

Incident grave du Boeing 737-800 immatriculé F-GZHM survenu le 13 février 2019 en croisière au large du Monténégro⁽¹⁾

⁽¹⁾À proximité
du point VAKSU
au FL370.

⁽²⁾Sauf précision
contraire, les heures
figurant dans
ce rapport sont
exprimées en temps
universel coordonné
(UTC). Il convient d'y
ajouter une heure
pour obtenir l'heure
locale à l'aérodrome
de départ.

⁽³⁾Cockpit
Voice Recorder
(Enregistreur de
conversations).

⁽⁴⁾Le CVR dispose
d'une capacité
d'enregistrement
limitée, et pendant
le vol les données
enregistrées viennent
de façon continue
remplacer les
données les plus
anciennes. Pour cette
raison, les données
CVR au moment des
turbulences n'étaient
plus disponibles.

⁽⁵⁾Les postes des
PNC sont désignés
comme suit : PNC 1
(chef de cabine) et
PNC 4 à l'avant de
l'avion, PNC 2 et
PNC 3 à l'arrière.

Heure	À 13 h 30 ⁽²⁾
Exploitant	Transavia
Nature du vol	Transport commercial de passagers
Personnes à bord	Commandant de bord (PM puis PF) ; copilote (PF puis PM), 4 PNC, 156 passagers
Conséquences et dommages	Huit passagers et deux PNC légèrement blessés

Turbulences fortes en croisière

1 - DÉROULEMENT DU VOL

Note : les informations suivantes sont principalement issues de l'enregistreur de vol FDR et des témoignages de l'équipage. L'enregistrement du CVR⁽³⁾, d'une durée de 3 h 11, débute environ dix minutes après l'épisode de turbulences⁽⁴⁾.

L'équipage se retrouve dans le hall de son hôtel avant le vol qu'il doit effectuer entre les aérodromes de Lyon Saint-Exupéry et de Tel Aviv (Israël). Au cours du briefing, le commandant de bord évoque notamment un risque de turbulences légères à modérées prévues environ une heure trente minutes après le décollage.

L'heure de décollage est enregistrée à 12 h 01. Les PNC effectuent les démonstrations de sécurité règlementaires et rappellent les consignes relatives à l'utilisation des ceintures de sécurité. Après la montée ils effectuent le service en cabine. Une fois celui-ci terminé, la chef de cabine se rend au poste de pilotage. À ce moment-là, à 13 h 27 min 15, le contrôleur aérien indique à l'équipage qu'ils vont entrer dans une zone où des turbulences fortes ont été rapportées du FL380 au FL400. L'avion vole en croisière au FL370. Le commandant de bord explique à la chef de cabine qu'« il va y avoir des turbulences dans deux à trois minutes ». Cette dernière sort du poste de pilotage et rejoint ses deux collègues postées à l'arrière de l'avion. Lorsqu'elle arrive à l'arrière, les consignes lumineuses demandant aux passagers d'attacher leurs ceintures s'allument. La PNC 2⁽⁵⁾ diffuse alors l'annonce relative aux turbulences tandis que la PNC 3 commence à remonter la cabine pour vérifier si les passagers sont attachés. La chef de cabine repart vers l'avant et croise dans l'allée le PNC 4 qui procède à la vérification de la cabine depuis l'avant. Pendant ce temps le copilote réduit la vitesse de Mach 0.79 à Mach 0.77 à 13 h 29 min 06. Environ une minute après l'allumage des consignes lumineuses, les premières turbulences se font ressentir.

⁽⁶⁾Control Wheel Steering. Mode du pilote automatique qui s'engage notamment lorsque l'équipage agit sur les commandes en transparence du pilote automatique.

À partir de 13 h 30 min 20, l'avion subit des turbulences d'intensité modérée pendant dix secondes. La composante longitudinale du vent passe de 35 kt arrière à 11 kt de face, et la composante latérale par rapport au cap de l'avion passe de 77 kt de la gauche à 50 kt environ dix secondes. Le facteur de charge vertical, mesuré proche du centre de gravité de l'avion, varie entre 0,52 g et 1,70 g. L'équipage constate que la vitesse indiquée augmente fortement, et l'alarme de survitesse se déclenche. Le copilote sort les aérofreins et laisse l'automanette enclenchée.

Les turbulences s'intensifient ensuite pendant six secondes. Le facteur de charge vertical passe de -0,70 g à 1,71 g puis -0,32 g, tandis que l'avion part en roulis jusqu'à 37° à gauche avec un taux atteignant 38°/s. Le commandant de bord reprend les commandes pour remettre les ailes à plat, et le mode CWS⁽⁶⁾ du pilote automatique s'engage. Il entame une descente et demande au copilote d'en informer le contrôleur aérien. Après un premier refus, le contrôleur accepte la descente au FL350 après que le copilote lui a indiqué qu'ils descendaient pour cause de turbulences fortes.

En cabine, lorsque les turbulences fortes commencent, la chef de cabine a réussi à s'asseoir et à enfiler le harnais sur un siège du galley avant et le PNC 4 a pu s'asseoir sur un siège passager resté libre. La PNC 3 qui est dans le couloir au niveau du rang 27 et la PNC 2 qui est dans le galley arrière n'ont pas le temps de s'asseoir et sont projetées à deux reprises au plafond. Des passagers non attachés, assis vers l'arrière de la cabine, sont également projetés vers le haut et heurtent les coffres à bagages. D'autres passagers attachés subissent des blessures légères.

Une fois les turbulences terminées, la chef de cabine appelle ses collègues à l'arrière de la cabine par l'interphone pour s'informer de leur état de santé. Les PNC 2 et 3 prennent quelques minutes pour retrouver leurs esprits tandis que la chef de cabine et le PNC 4 passent en cabine pour venir en aide aux passagers blessés ou choqués. Il n'y a pas de répartition des tâches entre les PNC et chacun passe en cabine sans se coordonner avec les autres. Après être passée parmi tous les passagers, la chef de cabine se rend au poste de pilotage pour expliquer la situation en cabine au commandant de bord. Un appel à médecin est effectué, et les PNC prodiguent les premiers soins aux passagers blessés en coordination avec le médecin et l'étudiante en médecine qui se sont manifestés.

L'équipage s'assure que l'avion n'a pas de problème technique. Le médecin indique au commandant de bord que l'état de santé des passagers ne nécessite pas de déroutement. Considérant qu'il n'y a plus de risque de turbulences, l'équipage décide de poursuivre le vol. Le commandant de bord appelle les opérations de Transavia et demande une assistance médicale à l'arrivée. Les PNC passent le reste du vol à s'occuper des passagers et à les rassurer. La fin du vol et le débarquement se déroulent ensuite sans difficulté particulière.

⁽⁷⁾Type Rating Instructor (Instructeur de qualification de type).

⁽⁸⁾Type Rating Examiner (Examineur de qualification de type).

⁽⁹⁾Massif des Balkans.

⁽¹⁰⁾SIGNificant METeorological Phenomena (Message météorologique de phénomène particulier).

⁽¹¹⁾Electronic Flight Bag, sacoche de vol électronique.

2 - RENSEIGNEMENTS COMPLÉMENTAIRES

2.1 Renseignements sur l'équipage

Le commandant de bord est titulaire d'une licence de pilote de ligne avion ATPL(A) et des qualifications TRI⁽⁷⁾ et TRE⁽⁸⁾. Le jour de l'événement, il totalisait environ 15 000 heures de vol dont 11 200 en tant que commandant de bord et 6 800 sur type.

Le copilote est titulaire d'une licence de pilote commercial avion CPL(A). Le jour de l'événement, il totalisait plus de 3 000 heures de vol dont environ 900 sur type.

2.2 Renseignements météorologiques

2.2.1 Situation observée

L'analyse des données météorologiques fournie par Météo-France montre qu'un anticyclone centré sur l'Europe induisait un flux de nord-est marqué par un courant-jet soufflant perpendiculairement aux reliefs des Alpes dinariques⁽⁹⁾, vers l'Italie. Ce courant-jet était à l'origine de turbulences en air clair (CAT) mais également d'ondes orographiques déferlant en altitude au-dessus de l'Adriatique. Ces phénomènes sont assez courants sur cette zone, et plus généralement en aval d'une chaîne de montagne dès lors qu'un courant-jet souffle perpendiculairement au relief.

2.2.2 Données disponibles avant le vol

Les cartes TEMSI Euroc valides pour 9 h et pour 12 h mentionnaient toutes deux la présence probable de turbulences modérées dans la zone et à l'altitude où a eu lieu l'incident. La carte de 12 h mentionnait en outre des turbulences localement fortes entre les FL300 et FL420.

Les cartes produites par les World Area Forecast Centre (WAFC) de Londres et de Washington pour 12 h prévoient la probabilité de turbulences modérées et occasionnellement fortes dans la zone de l'incident limitées sous le FL340.

Un SIGMET⁽¹⁰⁾, publié à 11 h 49, faisait état de turbulences fortes observées dans le sud de la FIR de Zagreb entre les FL190 et FL400 :

LDZO SIGMET 1 VALID 131149/131400 LDZALDZO

ZAGREB FIR SEV TURB OBS S OF LINE N4234 E01600 - N4226 E01829 FL190/400 STNR NC=

L'incident a eu lieu dans la zone décrite par ce SIGMET.

L'application eWas PILOT est par ailleurs disponible dans l'EFB⁽¹¹⁾ de l'exploitant en tant qu'outil d'aide à la décision. Elle fournit des prévisions et des observations météorologiques provenant de différentes sources sous la forme d'une carte interactive. Le matin de l'incident, l'application indiquait la présence d'une petite zone de turbulences modérées au-dessus de l'Adriatique du FL350 au FL374, et d'une zone plus large de turbulences modérées et fortes du FL374 au FL399.

2.2.3 Prédiction des turbulences

Les prévisions de turbulence figurant sur les carte TEMSI sont basées sur l'analyse par un prévisionniste des résultats de plusieurs indices de turbulence. Les prévisions de turbulences indiquées par l'application eWas PILOT sont le résultat direct d'un seul indice de turbulence.

2.3 Préparation du vol

2.3.1 Constitution du dossier de vol

Les dossiers de vol de l'exploitant sont constitués de la manière suivante :

- Les plans de vol sont créés automatiquement par un logiciel douze heures avant le départ prévu du vol.
- Environ trois heures avant le départ du vol, un dispatcher vérifie l'acceptation du plan de vol par Eurocontrol ainsi que le carburant prévu et la masse et le centrage.
- Les données météorologiques (cartes, METAR et TAF, SIGMET, etc.), les NOTAM et les suppléments AIP sont incorporés automatiquement au dossier de vol lorsque celui-ci est téléchargé par un pilote sur son EFB.

2.3.2 Préparation du vol par l'équipage

Le commandant de bord a téléchargé le dossier de vol sur son EFB à 7 h 29, tandis que le copilote l'a téléchargé à 8 h 04. La carte TEMSI valide pour 12 h a été publiée à 8 h 06, l'équipage ne disposait donc que de la TEMSI valide pour 9 h et des cartes des WAFC de Londres et Washington. La documentation de l'exploitant ne précise pas à partir de quel moment les pilotes peuvent télécharger le dossier de vol. Lors de l'étude des conditions météorologiques, le commandant de bord et le copilote se sont également appuyés sur l'application eWas PILOT, disponible sur leurs EFB. Ils ont noté la présence de turbulences modérées signalée par la carte TEMSI, mais ils ont relevé sur l'application eWas PILOT seulement les prévisions de turbulences modérées au-dessus de leur niveau de vol. A posteriori, ils estiment qu'ils n'avaient pas remarqué les turbulences fortes car ils n'étaient pas familiers avec le code couleur utilisé par l'application⁽¹²⁾ (vert clair pour les turbulences modérées, vert foncé pour les turbulences fortes). Ils précisent que lorsqu'eWas PILOT a été mis en place au sein de l'exploitant, les pilotes ont simplement reçu la documentation associée mais n'ont pas eu de formation en présentiel.

À 11 h 22, le copilote a de nouveau téléchargé le dossier de vol pour vérifier qu'il n'y avait pas de changement et pour regarder les derniers TAF et METAR. Il n'a cependant pas regardé si la carte TEMSI avait été mise à jour. L'équipage n'a pas eu connaissance du SIGMET publié dix minutes avant le départ du vol indiquant la présence de turbulences fortes sur leur trajectoire dans la FIR⁽¹³⁾ de Zagreb.

⁽¹²⁾La formation des équipages de l'exploitant sur l'application eWas PILOT est effectuée en e-learning.

⁽¹³⁾Flight Information Region (Région d'information de vol).

2.4 Gestion de l'événement

2.4.1 Par l'équipage de conduite

Le manuel sécurité sauvetage de l'exploitant demande aux pilotes, en cas de turbulences fortes non prévues, d'allumer la consigne « *Attachez vos ceintures* » et de faire l'annonce aux PNC « *Ici le poste de pilotage, PNC turbulence, assis, attachés* ». L'équipage explique ne pas en avoir eu le temps.

Lorsque l'avion est parti en roulis à gauche avec un taux de roulis de 38° par seconde, le commandant de bord a repris les commandes et a agi en transparence du pilote automatique dans le but de remettre les ailes à plat. Il indique être persuadé que l'avion aurait dépassé les 90° de roulis s'il n'avait pas agi sur les commandes.

Le MANEX⁽¹⁴⁾ de Transavia indique que le pilote automatique doit être le moyen primaire de contrôle de l'avion lors de la pénétration dans des turbulences. Le FCOM⁽¹⁵⁾ du Boeing 737 demande entre autres à l'équipage de désengager l'automanette et d'engager le mode CWS du pilote automatique lors de turbulences fortes. Lors de cet événement, le pilote automatique et l'automanette ont initialement agi sur les commandes et réduit la poussée pour contrer les effets des perturbations atmosphériques, puis le mode CWS s'est engagé automatiquement du fait de l'action du commandant de bord sur les commandes.

2.4.2 Par l'équipage de cabine

Le manuel Sécurité Sauvetage de l'exploitant prévoit, chaque fois que la consigne lumineuse « *Attachez vos ceintures* » est allumée, que les PNC fassent l'annonce relative aux turbulences et vérifient en cabine que les passagers sont attachés. Les PNC en poste à l'arrière de l'avion expliquent que malgré l'allumage des consignes lumineuses et malgré leur passage en cabine pour vérifier que les passagers étaient attachés, certains n'avaient pas attaché leur ceinture. Les PNC indiquent qu'une partie des passagers de ce vol était relativement indisciplinée et prêtait peu d'attention aux consignes de l'équipage.

L'équipage de conduite n'ayant pas eu le temps d'annoncer les turbulences, la chef de cabine a pris l'initiative de faire une annonce « *PNC assis attachés* ».

Une fois les turbulences passées, les PNC ont entrepris de passer en cabine pour porter assistance aux passagers. Il n'y a pas eu de répartition des tâches effectuée entre les PNC, chacun passant auprès des passagers dans toute la cabine. Tous les passagers ont reçu l'assistance nécessaire.

2.5 Formation continue des équipages de cabine

Les PNC de Transavia doivent suivre chaque année une formation de trois jours, lors de laquelle sont abordées tous les trois ans les procédures traitant des turbulences. Durant ce stage, des exercices de mise en situation sur une maquette d'avion sont effectués, mais aucun ne concerne les actions à réaliser dans la cabine après des turbulences fortes. En revanche des exercices similaires de descente d'urgence sont proposés. Tous les PNC de ce vol travaillaient chez Transavia depuis plusieurs années et avaient suivi ces formations à plusieurs reprises.

⁽¹⁴⁾Manuel d'exploitation.

⁽¹⁵⁾Flight Crew Operating Manual (Manuel d'exploitation pour l'équipage de conduite).

2.5.1 Projets relatifs à la prévision et à la détection des turbulences en air clair (CAT)

⁽¹⁶⁾International Air Transport Association : organisation commerciale regroupant un grand nombre de sociétés de transport aérien.

⁽¹⁷⁾Ce système mesure l'EDR (Energy Dissipation Rate), un indicateur de l'intensité des turbulences.

⁽¹⁸⁾Laser Detection And Ranging, détection et estimation de la distance par laser.

⁽¹⁹⁾Japan Aerospace Exploration Agency.

⁽²⁰⁾Ce rapport de faisabilité sera élaboré par un groupe de travail du RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics, une association américaine à but non lucratif) auquel Boeing participe.

⁽²¹⁾Ce projet a été conduit entre 2009 et 2014 dans le cadre d'un appel à projets de l'Union Européenne. Le site internet du projet est consultable à l'adresse suivante : <http://www.delicat.inoe.ro/>. Le rapport final du projet est disponible sur ce site internet.

Dans le cadre du projet Turbulence Aware de l'IATA⁽¹⁶⁾, certaines compagnies aériennes équipent leurs avions d'un système permettant de mesurer l'intensité des turbulences⁽¹⁷⁾ au cours des vols. L'objectif de ce projet est de collecter des données sur les turbulences effectivement rencontrées afin de vérifier a posteriori la pertinence des prévisions et ainsi d'améliorer leur fiabilité. En France, Météo-France s'inscrit dans ce projet et devrait utiliser ces données de manière opérationnelle prochainement, mais le nombre d'avions équipés est faible pour l'instant.

Parallèlement, plusieurs projets étudient la faisabilité de la détection des CAT par des systèmes LIDAR⁽¹⁸⁾. Boeing a conduit un vol de test en 2018 en partenariat avec JAXA⁽¹⁹⁾ qui a permis de démontrer la faisabilité technique initiale de ce type de système. Il est prévu qu'un rapport de faisabilité soit publié vers mars 2020⁽²⁰⁾. En Europe, le projet DELICAT coordonné par Thalès⁽²¹⁾ visait également à étudier la faisabilité de la détection des CAT par un système LIDAR. Le rapport final de ce projet mentionne la nécessité de conduire des vols de tests supplémentaires afin de tirer des conclusions fiables quant à la capacité du LIDAR de détecter les CAT. Le BEA n'a pas connaissance d'éventuelles suites données à ce projet.

3 - ENSEIGNEMENTS ET CONCLUSION

L'avion est entré dans une zone de turbulences en air clair (CAT) alors que des passagers et les PNC n'étaient pas attachés. Les accélérations subies par l'avion ont projeté au plafond certains passagers et membres d'équipage, qui ont été blessés.

Le contrôleur aérien a signalé à l'équipage qu'un avion précédent avait reporté des turbulences fortes du FL380 au FL400. Cette information a été prise en compte et transmise à la chef de cabine. Les pilotes ont allumé les consignes lumineuses moins d'une minute plus tard. Les PNC vérifiaient que les passagers avaient attaché leurs ceintures lorsque les turbulences fortes ont débuté. Quelques passagers, dont certains pourtant informés par les PNC, n'étaient pas attachés à ce moment-là et ont été blessés. Les PNC en poste à l'arrière de la cabine n'ont pas eu le temps de s'attacher et ont également été blessés.

Le matin du vol, l'équipage avait téléchargé le dossier de vol plus de quatre heures avant l'heure de décollage prévue. Le dossier de vol n'étant pas mis à jour automatiquement, lorsque l'équipage a étudié les conditions météorologiques pour préparer le vol il disposait seulement de la carte TEMSI valide pour 9 h. Celle-ci ne prévoyait pas de turbulences fortes alors que la carte valide pour 12 h, qui venait d'être publiée, indiquait des turbulences fortes sur le trajet prévu. La préparation du vol à l'hôtel a pu contribuer au téléchargement très anticipé du dossier de vol. En outre, l'équipage n'avait pas remarqué que les turbulences indiquées par l'application eWas PILOT légèrement au-dessus du niveau de vol prévu étaient d'intensité forte, car il n'était pas familier avec le code couleur utilisé par l'application. Enfin, l'absence de transmission en temps réel des SIGMET n'a pas permis à l'équipage d'être informé des turbulences fortes observées dans la zone de l'événement. L'équipage n'avait donc pas connaissance des prévisions et observations de turbulences fortes ; cela n'a pas favorisé l'allumage immédiat des consignes lumineuses.

En cas de turbulences fortes non prévues, le MANEX prévoit que les équipages utilisent la consigne d'urgence « *Ici le poste de pilotage, PNC turbulence, assis, attachés* ». L'équipage s'est concentré sur le contrôle de l'avion. Par ailleurs, le délai très court entre l'affichage des consignes suivi de l'annonce en cabine et la survenue des turbulences fortes n'a pas permis à l'équipage de cabine d'effectuer la totalité de la vérification de la cabine et de s'attacher. La survenue de turbulences légères est habituelle et il n'était pas possible pour l'équipage de cabine de connaître l'ampleur des turbulences à venir et d'évaluer l'urgence à s'attacher.

Ces constats mettent en évidence la limitation intrinsèque des procédures relatives aux turbulences non prévues : la notion d'imprévisibilité, à la fois dans le temps et dans l'intensité des turbulences, ne permet pas d'appliquer à temps ou à bon escient ces procédures.

La prévision des turbulences par les services météorologiques ne peut fournir que des probabilités, et la détection des CAT n'est pas possible avec la technologie actuelle embarquée sur les avions. Cet événement et l'augmentation prévue de la fréquence des CAT au-dessus de l'Atlantique Nord en raison du changement climatique⁽²²⁾ soulignent le besoin d'amélioration de la prévision et de la détection des CAT. Le développement de systèmes embarqués de détection des turbulences ainsi que la transmission à bord d'informations météorologiques actualisées sont deux leviers d'amélioration de la sécurité qui permettraient de répondre à ce besoin. Le rapport du BEA sur l'incident grave survenu à l'Airbus A330 immatriculé F-GZCG en 2012⁽²³⁾ illustre le fait que ce besoin existe également pour la gestion de certaines turbulences convectives.

Le seul moyen de limiter le risque de blessures à l'heure actuelle est pour les passagers de respecter les consignes leur demandant de rester attachés lorsqu'ils sont assis. Depuis 2000, le BEA a conduit ou participé à 74 enquêtes sur des accidents ayant fait 107 blessés graves à la suite de turbulences fortes. En 1996 et 1997, deux accidents causés par des turbulences ont chacun causé la mort d'un passager. Dans tous les cas où l'information sur le port de la ceinture est disponible⁽²⁴⁾, et notamment pour les deux accidents mortels, les victimes n'étaient pas attachées.

⁽²²⁾ Une étude publiée dans la revue Nature conclut que les changements climatiques accroissent les cisaillements de vent et les CAT au-dessus de l'Atlantique Nord. Le résumé de cette étude est disponible en anglais à l'adresse suivante : <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1465-z>

⁽²³⁾ <https://www.bea.aero/docspa/2012/f-cg120227/pdf/f-cg120227.pdf>

⁽²⁴⁾ Pour 36 accidents sur les 74 recensés ici, le BEA n'a pas d'informations relatives au port de la ceinture de sécurité par les victimes.