réflectivité supérieure à 20 dBz, inférieure à 30 dBz).

Deux modes (WX+T ou TURB), permettent d'afficher les zones de turbulences en magenta, lorsque le *range* du ND est inférieur à 50 NM.

L'image obtenue sur le ND est fonction de trois paramètres : le gain, le *tilt* et le *range* du ND. Le réglage du *tilt* détermine l'angle sous lequel est orienté le faisceau radar par rapport à l'horizon. Le réglage du gain permet d'ajuster la sensibilité du radar, il inclut une position CAL²¹ de calibration automatique, position normalement utilisée en vol.

²¹ En position CAL (AUTO), le gain est dans la position optimale pour détecter les nuages convectifs standards. Le réglage manuel du gain peut être utilisé pour analyser les échos radar.

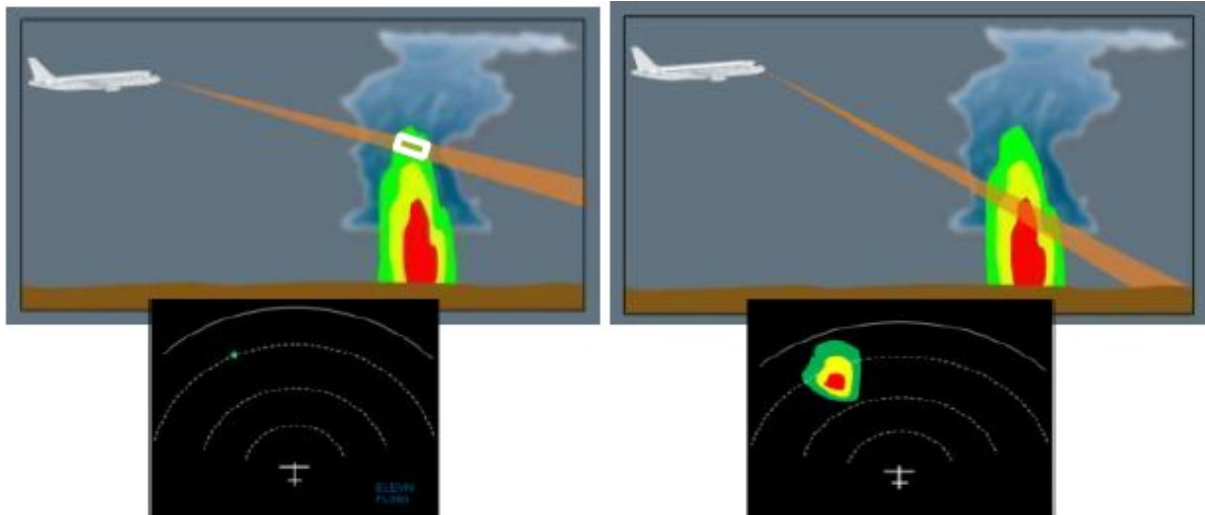


Figure 4 : détectabilité en fonction du tilt (Source : Airbus)

Le radar du F-HBNJ a été testé chez le constructeur Collins Aerospace. Aucune défaillance susceptible d'avoir contribué à la séquence de l'accident n'a été mise en évidence.

En l'absence d'enregistrement, il n'a pas été possible de simuler, avec une confiance suffisante dans la validité du résultat, les données qui ont été mesurées par le radar météorologique embarqué et présentées sur le ND. De plus, les technologies des radars sol de précipitation de Météo-France et des radars météorologiques embarqués étant différentes, et les faisceaux radar se propageant dans des environnements différents, il est impossible de déterminer précisément la réflectivité mesurée par le radar embarqué (voir § 2.5.1).

2.4.4 Procédures

Pour le survol maritime, le constructeur recommande d'utiliser un *tilt* de :

- -6° pour un *range* d'affichage de 40 NM ;
- -2° pour un *range* de 80 NM ;
- -1° pour un *range* de 160 NM.

La documentation de l'exploitant²² précise que « *tout orage doit être considéré comme dangereux* » et que « *la veille radar est obligatoire pendant tout le vol* ». Elle demande :

- *d'éviter les orages ;*
- *d'utiliser toutes les informations disponibles pour évaluer la situation ;*
- *d'alerter les PNC dès que nécessaire. »*

Elle précise également :

- « *les échos verts dans la bande des 80 NM sont analysés ;*
- *la décision d'évitement est prise dans les 40 NM ;*
- *à une altitude supérieure au FL 230, l'évitement latéral d'une zone rouge ou magenta doit être supérieur à 20 NM ».*

²² L'exploitant utilise la documentation du constructeur.

2.5 Données météorologiques

2.5.1 Analyse par Météo-France

Météo-France précise qu'un temps instable, favorable à des déclenchements orageux potentiellement intenses, était présent autour du golfe de Gênes et de la Corse en raison :

- d'une goutte froide en altitude, positionnée sur la France, avec une influence jusqu'au nord de la mer Méditerranée ;
- d'un minimum dépressionnaire, plus près du sol, à l'ouest de la Sardaigne provoquant une remontée d'air très chaud et humide en direction de la Corse et des Alpes du sud.

Sur la mer Méditerranée, un large système convectif avait notamment pris naissance au large de Toulon (83) vers 8 h 30 et avait poursuivi sa route en longeant les côtes vers Monaco (visible en rouge sur la **Figure 5**). Ce système convectif faisait l'objet d'un SIGMET. Il n'était pas situé sur la trajectoire de l'avion.

Une cellule convective isolée s'est également développée sur la mer Méditerranée, au large d'Ajaccio (visible en rouge sur la Figure 5), sur la trajectoire de l'avion, à partir de 11 h 30. Le cœur de la cellule convective est resté dans un premier temps sous le FL 230 et s'est rapidement développé entre 12 h 10 et 12 h 20, atteignant des niveaux de vol plus élevés, et donnant lieu à de fortes vitesses verticales et de ce fait à de fortes turbulences, ainsi qu'à la présence de grêle. Une forte nébulosité sur la mer Méditerranée, entre le FL 200 et le FL 390, pouvait masquer visuellement la cellule convective (visible en jaune sur l'image sandwich²³ présentée sur la **Figure 5**).

²³ L'image sandwich est une image superposant des canaux, et non les combinant, d'où le nom de sandwich : le canal infrarouge est superposé au canal visible. Une gamme de couleurs est appliquée au canal infrarouge de manière à mettre en évidence les températures les plus froides des sommets des nuages (en rouge). Par transparence, elle laisse apparaître la morphologie des nuages détectables avec le canal visible (en jaune).

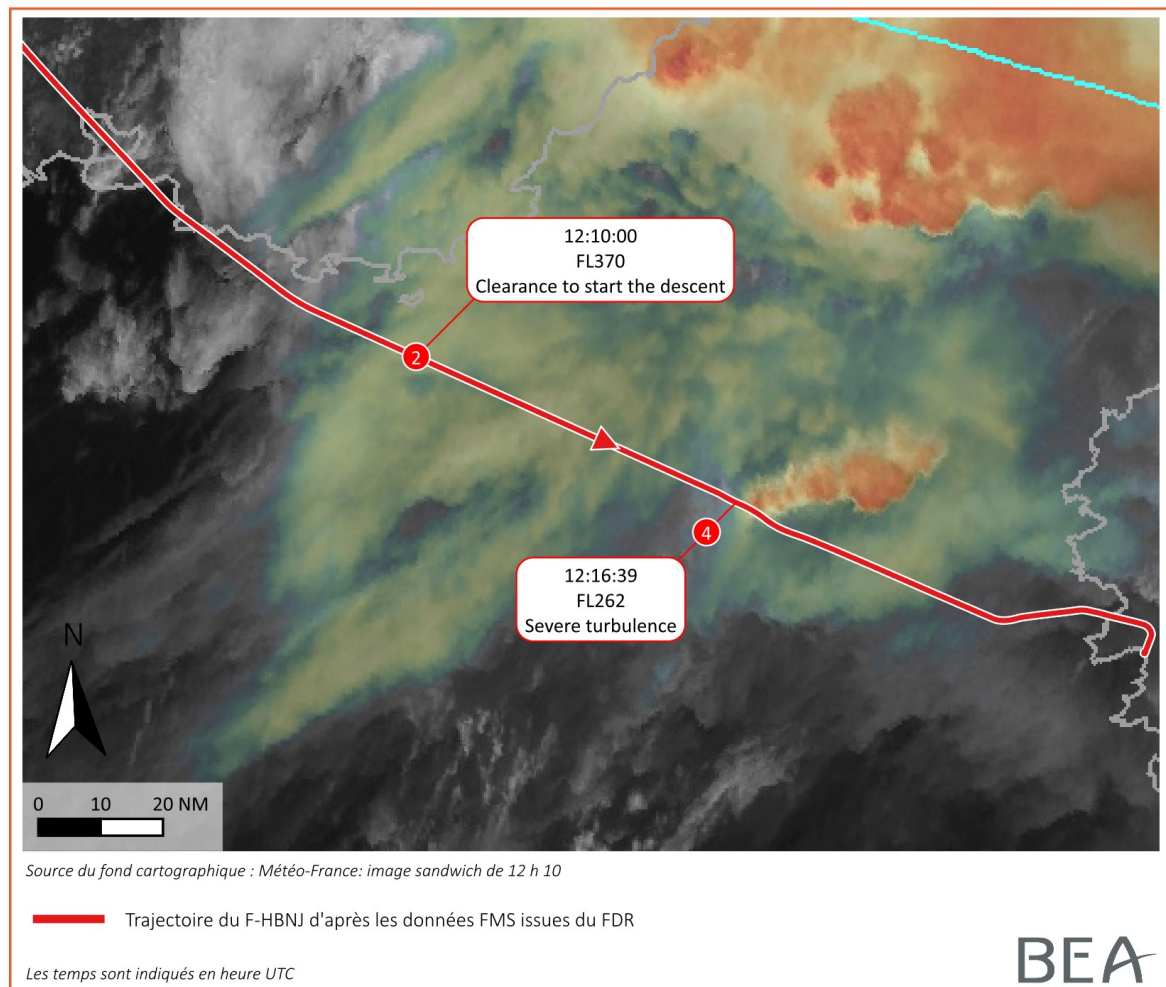


Figure 5 : image sandwich de 12 h 10

L'analyse des données des radars sol de précipitation de Météo-France, relative à la cellule convective traversée par l'avion au FL 262, montre :

- qu'à partir de 11 h 30 :
 - les précipitations faibles à modérées (réflectivité supérieure à 20 dBz) culminaient au FL 210,
 - les précipitations fortes (réflectivité supérieure à 40 dBz) culminaient au FL 140,
- qu'à partir de 12 h, et notamment à 12 h 10 :
 - les précipitations faibles à modérées culminaient au FL 350,
 - les précipitations fortes culminaient au FL 230,
- qu'à partir de 12 h 20, les précipitations fortes culminaient au FL 270.

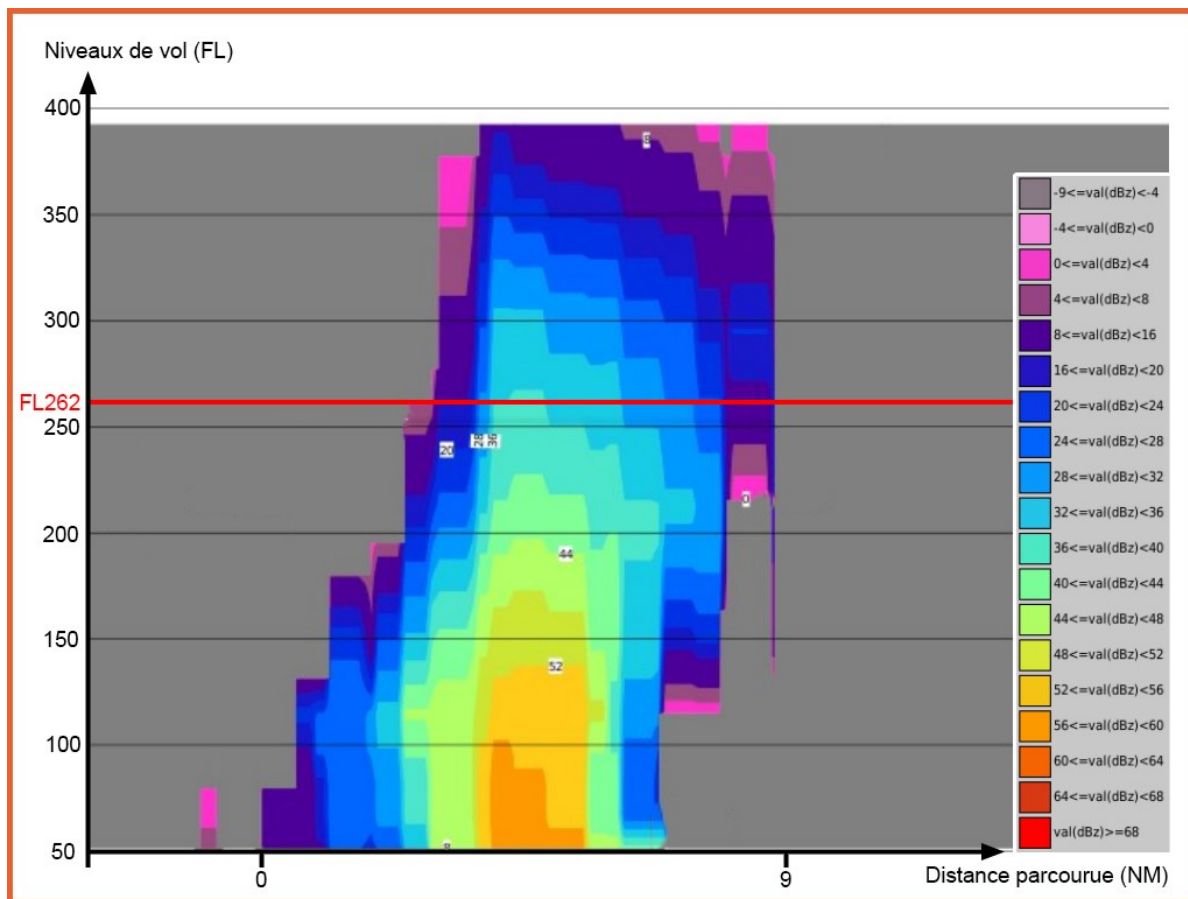


Figure 6 : coupe verticale du champ de réflectivité radar à 12 h 10 de la cellule convective selon la trajectoire de l'avion, échelle de réflectivité à droite (Source : Météo-France)

Les précipitations les plus réfléchives sont celles contenant de l'eau sous forme liquide (pluie ou grêle humide). Comme le radar météorologique embarqué, le radar météorologique au sol détecte difficilement l'eau sous forme solide, comme les cristaux de glace ou la neige sèche.

Vu les niveaux de réflectivité mis en évidence par les moyens d'observation sol, et selon l'expérience de Météo-France et de Collins Aerospace, la cellule convective était théoriquement détectable par le radar météorologique embarqué, avant que l'avion ne la traverse.

2.5.2 Données disponibles dans le dossier de vol

L'équipage de conduite disposait de différentes informations avant le vol :

- cartes du temps significatif (TEMSI) valides à 12 h de Météo-France et de Met Office (UK) ;
- profil du vol avec le vent ;
- messages TAF et METAR sur les aérodomes concernés par le vol.

La carte TEMSI EUROOC de Météo-France (voir **Figure 7**) mentionnait, à proximité de la zone de l'accident, en bordure de la zone festonnée, la nébulosité suivante :

- des cumulonimbus, isolés et localement noyés dans la masse²⁴, dont la base était située sous le FL 100 et le sommet entre les FL 370 et 400 ;
- des cirrus, morcelés, dont la base était située entre les FL 220 et 260 et le sommet entre les FL 350 et 400.

La carte TEMSI de Met Office (voir **Figure 8** ci-dessous) ne mentionnait pas la présence de cumulonimbus isolés et noyés dans la masse dans la zone de l'accident.

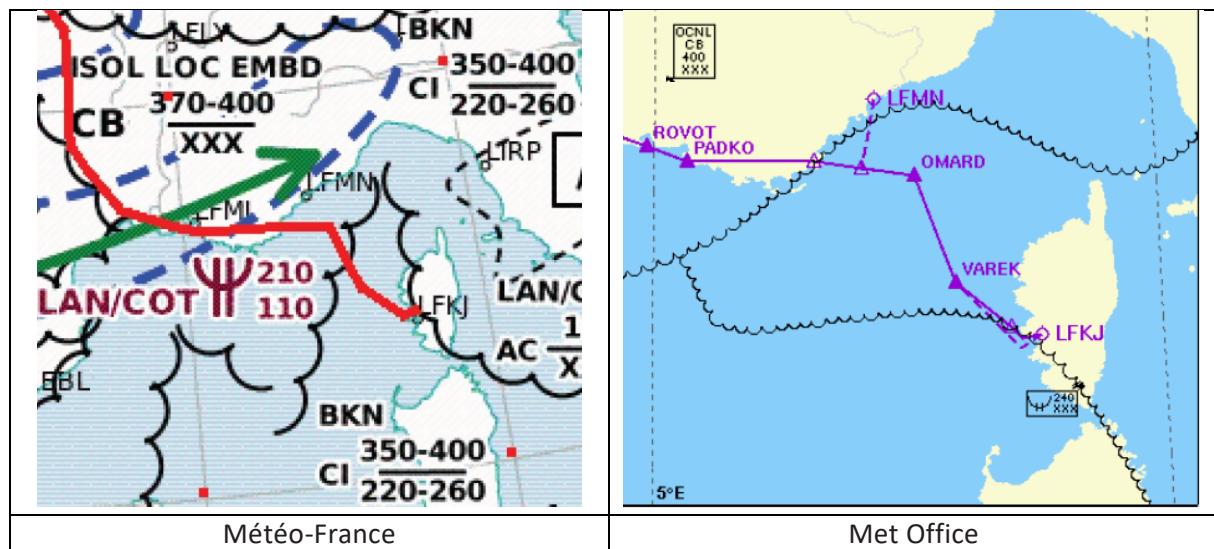


Figure 7 et Figure 8 : extraits des cartes TEMSI, trajectoire prévue au plan de vol
(Source : Air France)

2.5.3 Données eWAS²⁵

L'exploitant Air France met à disposition de chaque pilote, au travers de son EFB, l'application eWAS. Cette application fournit des prévisions et des observations météorologiques provenant de différentes sources sous la forme d'une carte interactive avec une représentation dans le plan vertical et dans le plan horizontal. Le manuel d'utilisation d'eWAS fourni par l'exploitant précise : « l'utilisation d'eWAS est limitée à l'aide à la prise de décision de niveau stratégique, au stade de la préparation des vols ou en anticipation. L'application eWAS ne se substitue pas au radar météo embarqué pour toute prise de décision tactique et ne doit pas être utilisée dans ce cas de figure ». La durée de traitement des informations avant leur mise à disposition pour les utilisateurs crée une latence de l'ordre de la vingtaine de minutes.

Le CDB indique qu'il a mis à jour les données du système eWAS avant la descente. L'enquête n'a pas permis de déterminer quelle information était disponible pour les pilotes à cet instant.

²⁴ Les conventions internationales n'imposent plus, depuis janvier 2025, l'indication sur les cartes des temps significatifs de la présence de cumulonimbus isolés noyés dans la masse (CB ISOL EMBD). Météo-France a cependant conservé cette pratique.

²⁵ Electronic/Enhanced Weather Awareness System.

L'exploitant a pu fournir l'image reconstituée²⁶ disponible à 12 h (voir **Figure 9**), quelques minutes avant le briefing et environ dix minutes avant le début de descente. Elle met en évidence :

- le système convectif présent au large de Nice mentionné par le PF dans son témoignage ;
- une mer dégagée entre le continent et la Corse hormis une cellule convective isolée de petite taille au large d'Ajaccio, à l'origine des turbulences rencontrées. Les informations relatives à cette cellule étaient : « *cumulonimbus sévères observés, entre le sol et le FL 310, à partir de 11 h 40* ».



Figure 9 : information disponible sur eWAS à 12 h (Source : Air France)

Selon les données CVR, l'équipage de conduite a consulté l'application eWAS vers 12 h 22, après les turbulences, et a confirmé que la cellule convective était bien affichée sur l'application. L'enquête n'a pas permis de savoir à quel moment cette image consultée avait été mise à jour sur les EFB des deux membres d'équipage de conduite. Si toutefois, l'image avait été actualisée avant le passage de l'avion dans la cellule convective, vu sa petite taille, elle pouvait passer inaperçue au profit du système convectif au large de Nice, voire elle pouvait être masquée par le trait représentant la route, en fonction du niveau de zoom choisi par les pilotes.

2.5.4 Fonction EDR

Certains avions sont équipés de la fonctionnalité compte-rendu EDR (*Eddy Dissipation Rate*, métrique de la turbulence). La fonction EDR calcule à partir des systèmes de bord l'amplitude de la turbulence et permet le partage de l'information avec la communauté de manière automatique et harmonisée. Les données sont d'abord transmises de l'aéronef vers le sol, puis acheminées via une

²⁶ Air France a pu accéder, via le prestataire SITA, aux données météorologiques telles qu'elles étaient utilisées par eWAS au moment de l'accident.

infrastructure réseau dédiée vers la base de données de l'IATA. Cette information est ainsi disponible pour les autres avions au moyen de l'application eWAS, par exemple, sous réserve que les exploitants concernés aient souscrit l'abonnement pour recevoir ces données. Les informations ne sont ainsi utiles que si au moins deux aéronefs pouvant exploiter cette donnée traversent la même zone. Les autorités et les constructeurs font la promotion de la fonction EDR.

Il n'y avait pas de compte-rendu EDR dans la zone.

Le F-HBNJ n'était pas équipé de la fonction EDR. L'exploitant précise que la fonction EDR est déployée sur sa flotte de Boeing 777 et Boeing 787. Le déploiement de cette fonction est également réalisé sur sa flotte d'Airbus A350 depuis juin 2026.

2.6 Procédures opérationnelles en cas de turbulences

La documentation de l'exploitant précise que « *les échanges d'informations entre l'équipage de conduite et cabine sont cruciaux dans la gestion du risque lié aux turbulences* ». Elle contient les tableaux suivants qui récapitulent les actions en fonction de la sévérité des turbulences :

	Début des turbulences		
	Faibles	Modérées / fortes prévues	Fortes / extrêmes non prévues
Actions pilotes	Allume la consigne « Attachez vos ceintures ».	Vérifie l'allumage ou allume la consigne « Attachez vos ceintures ». Prévient le CC et/ou l'ensemble de l'équipage par interphone ou PA au moyen d'une annonce adaptée.	Vérifie l'allumage ou allume la consigne « Attachez vos ceintures ». Fait l'annonce suivante au PA : « Ici le poste de pilotage, PNC assis, attachés, turbulences fortes ».
Annonces passagers	Le PNC effectue au PA l'annonce prévue, même la nuit : « Nous entrons dans une zone de turbulences. Pour votre sécurité, le CDB vous demande de regagner votre siège, vous asseoir, attacher et ajuster votre ceinture ».	Le PNC informe les passagers le plus tôt possible par l'annonce suivante au PA : « Nous entrons dans une zone de fortes turbulences. Pour votre sécurité, le CDB vous demande de regagner votre siège, vous asseoir, attacher et ajuster votre ceinture ».	
Actions PNC	S'assure que tous les passagers, y compris ceux présents éventuellement dans les toilettes, regagnent leur siège.		Bloque les trolleys. Pose si possible sur le sol le matériel qui pourrait être projeté. S'attache immédiatement sur le siège le plus proche. En cas de cabine complète, s'assied ou s'accroupit dans l'allée et s'accroche à la structure des fauteuils ou aux bras des passagers assis sur les sièges latéraux.
	S'assure que tous les passagers sont attachés [...]. Prête attention à toute annonce des pilotes ou à toute évolution de la situation en vue d'un rangement rapide du matériel mobile. Les PNC continuent le service à bord avec prudence.	Range rapidement le matériel, vérifie les ceintures des passagers. [...]. Rejoint son siège de structure et s'attache (ceinture et harnais).	
Communication équipage	Le PNC rend compte au CC des actions effectuées.		Le PNC, si possible, informe le CC de la situation en cabine. Le CC rend compte au CDB.

	Fin des turbulences		
	Faibles	Modérées / fortes prévues	Fortes / extrêmes non prévues
Actions pilotes/PNC	Les pilotes éteignent la consigne « Attachez vos ceintures ».	Déplacement du PNC autorisé après accord des pilotes, par un appel général PNC ou au moyen de l'annonce PA « PNC, vous pouvez vous déplacer ».	Déplacement du PNC autorisé après accord des pilotes, au moyen de l'annonce PA « PNC, vous pouvez vous déplacer ».
Actions PNC	[...].	[...].	[...]. Inspecte les toilettes. S'assure de la bonne sécurisation du matériel roulant mis en libre-service.[...].

L'équipage de conduite n'ayant pas détecté de menace sérieuse, il s'est placé dans une logique de « turbulences faibles » et a allumé la consigne « attachez vos ceintures », demandant ainsi aux PNC de faire l'annonce associée et de vérifier la cabine. Lors de la détection de l'écho radar de couleur rouge, conformément aux pratiques recommandées par l'exploitant et le constructeur, l'équipage a privilégié la gestion de la trajectoire. Il n'avait plus la disponibilité pour avertir les PNC avec l'annonce prévue.

Un exploitant européen, consulté au cours de l'enquête, impose aux passagers de rester attachés pendant l'intégralité du vol. Ainsi, en cas de turbulences faibles, les PNC n'ont pas à vérifier la cabine et peuvent continuer leurs tâches. Air France conseille aux passagers de garder les ceintures attachées et visibles, pour faciliter les vérifications en cas de turbulence. Cette annonce est faite au début du vol.

En cabine, la CC a choisi de faire l'annonce de sécurité « approche » aux passagers, leur demandant notamment d'attacher et d'ajuster leur ceinture de sécurité en prévision de l'atterrissage. Cette annonce est normalement faite après le passage des 10 000 ft. L'attendu côté passager de cette annonce est le même que celui de l'annonce relative aux turbulences faibles : ceintures attachées et serrées, cependant la rapidité d'exécution peut être moindre dans le cas de l'annonce de sécurité « approche », la turbulence étant en effet un danger imminent. Les PNC vérifient ensuite la cabine. L'annonce de sécurité « approche » impose de vérifier, en plus, la position des sièges, des tablettes et des caches hublots. Par ailleurs, elle n'informe pas les passagers de turbulences à venir. Cela n'a en fin de compte très probablement pas eu d'influence sur les blessures des passagers.

Enfin, il est à noter que, de manière générale, les vérifications en cabine menées par les PNC, en cas de turbulences (faibles, modérées/fortes prévues), les exposent au moment où le risque augmente.

2.7 Renseignements sur la navigation aérienne

L'équipage de conduite a été en communication avec quatre secteurs du CRNA-Sud-Est (dont l'indicatif radio est « Marseille contrôle »)²⁷ :

- secteur M3, à partir de 11 h 51 min 45 ;
- secteur F3, à partir de 12 h 04 min 57 ;
- secteur E2, à partir de 12 h 12 min 22 ;
- secteur AJ, à partir de 12 h 15 min 11 et jusqu'à 12 h 18 min 16.

Sur les secteurs F3, E2 et AJ, l'occupation de la fréquence était inférieure à 40 %.

L'analyse des communications radiophoniques montre que plus d'une cinquantaine d'évitements ont été demandés par les pilotes dans les secteurs mentionnés. Aucun évitement n'avait été réalisé au voisinage de la cellule convective traversée par le F-HBNJ, avant son passage.

Les contrôleurs du CRNA-Sud-Est disposent d'un écran secondaire multiservice nommé 4Me, à proximité de leur écran radar principal utilisé pour la fonction de contrôle (voir **Figure 10**). La fonction MAP de l'écran 4Me permet entre autres d'afficher simultanément la situation météorologique ASPOC²⁸ et la situation aérienne ARTAS²⁹ dans la zone de compétence (voir **Figure 11** et **Figure 12**), pour renforcer la conscience de la situation du contrôleur, dans le but d'établir des stratégies de gestion du trafic. Il est à noter que les données ASPOC ont une latence qui peut atteindre une quinzaine de minutes.

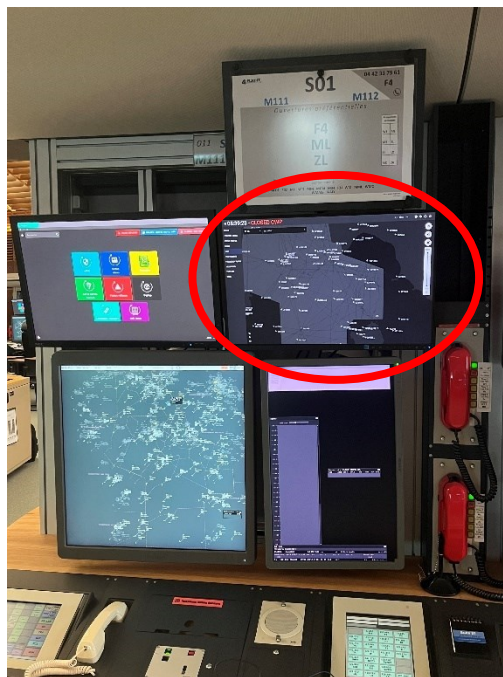


Figure 10 : position de l'écran multifonction 4Me sur la position de contrôle
(Source : DSNA/CRNA-Sud-Est)

²⁷ Considérant la nature de l'accident, le BEA n'a pas recueilli les témoignages des contrôleurs ayant géré le vol à proximité de la cellule convective.

²⁸ Application de signalisation et de prévision des orages pour le contrôle aérien.

²⁹ ATM suRveillance Tracker And Server.

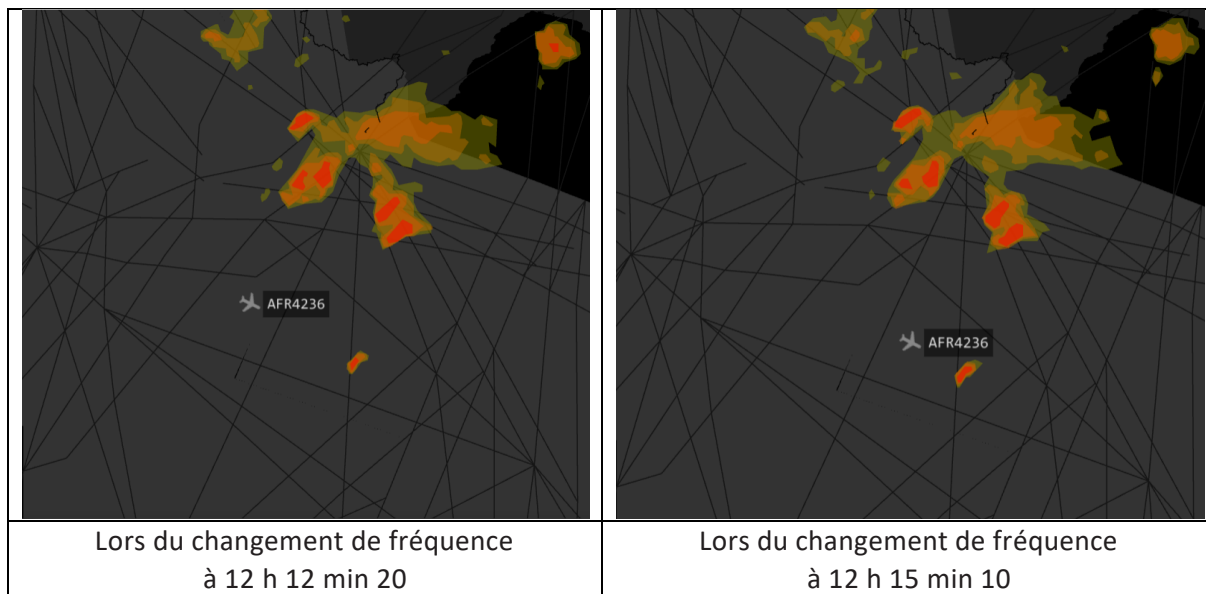


Figure 11 et Figure 12 : reconstitution de l'image 4Me³⁰ et de la position du F-HBNJ à partir de données ASPOC (Source : DSNA/DTI)

Le manuel d'exploitation du CRNA-Sud-Est précise : « un aéronef qui va probablement pénétrer dans une zone de mauvais temps devrait être averti suffisamment à l'avance pour qu'il puisse décider des mesures à prendre », comme proposé par la GM1 associée à l'exigence ATS.TR.155(C)(5) du [règlement européen consolidé \(UE\) n° 2017/373 applicable aux prestataires de services de gestion du trafic aérien et de services de navigation aérienne](#) :

« [INFORMATIONS RELATIVES AUX CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DÉFAVORABLES

- a) Lorsqu'il apparaît qu'un aéronef est susceptible de pénétrer dans une zone de conditions météorologiques défavorables, cette information devrait être transmise suffisamment tôt pour permettre au pilote de décider de la conduite à tenir, notamment de demander, s'il le souhaite, des conseils sur la meilleure manière de contourner la zone concernée ;
- b) Selon les capacités du système de surveillance ATS, les zones de conditions météorologiques défavorables peuvent ne pas être affichées sur l'écran de situation. Le radar météorologique de bord fournit généralement une détection et une caractérisation des phénomènes météorologiques défavorables de meilleure qualité que les capteurs radar utilisés par les services de la circulation aérienne ;
- c) Lorsqu'il assure le guidage radar (vecteur) d'un aéronef afin de contourner une zone de conditions météorologiques défavorables, le contrôleur de la circulation aérienne devrait s'assurer que l'aéronef pourra être ramené sur sa trajectoire prévue ou assignée tout en restant dans la couverture du système de surveillance ATS. Si cela ne semble pas possible, il devrait en informer le pilote] ».

La DSNA précise toutefois que l'écran secondaire 4Me est multiservice et que la fonction MAP n'est pas toujours affichée sur l'écran. Elle peut par exemple être remplacée par une autre fenêtre (charge de trafic, plans de vol, etc.). La DSNA ajoute qu'il est attendu qu'un contrôleur fasse ce genre d'information de vol, s'il en a le temps.

³⁰ Les données 4Me ne sont pas enregistrées. Elles ont été reconstituées à partir des enregistrements des informations météorologiques produites par Météo-France et gérés par le prestataire MetSafe.

L'une des pratiques mentionnées dans la consigne 03-38/13 de la Direction des Opérations (DO) de la DSN est d'attendre la confirmation de la présence de la cellule convective par des pilotes avant de transférer l'information aux autres pilotes. La consigne 03-38/13 ne reprend pas les dispositions de l'ATS.TR.155(C)(5), par ailleurs elle ne fait pas mention des systèmes déployés aujourd'hui dans les organismes, notamment 4Me.

L'enquête met en évidence que dans les conditions de l'événement, l'équipage de conduite avait à bord une représentation moins précise du phénomène météorologique défavorable que celle fournie par les capteurs utilisés par les services de la circulation aérienne.

En 2022, dans le [rapport d'enquête relatif à l'accident survenu au Boeing 737 immatriculé SE-RPE le 25 juillet 2021 en croisière à destination de Nice](#) (turbulences convectives), le BEA avait émis la recommandation suivante :

« L'AESA, en coordination avec Eurocontrol :

- 1- procède à un examen mondial des systèmes, existants ou en développement, qui affichent des images météorologiques en quasi-temps réel sur les écrans radar des contrôleurs aériens, et de leur utilisation par les prestataires de services de la navigation aérienne dans le cadre du service d'information de vol, dans le but de faciliter les stratégies d'évitement météorologique développées par les équipages de conduite,
- 2- sur la base de l'examen ci-dessus et d'autres données disponibles, identifie les spécifications des systèmes, les outils et les méthodes de travail qui seraient les mieux adaptés à une utilisation par les prestataires de services de la navigation aérienne européens dans le but de faciliter les stratégies d'évitement météorologique développées par les équipages de conduite,
- 3- promeuve la mise en œuvre et l'utilisation de tels systèmes, outils et méthodes de travail par les prestataires de services de la navigation aérienne européens dans le but de faciliter les stratégies d'évitement météorologique développées par les équipages de conduite.

[Recommandation FRAN-2022-014] ».

Le BEA avait jugé inadéquate la réponse de l'AESA à cette recommandation, notamment car elle mentionnait les informations météorologiques mises à la disposition des pilotes. La réponse faite n'a pas permis au BEA d'évaluer clairement les actions entreprises ou en cours au sujet des informations météorologiques pour les contrôleurs aériens.

À la date de publication du rapport, les travaux de l'AESA sur la mise à disposition des images météorologiques en quasi-temps réel sur les écrans radar des contrôleurs aériens sont en cours, mais se trouvent encore à un stade trop précoce pour que l'AESA communique sur l'avancée des travaux.

2.8 Événements similaires

Parmi les occurrences que le BEA enregistre dans sa base de données figurent celles pour lesquelles il conduit une enquête et celles qui lui sont notifiées par les organismes d'enquêtes étrangers au titre de l'État de conception, de construction, d'immatriculation ou d'exploitation, conformément aux dispositions de l'Annexe 13 de l'OACI.

Ainsi au cours des onze dernières années (2015-2025), le BEA a enregistré 79 événements³¹ catégorisés « TURB : *turbulence encounter* » selon la taxonomie internationale, pour un total de 91 blessés graves. Ce nombre est soumis à la variabilité qui peut exister à travers le monde concernant l'appréciation du niveau des blessures et le système de notification en général.

³¹ Accidents ou incidents graves impliquant des avions de plus de 5,7 t ou exploités en transport commercial.

Pour quatre de ces événements, le peu d'informations disponibles, notamment l'absence de rapport, ne permet pas de déterminer la nature des turbulences rencontrées (turbulences convectives, turbulences de sillage ou turbulences en air clair³²).

En revanche, parmi les 75 cas restants, 45 sont relatifs à des turbulences associées à un phénomène convectif. L'analyse de ces cas, faisant 67 blessés graves, montre que :

- les blessés sont majoritairement des PNC (49 blessés graves) ;
- quand la cellule convective a été détectée, l'équipage de conduite n'a pas pris ou n'a pas pu prendre suffisamment de marge vis-à-vis de la cellule, et a rencontré des turbulences à proximité de la cellule (17 cas) ;
- les cellules ne sont parfois pas détectées ou trop tardivement, en raison des limites ou d'une mauvaise utilisation du radar météorologique embarqué (23 cas).

Dans son [Safety risk portfolios](#) de 2025, l'AESA a identifié une *Safety Issue* (SI-0003) relative aux « *[Conditions météorologiques convectives défavorables (turbulence, grêle, foudre et givrage) : Cette problématique de sécurité porte sur la capacité et les moyens de l'équipage de conduite à gérer l'ensemble du vol, y compris la préparation et la régulation du vol (dispatch), ainsi que sur la possibilité de détecter, d'éviter et/ou d'atténuer les effets des conditions météorologiques convectives défavorables sur le vol.*

Si ces phénomènes ne sont pas correctement gérés, l'équipage peut être confronté à une perte de maîtrise de l'aéronef après que celui-ci a été contraint de sortir de son domaine de vol sous l'effet d'un phénomène atmosphérique sévère, ou à une dégradation significative des performances ou des qualités de pilotage de l'aéronef, voire à des blessures dues à des mouvements brusques.

Cette analyse examine également les exigences applicables aux aéronefs pour le vol dans certaines conditions atmosphériques. Les principales menaces liées aux phénomènes convectifs susceptibles d'affecter le vol — telles que la turbulence convective, les courants ascendants et descendants, le cisaillement du vent, les précipitations de grêle, la foudre et le givrage — sont passées en revue dans cette problématique de sécurité.] »

À la date de publication du rapport, l'AESA n'a pas pu communiquer sur l'avancée des travaux relatifs à ce risque identifié. L'AESA indique que ces travaux sont inclus dans la SI-0003B qui traite des turbulences en air clair et des turbulences orographiques et dont le cadre a été étendu aux événements significatifs de turbulences convectives.

Afin d'améliorer la prise en compte des effets du changement climatique sur la sécurité aérienne, l'AESA a lancé en 2023 *l'European Network on Impact of Climate Change on Aviation* (EN-ICCA) qui s'appuie notamment sur les travaux d'experts scientifiques (en particulier le GIEC) et de spécialistes de l'aviation chargés d'examiner l'état des connaissances relatives aux conséquences du changement climatique sur les activités aéronautiques.

³² CAT : Clear Air turbulence.

Selon les travaux examinés par l'EN-ICCA, les effets du changement climatique sur les phénomènes météorologiques pourraient notamment se traduire par :

- une augmentation de la fréquence de certains phénomènes météorologiques dangereux pour l'aviation ;
- une augmentation de leur intensité ;
- l'apparition de phénomènes météorologiques sévères dans des régions jusqu'alors peu exposées ;
- une modification de leur saisonnalité ;
- une combinaison plus fréquente de plusieurs phénomènes météorologiques sévères.

2.9 Communications après le passage dans la zone de turbulences

À la suite des turbulences, il s'est écoulé :

- un peu plus de cinq minutes jusqu'à l'autorisation de commencer l'approche : l'équipage de conduite a principalement débrié la situation rencontrée, et échangé à deux reprises avec les PNC ;
- huit minutes jusqu'à l'atterrissage : les échanges étaient principalement consacrés à la conduite de l'approche ;
- cinq minutes jusqu'à l'arrivée sur l'aire de stationnement.

L'analyse des échanges au sein de l'équipage (CVR) et des témoignages montre que les membres de l'équipage étaient sous l'effet du choc provoqué par l'événement. Les pilotes ont ensuite remobilisé leurs ressources pour l'approche.

2.9.1 AIREP

Après les turbulences, les pilotes n'ont pas informé le contrôle aérien du phénomène rencontré au travers d'un AIREP. La documentation de l'exploitant prévoit que : « *le CDB doit informer sans délai les services de la circulation aérienne de tout incident ou risque d'incident en vol, et plus particulièrement ceux concernant [...] les conditions météorologiques, les conditions non prévues ou dangereuses incluant [...] des turbulences fortes [...]* » conformément à l'exigence SERA.12005 du [règlement européen \(UE\) n° 923/2012 établissant les règles de l'air communes et des dispositions opérationnelles relatives aux services et procédures de navigation aérienne](#) qui prévoit que les pilotes font des observations (AIREP), notamment en cas de turbulences fortes et en cas d'orages avec grêle noyées dans la masse. Cette décision était assumée par le CDB selon son témoignage (voir § 2.1.2.3). A posteriori, la copilote estime que ce type d'information aurait pu être utile aux autres pilotes.

2.9.2 Dénombrement des blessés

La documentation de l'exploitant prévoit que « *toutes situations pouvant mettre en cause la sécurité [...] doivent être portées à la connaissance des pilotes. [...]. Le partage de l'information au sein de l'équipage favorise la conscience de la situation et doit faire l'objet d'une coordination entre le poste et la cabine* ».

La CC, sous le choc et à partir des informations parcellaires mises à sa disposition, n'a pas pris conscience des blessures graves de ses collègues, qu'elle a pu inconsciemment minimiser :

- ses propres blessures étaient légères ;
- le passager qui saignait a indiqué qu'il allait bien ;
- la PNC 4 à ses côtés a poursuivi ses tâches ;
- la locution « on s'est fait mal » était peu précise ;
- les turbulences sont généralement moins fortes dans la partie avant de la cabine.

La CC a ainsi informé le CDB de quelques blessures à bord, et ils ont convenu de faire le point plus tard, au sol. La contrainte temporelle était forte. Cette analyse partielle s'est déroulée alors que l'équipage se préparait à l'approche. Ainsi le bilan des blessés n'a pas été fait et le dispositif médical adapté n'a pas pu être mis en place immédiatement à l'arrivée.

De son côté, lors de ses échanges avec la CC et la PNC 4, le CDB souhaitait savoir si les passagers étaient attachés. Il a également expliqué qu'ils étaient rentrés dans une zone de turbulence sans l'avoir détectée au radar initialement.

Les enregistrements mettent en évidence un défaut de communication dans ces échanges, chacun exprimant son propre point de vue, sa préoccupation et son ressenti sans réellement prendre en compte le message transmis par son interlocuteur. La prise en compte de l'information transmise dans ces échanges est très limitée. Elle est renvoyée à un bilan après l'atterrissage.

2.9.3 Incapacité PNC

À la suite des turbulences, trois PNC ne pouvaient plus assurer les fonctions essentielles, comme la gestion d'une évacuation d'urgence. Cela n'a été détecté ni par la CC, ni par l'équipage de conduite.

La documentation de l'exploitant contient quelques éléments relatifs à l'incapacité d'un PNC au cours d'un vol. Ils visent à répartir de façon optimale l'occupation des postes PNC en cas d'incapacité. La gestion du PNC blessé est alors conduite au travers de la procédure « Personne malade ou blessée ». La documentation ne contient ainsi pas de procédures à part entière en cas d'incapacité de PNC au cours du vol, contrairement au cas de l'incapacité d'un pilote. Le paragraphe 8.3.14 de l'AMC3 associé à l'exigence ORO.MLR.100 du [règlement européen consolidé \(UE\) n° 965/2012, dit « Air Ops », applicable aux opérations aériennes](#) précise : *« Incapacité des membres d'équipage. Les procédures à suivre en cas d'incapacité d'un membre d'équipage en vol doivent être définies. Des exemples des différents types d'incapacité ainsi que les moyens de les reconnaître doivent être inclus »*. L'exploitant précise qu'il est attendu des PNC dans ces conditions de : *« prendre des initiatives »* et *« improviser face à l'imprévisible pour obtenir le résultat le plus sûr »*.

L'exploitant précise que les cas reportés d'incapacité PNC en vol sont pour la plupart gérés conformément à sa documentation.

3 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête.

Scénario

Au cours de la descente, réalisée dans une couche nuageuse, l'équipage de conduite a détecté tardivement sur sa trajectoire des échos sur le radar météorologique embarqué. Cette détection tardive ne leur a pas laissé le temps d'analyser ces échos et d'élaborer une stratégie d'évitement. L'avion est entré dans une cellule convective isolée vers le FL 260 et a traversé une zone de turbulences fortes, accompagnées de grêle.

En l'absence d'enregistrement des données du radar météorologique de bord (paramétrage et affichage sur le ND), l'enquête n'a pas pu expliquer la raison de la détection tardive de la cellule convective par l'équipage de conduite. Le radar météorologique était fonctionnel, la cellule convective s'est développée environ 45 minutes avant le passage de l'avion, elle était notamment associée à des précipitations d'eau liquide modérées et fortes, en fonction de l'altitude. Le cœur de la cellule est resté sous le FL 230, jusqu'à environ 12 h 10. Lors du passage de l'avion six minutes plus tard, elle connaissait alors un fort développement vertical expliquant la sévérité des turbulences.

Cette cellule convective pouvait être indiquée par le système eWAS, outil secondaire mis à la disposition de l'équipage de conduite. En l'absence d'enregistrement, l'enquête n'a pas pu déterminer ce que contenaient les informations sur eWAS à disposition des pilotes avant les turbulences.

La cellule était présente dans le système 4Me, écran secondaire mis à la disposition des contrôleurs aériens au sol. L'enquête n'a pas pu déterminer si les contrôleurs sur position avaient consulté cette information. Aucune information sur la cellule convective n'a été donnée à l'équipage.

Lorsque la consigne « Attachez vos ceintures » a été allumée dans la cabine, les PNC ont décidé de faire les vérifications en vue de l'atterrissage et ont fait l'annonce associée à l'attention des passagers, sans mentionner les turbulences. La cheffe de cabine a indiqué qu'elle souhaitait optimiser le temps de préparation de la cabine.

Les turbulences fortes n'ont pas été précédées de turbulence faible. Elles ont soudainement commencé au début des vérifications. Des PNC et des passagers qui n'étaient pas attachés ont été projetés en l'air puis au sol, expliquant les blessures graves et leur état de choc.

La teneur des échanges entre les PNC et les pilotes entre la fin des turbulences et l'arrivée sur l'aire de stationnement n'a pas permis de faire un réel état des lieux des blessures, le sujet avait été reporté, au cours du vol. Le CDB avait choisi de ne pas informer les services de contrôle aérien de la situation rencontrée en vol, pour rester concentré sur la gestion de la fin du vol. Cette absence d'information au cours du vol n'a pas permis le déploiement optimal des services de secours et a été à l'origine de l'engagement de la totalité du personnel du SSLIA pendant une quinzaine de minutes sur l'aéroport de destination.

Facteurs contributifs

Ont pu contribuer à la détection tardive d'une zone de turbulences convectives fortes lors de la descente :

- une charge de travail relativement élevée, dans la quinzaine de minutes qui ont précédé la traversée de la zone de turbulences : briefing arrivée et calculs de performances, changements de trajectoire, changements de fréquence radio, discussion sur le passager présent dans le *galley* avant, prise des conditions météorologiques sur les aéroports avoisinants, annonce d'informations aux passagers ;
- une possible baisse de vigilance lors du survol de la mer Méditerranée, ayant pu dégrader la surveillance active au radar. Les prévisions météorologiques consultées avant le départ étaient favorables pour le survol de la mer et la cellule convective isolée n'a pas été identifiée avec eWAS, consulté avant la descente ;
- l'utilisation d'un radar météorologique embarqué nécessitant de réglages manuels réguliers du *tilt*, dans une phase de vol déjà chargée. Les radars de dernière génération disposent de fonctions automatiques facilitant la détection ;
- l'absence de fourniture d'information, par le contrôle aérien, du développement de la cellule convective sur la trajectoire de l'avion. Cette information pouvait être présentée sur un écran secondaire à la disposition des contrôleurs sur position. Les consignes à destination des contrôleurs suggèrent, de manière erronée, que ces informations sont moins précises que celles disponibles à bord.

Mesures envisagées

Air France réfléchit à modifier sa politique et ses procédures concernant la sécurisation des passagers et de la cabine en cas de turbulences, ainsi qu'à un ajustement du schéma de communication entre l'équipage de conduite du vol et les PNC.

Air France envisage d'améliorer la lisibilité de sa documentation afin de la rendre plus explicite sur le sujet de l'incapacité PNC.

Air France compte utiliser cet événement comme exemple lors des prochaines formations *Crew Ressource Management* (CRM) afin de renforcer la communication entre les PNC et les pilotes dans ces circonstances.

Messages de sécurité

Informations sur les zones convectives pour les pilotes

Une zone de turbulences fortes peut être détectée tardivement par les pilotes. Une détection efficace passe par une utilisation active du radar pour analyser le plus en amont possible les échos de couleur verte, pour en comprendre l'origine.

La compréhension peut être accrue au travers des outils modernes connectés, tels qu'eWAS, qui permettent de connaître la situation météorologique à moyen et long terme, ou IATA *Turbulence Aware* qui partage en temps réel les comptes-rendus EDR (*Eddy Dissipation rate*, métrique de la turbulence), émis par les avions équipés.

En complément, les outils des contrôleurs aériens permettent d'afficher la situation aérienne et des informations météorologiques sur un écran secondaire. Une information sur la présence d'une cellule convective présente sur la trajectoire d'un avion fournie aux pilotes est de nature à aider l'équipage à compléter sa conscience de la situation environnante.

Enfin, le partage d'information avec les contrôleurs aériens, sur la situation rencontrée en vol, sous la forme d'AIREP, permet d'améliorer la conscience de la situation de tous les acteurs, notamment des pilotes qui pourront être amenés à voler dans les mêmes secteurs, et pouvant faire face aux mêmes difficultés de détection.

Préoccupation de sécurité sur la fourniture d'informations météorologiques

Les procédures à disposition des contrôleurs aériens (manuel et consigne) ne garantissent pas une alerte précoce et efficace des équipages dont les aéronefs pourraient se rapprocher de zones convectives comme l'illustre cet événement.

La GM1, associée à l'exigence ATS.TR.155(C)(5) dont certains éléments sont repris dans la consigne 03-38/13 de la DSNA (voir § 2.7), mentionne que les pilotes ont « généralement » une information de meilleure qualité grâce à leur radar de bord. L'analyse de l'accident montre que ce n'est pas toujours le cas, les pilotes pouvant être confrontés à des difficultés de nature variée liées au radar météorologique embarqué.

La consigne 03-38/13, qui n'a pas été actualisée depuis 2018 et qui ne prend pas en compte les nouveaux outils à disposition des contrôleurs en route, prévoit que la transmission d'informations aux équipages devrait reposer sur une confirmation préalable par un autre équipage ayant déjà rencontré le phénomène. Cette pratique est susceptible de retarder la diffusion d'informations, notamment pour une cellule convective à développement rapide.

Communication entre les PNC et les pilotes

Lorsqu'une situation inhabituelle est rencontrée, le partage d'informations entre le poste de pilotage et la cabine contribue à une meilleure appréciation de la situation et faciliter la prise de décision. Parfois, dans certaines phases du vol, les préoccupations opérationnelles des différents interlocuteurs peuvent différer et rendre certaines informations moins saillantes.

L'utilisation d'une structure de communication telle que le schéma NITS (Nature, Intentions, Temps, Spécificités), initialement développée pour que le pilote informe les PNC d'une situation anormale, pourrait faciliter la transmission et la bonne compréhension des informations entre le poste de pilotage et la cabine. La méthode prévoit notamment que le PNC qui reçoit le message le répète pour que le pilote s'assure qu'il a été bien compris. Cette méthode a pour avantage d'établir de manière systématique une rétroaction indispensable à l'établissement d'une communication efficace.

Cette méthode pourrait également être utilisée pour les communications de la cabine vers le poste de pilotage.

Information préalable pour les services de secours

La transmission anticipée aux services de secours d'informations relatives à la présence de blessés à bord à la suite d'un événement survenu en vol peut faciliter l'adaptation de la réponse des services au sol, dans le but de :

- positionner l'aéronef dans une zone dédiée tout en évitant de perturber l'exploitation de l'aéroport ;
- ajuster les moyens humains et matériels mobilisés par les services de secours.

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.