



Rapport préliminaire

sur l'incident grave

survenu au CESSNA Citation 525 CJ1

immatriculé **F-HJAV**

le vendredi 14 mars 2025

en croisière

Heure	18 h 42 ¹
Exploitant	Valljet
Nature du vol	Transport commercial de passagers
Personnes à bord	Commandant de bord (PF ²), copilote (PM) et deux passagers
Conséquences et dommages	Aucun

Défaillance d'une chaîne anémo-barométrique, écart d'altitude non détecté, déclenchement d'une alarme TAWS³ lors de l'approche

1	Déroulement du vol.....	- 2 -
2	Renseignements météorologiques	- 6 -
3	Renseignements sur l'avion	- 6 -
4	Renseignements sur l'exploitant	- 10 -
5	Renseignements sur le prestataire de la navigation aérienne.....	- 13 -
6	Événements similaires	- 17 -
7	Suites de l'enquête de sécurité	- 22 -

¹ Les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heure locale.

² Le glossaire des abréviations et sigles fréquemment utilisés par le BEA est disponible sur son [site Internet](http://www.bea.aero).

³ Terrain Awareness Warning System.

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages, des enregistrements des radiocommunications, des données radar ainsi que des données enregistrées par le système de navigation GNSS de l'avion.

L'équipage décolle de l'aéroport Limoges - Bellegarde (87) à 17 h 55 à destination de l'aéroport Paris - Le Bourget (93).

Vers 18 h 06, passant l'altitude de transition, les pilotes détectent une incohérence entre les valeurs d'altitude indiquées sur leur PFD. Ils indiquent alors comparer ces altitudes avec celle de l'altimètre de secours. Cependant, les trois étant significativement différentes, ils décident de poursuivre leur montée et de traiter la panne une fois l'avion établi en croisière.

L'équipage rapporte que passant le FL 100, l'indication **ALT** (ou « *Amber ALT* ») indiquant une incohérence d'altitude entre le PFD du commandant de bord (CDB) et celui du copilote apparaît sur leur PFD (voir **Figure 1**).

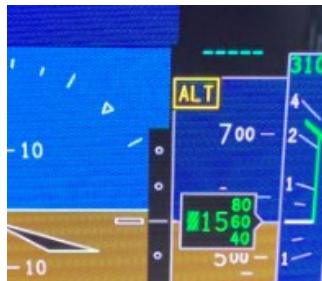


Figure 1 : photo du PFD avec l'indication **ALT** visible en haut du bandeau d'altitude (Source : BEA)

L'équipage commence la croisière à 18 h 09 (voir **Figure 2**, point ①).

Vers 18 h 11, l'avion établi au FL 180 selon l'information lue sur le PFD du CDB⁴, l'équipage indique au contrôle aérien du CRNA Sud-Ouest avoir un « problème d'altimètres à bord ». L'équipage indique au contrôleur qu'il est au FL 180 et lui demande de confirmer le niveau de vol affiché sur l'écran radar. Le contrôleur informe l'équipage qu'il est affiché au FL 180.

Par la suite, le traitement de la panne (voir § 4.2) amène l'équipage à considérer que l'altitude indiquée sur le PFD du copilote est erronée. L'équipage sélectionne alors l'ADC ⁵ comme source altimétrique pour les deux PFD.

Vers 18 h 16, l'avion est transféré des secteurs contrôlés par le CRNA Sud-Ouest aux secteurs contrôlés par le CRNA Nord. Au cours des échanges radio, l'équipage s'annonce de façon standard au FL 180 en direction du DME d'Amboise (AMB) et ne mentionne pas qu'il a rencontré un problème altimétrique plus tôt.

Entre 18 h 09 (point ①) et 18 h 28 (point ②), alors que le pilote automatique est engagé et que les informations renvoyées par l'ADC 1 indiquent un niveau de vol stable au FL 180, l'altitude GNSS de l'avion diminue progressivement de 15 300 ft à 12 600 ft.

⁴ L'altitude GNSS était alors de 15 650 ft.

⁵ *Air Data Computer*.

Vers 18 h 28, le contrôleur demande à l'équipage de descendre au FL 120.

Vers 18 h 31, passant le FL 130 en descente selon les informations renvoyées par l'ADC 1, le contrôleur demande à l'équipage de descendre au FL 90. À cet instant, l'avion est en réalité à une altitude GNSS de l'ordre de 8 000 ft.

Vers 18 h 34, le contrôleur du CRNA Nord demande à l'équipage de contacter le contrôleur d'approche de l'aéroport Paris - Charles de Gaulle (CDG). Quelques minutes plus tard, l'équipage informe le contrôleur du CRNA Nord qu'il n'arrive pas à contacter le contrôle aérien sur la fréquence 125,830 MHz (fréquence INI S⁶) de CDG.

Vers 18 h 35 (point 3), alors que l'équipage pense commencer un palier au FL 90, l'avion est en réalité à une altitude GNSS de l'ordre de 3 000 ft, en descente avec une vitesse verticale de l'ordre de -270 ft/min.

Vers 18 h 37, l'équipage rencontre toujours des difficultés à contacter le contrôleur de CDG. Le contrôleur du CRNA Nord, après s'être coordonné avec le contrôleur COOR INI⁷ de CDG, demande à l'équipage de contacter CDG sur la fréquence 121,155 MHz (fréquence INI N⁸). Finalement, vers 18 h 40, l'équipage réussit à contacter le contrôleur INI de CDG. Le contrôleur pense alors que l'équipage le contacte sur la fréquence 125,830 MHz (fréquence INI S), les deux positions INI N et S étant regroupées.

Vers 18 h 42 (point 4), les informations renvoyées par l'ADC 1 indiquent toujours que l'avion est en palier au FL 90. Dans son témoignage, l'équipage précise qu'une alerte TAWS de type PULL UP TERRAIN se déclenche. L'avion est alors à une altitude GNSS d'environ 1 200 ft, soit une hauteur d'environ 700 ft, en descente. Le CDB déconnecte le pilote automatique, remet les gaz et manœuvre à vue. L'altitude GNSS augmente d'environ 1 000 ft.

Quelques secondes plus tard, l'équipage demande au contrôleur de confirmer qu'il est bien détecté au radar et de l'informer du niveau de vol qui est indiqué. Le contrôleur les informe qu'il les voit au FL 96. L'équipage répond alors que visuellement, il semble plus bas. À cela, le contrôleur ajoute qu'il ne faut pas se baser sur les relevés d'altitude indiqués sur son écran, car ils sont issus du transpondeur de l'avion et qu'il ne sait pas si l'altitude qu'il fournit est correcte.

Vers 18 h 44, le contrôleur s'assure que l'avion est capable de capturer le *localizer* de l'aéroport du Bourget. L'équipage lui répond par l'affirmative. Le contrôleur demande ensuite à l'équipage s'il a besoin d'assistance au sol de la part du SSLIA. L'équipage ne répond pas à cette question.

Le contrôleur INI décide de dégroupier son secteur en INI N et INI S. Il conserve la position INI N et indique à sa collègue en position INI S les problèmes rencontrés par l'avion.

Vers 18 h 46 (point 5), l'altitude GNSS de l'avion se stabilise aux environs de 2 000 ft.

Vers 18 h 49, l'équipage contacte à nouveau le contrôleur INI N et l'informe que l'avion est établi sur le *localizer*.

⁶ Secteur du contrôleur d'approche initiale sud.

⁷ Contrôleur en position de coordinateur de l'approche initiale.

⁸ Secteur du contrôleur d'approche initiale nord.

Vers 18 h 53, le contrôleur INI N demande à l'équipage s'il est capable de capturer le plan de descente. L'équipage lui répond par l'affirmative et qu'il ne devrait pas tarder à intercepter le *glide*. Le contrôleur demande enfin à l'équipage s'il est en vue du sol, ce à quoi l'équipage répond par l'affirmative.

Vers 18 h 54 (point 6), le contrôleur INI N transfère l'avion au contrôleur tour de l'aéroport du Bourget. L'équipage atterrit quatre minutes plus tard.

Après l'atterrissage, le contrôleur INI N de CDG, voyant toujours l'avion vers le FL 130 sur son écran radar, demande au chef de la salle d'approche de faire couper le mode C du transpondeur de l'avion.

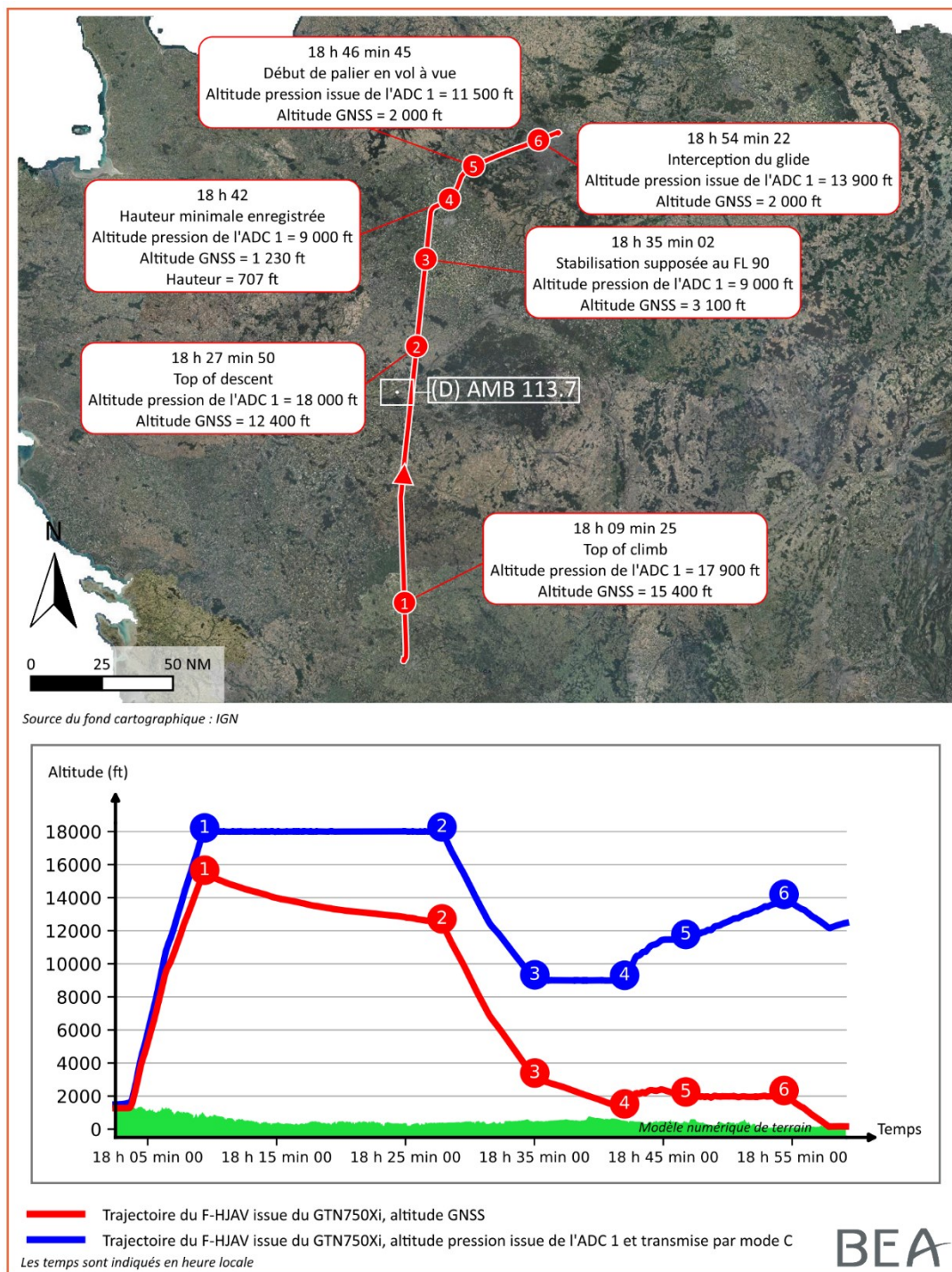


Figure 2 : trajectoire du F-HJAV, données issues du GTN750xi⁹

La trajectoire en bleu des **Figure 2** et **Figure 5** représente l'altitude au calage 1 013 hPa (altitude pression) renvoyée par l'ADC 1 et visible sur le PFD du CDB, puis du copilote après le traitement de la panne. Il convient de lui soustraire environ 220 ft pour avoir l'altitude au QNH de l'aéroport Paris - Le Bourget dans les conditions du jour.

⁹ Système de navigation GNSS équipant le F-HJAV.

2 RENSEIGNEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES

Les cartes TEMSI ne prévoyaient aucune nébulosité ni turbulence sur le trajet au-dessus du FL 100. Quelques cirrus étaient prévus entre 15 000 et 20 000 ft à l'est de la trajectoire. Sous le FL 100, des stratocumulus évoluaient entre 2 500 et 4 500 ft. Du givrage modéré était possible sur l'ensemble du vol entre 2 500 ft et 10 000 ft.

Le METAR de l'aéroport Limoges - Bellegarde de 18 h mentionnait un vent du 030° pour 12 kt, une visibilité supérieure à 10 km avec une nébulosité de 1 à 3 octas à 4 900 ft et de 8 octas à 5 800 ft. Le QNH était de 1 009 hPa, impliquant un écart d'environ -110 ft par rapport à l'altitude pression. Le METAR de l'aéroport Paris - Le Bourget de 19 h mentionnait un vent du 360° pour 7 kt et des conditions CAVOK. Le QNH était de 1 005 hPa, impliquant un écart d'environ -220 ft par rapport à l'altitude pression.

Le CDB a indiqué dans son témoignage que lors du vol, sa vue du sol était réduite en raison du soleil couchant se reflétant sur une « légère couche de nuage ».

3 RENSEIGNEMENTS SUR L'AVION

3.1 Généralités sur le Cessna 525 CJ1 « Citation Jet »

Le Cessna Citation 525 CJ1 est un jet d'affaires léger certifié monopilote selon les spécifications de certification CS-23. Valljet l'exploite en multipilote pour des opérations de transport aérien commercial (CAT), conformément à l'exigence ORO.FC.200 c) (1) du règlement européen consolidé (UE) N° [965/2012](#), dit « AIR OPS », relatif aux opérations aériennes.

Cet avion a une masse maximale au décollage de 4 808 kg et peut transporter jusqu'à six passagers ainsi que deux membres d'équipage. Le F-HJAV n'est pas équipé d'enregistreurs de vol (CVR ou FDR), la réglementation ne l'impose pas.

Le F-HJAV était équipé d'un système de navigation GNSS intégré (GTN750xi) permettant de connaître l'altitude GNSS de l'avion. L'information d'altitude GNSS n'était pas directement présentée sur la page affichée par défaut.

3.2 Le système anémo-barométrique du F-HJAV

3.2.1 Description du système anémo-barométrique

Le F-HJAV dispose de deux chaînes anémo-barométriques indépendantes qui incluent un calculateur ADC chacune. Le calculateur ADC élabore l'information d'altitude et de vitesse à partir des mesures de température extérieure et de pression statique et totale. Par ailleurs, il corrige entre autres les erreurs de mesure d'altitude liées à la géométrie du fuselage aux abords des prises de pression statiques.

La chaîne 1 (côté CDB) est composée d'une sonde Pitot localisée sur le côté gauche du fuselage et d'une prise de pression statique de chaque côté du fuselage. Les informations altimétriques affichées sur le PFD du CDB sont issues du calculateur ADC 1 intégré à cette chaîne.

La chaîne 2 (côté copilote) est composée d'une sonde Pitot localisée sur le côté droit du fuselage et d'une prise de pression statique de chaque côté du fuselage. Les informations altimétriques affichées sur le PFD du copilote sont issues du calculateur ADC 2 intégré à cette chaîne. En outre, un altimètre et un anémomètre de secours sont aussi reliés à la chaîne 2 sans passer par l'ADC 2.

Le F-HAJV est équipé d'une option permettant de basculer manuellement l'altimètre de secours sur un autre port statique situé dans un compartiment à l'avant de l'avion (*alternate static source*) à l'aide d'un sélecteur situé dans le poste de pilotage.

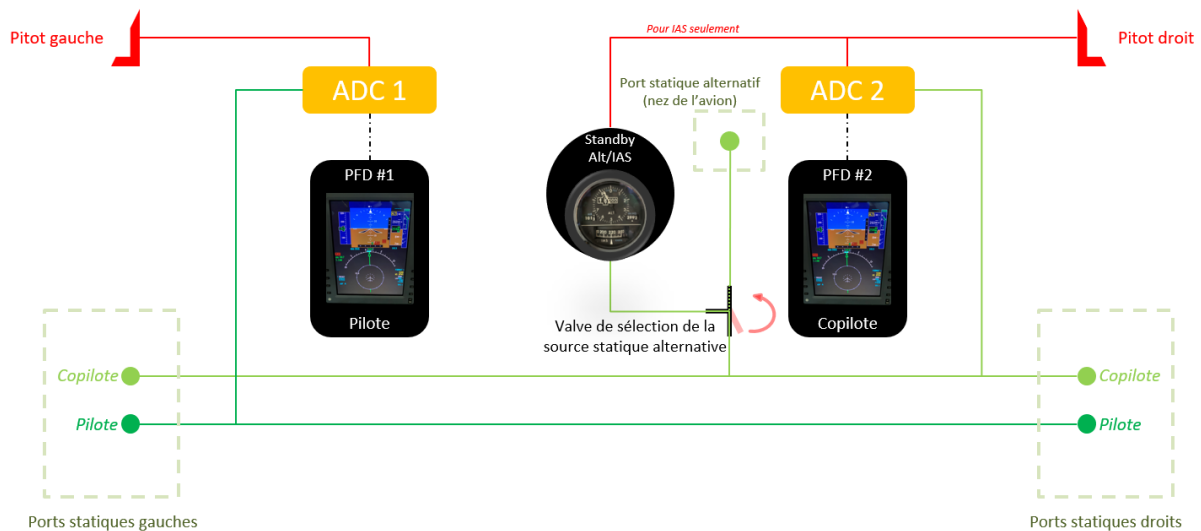


Figure 3 : schéma de principe du système anémo-barométrique du F-HAJV (Source : BEA)

Le transpondeur 1 de l'avion (côté CDB) reçoit les informations d'altitude de l'ADC 1 et le transpondeur 2 (côté copilote) est rattaché à l'ADC 2. Les sources altimétriques des transpondeurs ne sont pas interchangeables.

Lors du vol de l'incident, le transpondeur actif était le transpondeur 1.

3.2.2 Examen des systèmes anémo-barométriques

Un examen des chaînes anémo-barométriques a été réalisé. Les deux sondes Pitot ainsi que les prises de pression statiques ont été soumises à des pressions simulées reproduisant celles rencontrées lors d'un vol.

Un premier essai a été réalisé avec les ADC en position normale¹⁰, et un deuxième essai a été réalisé en échangeant la position des ADC 1 et 2. Au cours de ces deux essais, les informations renvoyées par l'ADC 2 ainsi que l'altimètre de secours étaient dans les tolérances spécifiées dans la documentation du constructeur. Cependant, les informations renvoyées par l'ADC 1 étaient erronées. L'ADC 1 fera l'objet d'examens complémentaires dans le cadre de l'enquête de sécurité du BEA.

Les indications erronées de l'altimètre de secours mentionnées par l'équipage (voir § 4.2) n'ont pas pu être reproduites lors de ces essais. À ce stade de l'enquête, le BEA n'a pu exclure la possibilité d'une panne intermittente sur la chaîne barométrique 2.

¹⁰ Le BEA n'a pas assisté à cet essai.

3.3 Analyse des données radar et du calculateur GNSS

L'analyse des données radar et du calculateur GNSS GTN750Xi a permis de mettre en évidence un écart significatif entre :

- les données d'altitude radar, issues des informations barométriques, provenant de l'ADC 1, transmises par le transpondeur de l'avion (mode C) ;
et :
- les données d'altitude GNSS enregistrées par le système de navigation de l'avion.

Cet écart d'altitude était de 2 500 ft en début de croisière, de 7 800 ft lors du déclenchement de l'alerte TAWS et a atteint 13 500 ft après l'atterrissage (voir **Figure 2**).

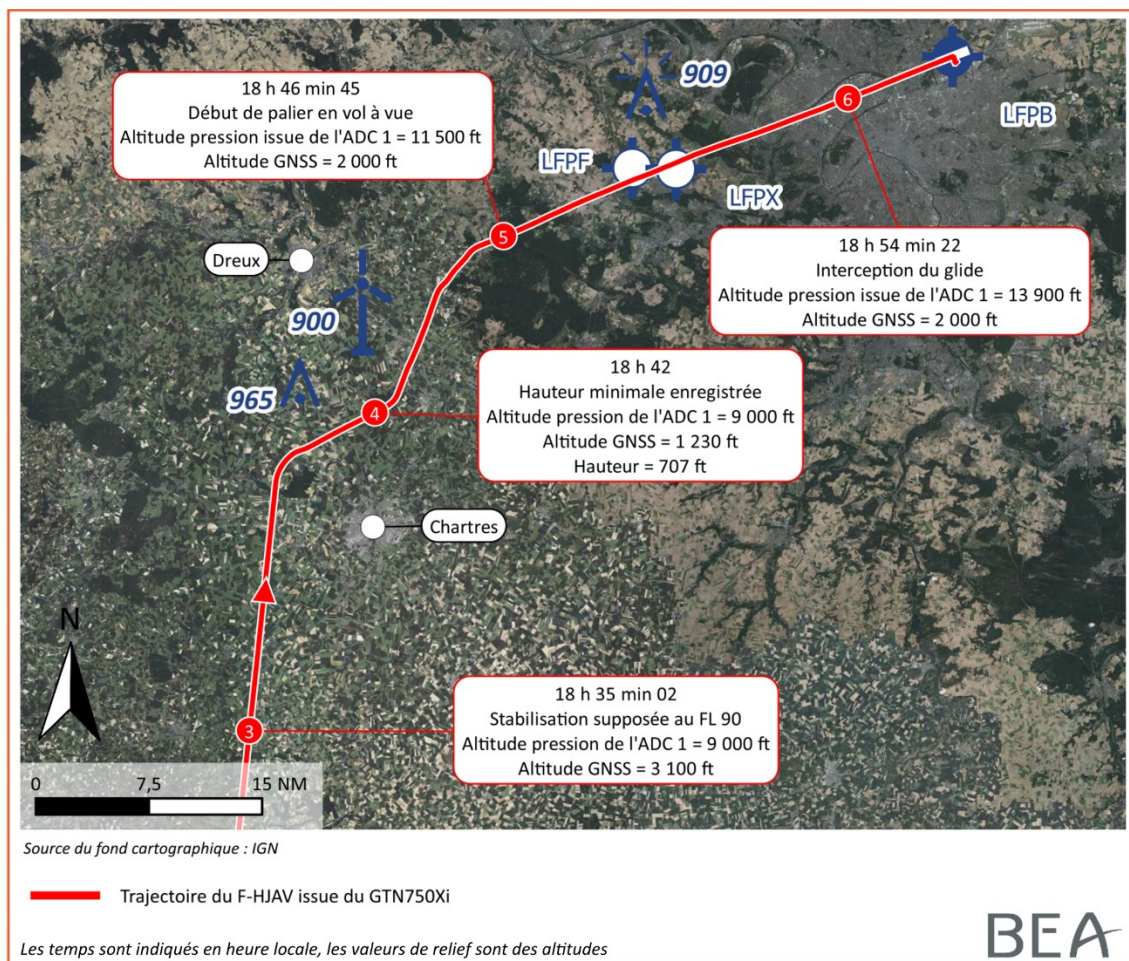


Figure 4 : trajectoire horizontale du F-HJAV dans les 30 dernières minutes du vol

Lors du vol, le F-HJAV a traversé les espaces aériens de Limoges (SNA Sud), du CRNA Sud-Ouest, du CRNA Nord, de l'approche de CDG puis du Bourget, mais aussi les espaces aériens d'Orléans, de Paris-Orly, du SIV Seine, du SIV Paris et du SIV Chevreuse. Les zones d'Orléans n'étaient pas actives au moment de l'incident grave et étaient gérées par le SIV Seine. De même, les zones Chevreuse n'étaient pas actives et étaient gérées par le CRNA Nord pour les vols IFR et par le SIV Paris pour les vols VFR.

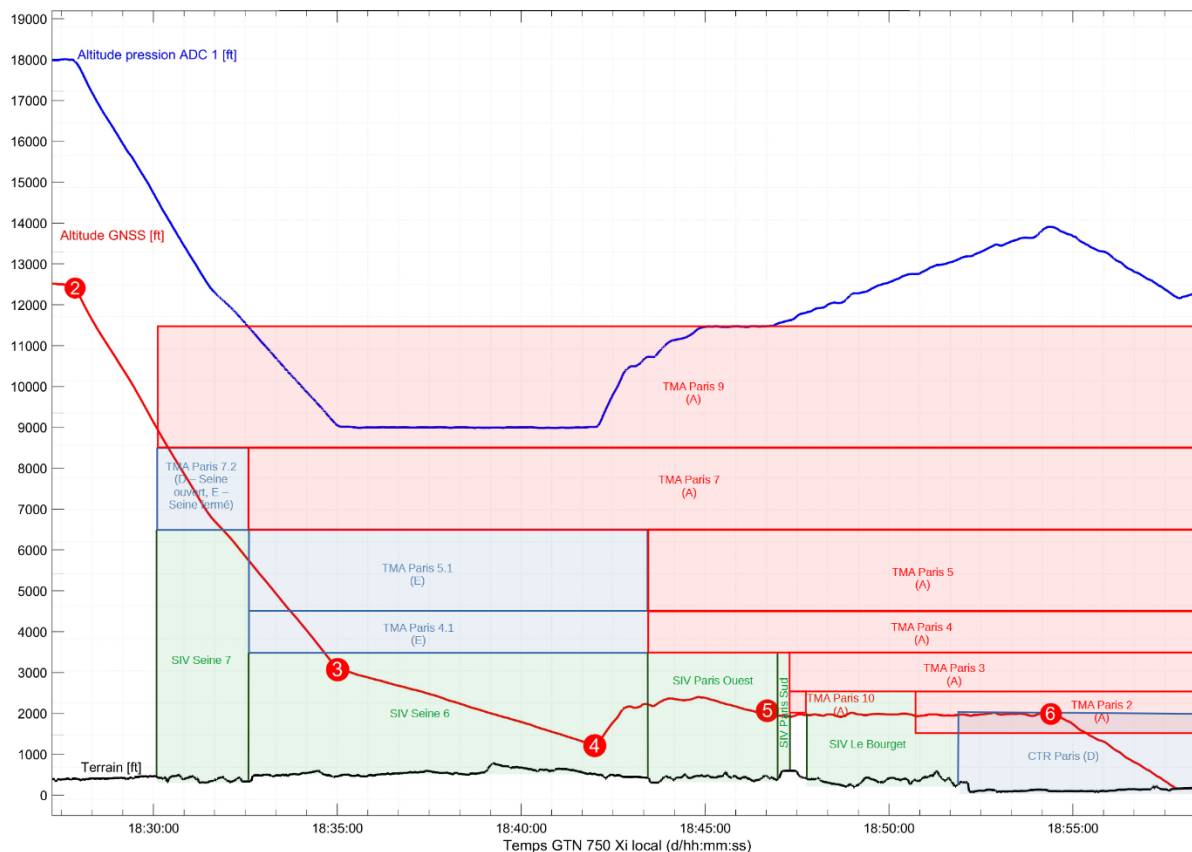


Figure 5 : trajectoire verticale et espaces aériens traversés par le F-HJAV dans les 30 dernières minutes du vol (Source : BEA)

À 18 h 50, l'avion a survolé l'aérodrome de Beynes – Thiverval (LFPF)¹¹, puis quelques secondes plus tard, l'aérodrome de Chavenay – Villepreux (LFPX)¹². L'avion évoluait alors à une altitude de 2 000 ft et une vitesse de 250 kt. Ces deux aérodromes se situent sous la TMA 3 de Paris (classe A) dont le plancher est à 2 500 ft.

L'analyse des données radar et GNSS montre que le F-HJAV a évolué à proximité de plusieurs trafics VFR au cours des vingt dernières minutes de vol, alors qu'il volait à une altitude inférieure à 2 500 ft. La détermination précise des séparations entre le F-HJAV et ces autres vols est en cours.

3.4 Radios à bord de l'avion

L'équipage a fait part de problèmes radio lors de l'incident grave (voir § 4.2). L'analyse des communications radio montre que l'équipage a rencontré des difficultés à contacter l'approche de CDG. À ce stade de l'enquête, aucune défaillance du système radio à bord n'a été mise en évidence.

Ce sujet fera l'objet d'analyses complémentaires dans le cadre de l'enquête de sécurité du BEA.

¹¹ Le circuit d'aérodrome de Beynes est à une altitude de 900 ft.

¹² Le circuit d'aérodrome de Chavenay est à une altitude de 1 300 ft.

3.5 Examen de la documentation technique du F-HJAV

Un compte rendu matériel (*technical logbook*) de l'avant-dernier vol avant l'incident grave mentionne l'apparition de l'indication « *Amber ALT* » lors de l'approche finale avec un écart d'altitude de 150 ft entre les deux PFD selon la mention rédigée par l'équipage. Le problème a disparu par la suite et aucune action de maintenance n'a été réalisée.

Le compte rendu matériel du vol précédant le vol de l'incident grave ne mentionne pas d'indication « *Amber ALT* ».

3.6 Systèmes embarqués ACAS¹³ et TAWS

Le F-HJAV était équipé d'un système destiné à éviter les collisions en vol (ACAS) et d'un système destiné à éviter le risque de collision avec le sol (TAWS) bien que le règlement AIR OPS ne les impose pas pour les avions de moins de 5 700 kg et d'une capacité inférieure à dix-neuf personnes.

Plus précisément, il était équipé :

- d'un système ACAS de type TCAS¹⁴ I qui fournit au pilote uniquement des alertes de trafic (TA), mais pas d'instruction de manœuvre (RA), contrairement au TCAS II. Ce système utilise les valeurs altimétriques transmises par les transpondeurs des autres aéronefs et aussi celui de l'aéronef sur lequel le système est installé. Ainsi, si la valeur altimétrique transmise par le transpondeur de l'aéronef est erronée, la barrière de sécurité que constitue le système ACAS n'est plus assurée ;
- d'un système TAWS de type EGPWS¹⁵. Ce dernier se base notamment sur les informations de hauteur renvoyée par la radiosonde de l'avion et une base de données des reliefs afin d'estimer un risque de collision avec le sol. Il s'est déclenché lors de l'incident.

4 RENSEIGNEMENTS SUR L'EXPLOITANT

4.1 Procédures à appliquer en cas de défaillance du système anémo-barométrique

4.1.1 Procédure *COMPARATOR MONITOR ALERTS*

La procédure, décrite dans le QRH de l'exploitant, à appliquer en cas d'apparition de l'indication **ALT** sur le PFD, est identique à celle de l'AFM du C525 CJ1. Cette procédure demande de comparer les informations renvoyées par les altimètres du CDB et du copilote à celle de l'altimètre de secours. Une fois l'information erronée identifiée¹⁶, il est demandé de désengager l'ADC du côté erroné et de basculer la source du pilote automatique sur la chaîne n'étant pas affectée par la panne en utilisant le bouton *AP XFR*.

¹³ Airborne Collision Avoidance System

¹⁴ Traffic Collision Avoidance System

¹⁵ Enhanced Ground Proximity Warning Systems

¹⁶ La procédure ne précise pas comment doit être menée la recherche de panne.

62. COMPARATOR MONITOR ALERTS**ROL****PIT****ATT****HDG****ALT****OR****IAS**

Indicates that data between the appropriate systems does not agree within comparator limits.

1. **C/P** Attitude, Altitude, and Airspeed.....**MONITOR AND COMPARE TO STANDBY INSTRUMENTS**
(heading compare to magnetic compass)
2. **C/P** ADC or AHRS Reversion (Affected side).....**DADC REV or AHRS REV**
3. **PF** AP XFR Button.....**PUSH** (select side with operating ADC or AHRS)

“COMPARATOR MONITOR ALERTS checklist complete”

Figure 6 : procédure COMPARATOR MONITOR ALERTS (Source : Valljet)

Cette procédure du QRH ne contient pas de renvoi vers la procédure « *Unreliable ALT indications / Altimeters Failed* » du QRH décrite ci-dessous.

4.1.2 Procédure *UNRELIABLE ALT INDICATIONS / ALTIMETERS FAILED*

À la suite de l'incident grave du Cessna 525 CJ immatriculé F-HGPG du même exploitant le 12 janvier 2022 (voir § 6.3), Valljet a ajouté une procédure spécifique intitulée « *UNRELIABLE ALT INDICATION / ALTIMETERS FAILED* » au QRH des Cessna 525 de sa flotte. Les points 1, 2, 3, 6 et 7 de cette procédure sont des *memory items* et doivent donc être appliqués de mémoire par les pilotes (voir **Figure 7**).

En cas d'indication altimétrique erronée, cette procédure demande à l'équipage de :

- déconnecter le pilote automatique ;
- informer le contrôle aérien du doute altimétrique ;
- demander une séparation latérale ;
- comparer les altitudes barométriques des chaînes 1 et 2 à celle de l'instrument de secours ainsi qu'à l'altitude issue du système GNSS (GSL).

81. UNRELIABLE ALT INDICATIONS/ ALTIMETERS FAILED

1. PF AP/FD.....DISCONNECT
2. PM ATC.....INFORM & REQUEST LATERAL SEPARATION
3. PM COMPARE/VALIDATE/MONITOR ALT1/2 to S/B ALT AND GSL ALT

IF BELOW MSA

4. PF CLIMB TO MSA

IF AT OR ABOVE MSA

5. PF LEVEL OFF

6. PM ATC.....INFORM & REQUEST LATERAL SEPARATION
7. PM COMPARE/VALIDATE/MONITOR ALT1/2 to S/B ALT AND GSL ALT

In order to compare ALT1/2/S/B ALT to GSL ALT (which is a geometric altitude), apply QNH correction and temperature correction as follows:

- To ALT1/2 indication apply QNH correction (+27,5ft/mb if QNH>1013 or -27,5 ft/mb if QNH<1013) and
 - Temperature correction (+4ft/1000ft/°C if outside average temperature if > STD, or -4ft/1000ft/°C if outside average temperature is below STD.
- Altitude may be considered valid if difference is less than 200ft.
- Divert to the nearest suitable airport
8. PM Inform CTL of possibly unreliable ALT indications & request to CTL lateral separation with other traffic during situation assessment.

" UNRELIABLE ALT INDICATIONS/ ALTIMETERS FAILED Checklist Complete."

Figure 7 : procédure UNRELIABLE ALT INDICATION / ALTIMETERS FAILED (Source : Valljet)

4.2 Renseignements sur l'équipage de conduite et témoignages

Le CDB, âgé de 37 ans, totalisait environ 3 450 heures de vol et était titulaire d'une licence CPL(A) assortie des qualifications Cessna 525, IR-ME, IR-SE, FI-A et SEP terrestre en cours de validité. Il a rejoint l'exploitant au cours de l'automne 2024. Le copilote, âgé de 25 ans, totalisait environ 650 heures de vol et était titulaire d'une licence CPL(A) assortie des qualifications Cessna 525 et IR-ME en cours de validité. Il a rejoint l'exploitant au cours de l'été 2023.

Les deux pilotes indiquent avoir réalisé l'ensemble des vérifications avant le vol sur le F-HJAV sans détecter de particularité sur l'avion. Le CDB mentionne que le QNH de 1005 hPa au départ avait été inséré dans les trois altimètres de bord et que ces derniers indiquaient une altitude de 1 290 ft cohérente avec l'altitude de 1 300 ft de l'aéroport de Limoges.

Les deux pilotes ont décollé et lors du passage au calage standard, vers 6 000 ft d'après le CDB¹⁷, ils ont relevé une incohérence d'environ 1 000 ft entre les deux altitudes affichées par leur PFD. Ils

¹⁷ L'altitude de transition lors d'un départ de Limoges - Bellegarde est de 5000 ft.

ont alors comparé ces altitudes avec celle de l'altimètre de secours. D'après les pilotes, les trois valeurs d'altitude étaient significativement différentes et cela ne leur a pas permis d'identifier la valeur d'altitude erronée. Ils ont alors décidé de poursuivre leur montée vers le FL 180. Passant le FL 100, l'alerte **ALT** est apparue sur les PFD. Le copilote a appliqué la procédure *COMPARATOR MONITOR ALERT*. Cette dernière mentionnait de comparer les altitudes des trois altimètres. D'après les pilotes, ces dernières étaient incohérentes. L'altimètre de secours aurait indiqué entre 600 et 1 200 ft de plus que celui du copilote au cours du vol. Une fois établi en croisière, l'altimètre du CDB indiquait 18 000 ft lorsque celui du copilote aurait indiqué 12 600 ft. Les pilotes ont alors demandé au contrôle aérien l'altitude à laquelle ils étaient vus. Le CDB a également cherché à obtenir une information d'altitude par l'intermédiaire du système de navigation GNSS. Néanmoins, ce faisant, il a confondu une information d'altitude barométrique renvoyée par le système de navigation avec une altitude GNSS. Il ajoute qu'il n'a pas pensé à vérifier l'information sur son EFB. Enfin, les pilotes ont comparé l'heure estimée de leur arrivée au FL 180 à leur heure réelle d'arrivée au niveau de croisière. L'écart était d'une minute. Ils ont conclu que l'indication d'altitude affichée sur le PFD du copilote était erronée. Ils ont alors basculé la source de l'information d'altitude des deux PFD sur l'ADC 1.

Lors de l'approche, alors qu'ils changeaient de secteur de contrôle, le copilote ne parvenait pas à contacter l'approche de CDG. La charge de travail était élevée pour le copilote. Le CDB était, lui, concentré sur la préparation de l'arrivée. À ce moment-là, le CDB a été surpris de voir la radio sonde s'activer et quelques secondes plus tard l'alarme TAWS de type TERRAIN PULL UP se déclencher. Le copilote indique ne pas avoir entendu l'alarme TAWS. À la suite du déclenchement de l'alarme, les pilotes se sont référés aux informations altimétriques renvoyées par l'ADC 2.

Les deux pilotes indiquent qu'ils n'avaient pas connaissance de la procédure *UNRELIABLE ALT INDICATIONS / ALTIMETERS FAILED* du QRH. Ils ajoutent que les *memory items* associés ne leur avaient pas été enseignés au cours de leur formation chez l'exploitant. Les pilotes ajoutent qu'ils n'avaient pas connaissance de l'incident grave survenu au F-HGPG en 2022¹⁸ (voir § 6.3) présentant des caractéristiques similaires et à la suite duquel cette procédure avait été insérée au QRH.

5 RENSEIGNEMENTS SUR LE PRESTATAIRE DE LA NAVIGATION AÉRIENNE

5.1 Procédure du contrôle aérien en cas de doute sur l'altitude

Les documentations opérationnelles du SNA Sud (responsable de l'organisme de contrôle de Limoges), du CRNA Sud-Ouest, du CRNA Nord, du SNA-RP/CDG et du SNA-RP/LBG, ayant été en contact avec l'équipage du vol de l'incident grave, reprennent la consigne opérationnelle 17-58/24 (voir § 6.3) relative à la conduite à tenir en cas de doute sur l'altitude d'un vol. Cette consigne émise par la Direction des Opérations (DO) de la DSNA détaille la méthode de travail qui doit être appliquée par tous les organismes de contrôle sous sa responsabilité. La procédure associée prévoit les actions suivantes :

- « *Obtenir une séparation latérale vis-à-vis des autres aéronefs lorsque la séparation est due, ou éventuellement une séparation verticale à partir du moment où le pilote affirme connaître la plage d'altitude dans laquelle il se situe.*
- *Demander au pilote d'arrêter la transmission des données d'altitude du mode C ou ADS-B en utilisant la phraséologie appropriée du manuel de phraséologie en vigueur.*
- *Lui indiquer que le lever de doute ne peut être fait par le service du contrôle.*

¹⁸ Rapport du BEA publié à l'été 2023.

- Informer le(s) secteur(s) de contrôle ou les organismes de contrôle de la circulation aérienne potentiellement concernés par l'aéronef de la mesure prise.
- Informer le CMCC¹⁹ concerné.

En complément, en fonction de la gravité perçue de la situation, une ou plusieurs des actions suivantes peuvent être prises :

- Faire afficher le code 5677²⁰, permettant de signaler aux autres centres de la DSNA et des armées la particularité de ce vol.
- Fournir une assistance en vol à l'équipage, soit immédiatement si ce dernier se considère en état de détresse, ou à sa demande s'il se considère en état d'urgence. L'assistance en vol peut être conduite, si nécessaire, avec le concours de la défense dans le cas de l'assistance à personne en danger. À ce titre, elle peut dans certains cas, conduire à une interception [...].
- Demander au pilote d'atterrir sur l'aérodrome approprié le plus proche en recherchant ou maintenant les conditions VMC. »

De plus, la documentation du SNA-RP/CDG contient une fiche réflexe à destination du Chef de salle d'Approche (CA) qui reprend les points principaux de cette procédure (voir **Figure 8**). Cette fiche est aussi accessible aux contrôleurs en fréquence sur les positions de contrôle. La documentation du CRNA Nord contient également une fiche réflexe disponible sur la position du contrôleur relative à la « Panne altimètre » (voir **Figure 9**).

Les documentations opérationnelles du SNA Sud, du CRNA Sud-Ouest et du SNA-RP/LBG ne contiennent pas de fiche réflexe pour le cas spécifique d'un doute d'altitude émis par un équipage.

DOUTE ALTITUDE AVION	
Trafic arrivée	séparation latérale
CA	informe EACA
.....	demande interception chasseur pour lever de doute
.....	prévoit un retour terrain
.....	informe les secteurs concernés
Contrôleur	demande arrêt mode C
.....	pas de lever de doute avec nos radars
.....	demande l'affichage code 5677
.....	assistance si vol en 7700

Figure 8 : fiche réflexe CA sur le doute altimétrique (Source : SNA-RP/CDG)

¹⁹ Centre Militaire de Contrôle et de Coordination.

²⁰ Ce code transpondeur est visualisé sur toutes les couches avec une mention ATTN (pour « attention ») sur l'étiquette radar. Ce code particulier est utilisé comme tel uniquement en France et est connu des organismes militaires.

Panne altimètre							
Le pilote reporte un problème d'altimètre							
PCR <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Mode C : coupé <input type="checkbox"/> Transpondeur 5677 (visu toutes couches) : transmis <input type="checkbox"/> Descente sous le FL285 (sortie de l'espace RVSM) : fait <input type="checkbox"/> Envisager le déroutement vers un aéroport proche permettant les conditions d'approche à vue : fait 	PCO <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Secteur suivant : notifié <input type="checkbox"/> Secteurs et zones actives adjacents verticalement : notifiés <input type="checkbox"/> CDS : notifié <input type="checkbox"/> CSCAM : notifié <input type="checkbox"/> FNE : rédigée 						
Remarques <ul style="list-style-type: none"> Obtenir une séparation latérale vis-à-vis des autres aéronefs lorsque la séparation est due, ou éventuellement une séparation verticale à partir du moment où le pilote affirme connaître la plage d'altitude dans laquelle il se situe. Perte d'aptitude RVSM. Pas de RA TCAS avec les autres a/c, mais TA intempestifs. Pas d'alertes PC-STCA et TCT avec les autres trafics. Seule la reconnaissance à distance (envoi de la chasse, déclenchée par le CNOA) permet de déterminer l'altitude de l'aéronef. Les contrôleurs militaires ne peuvent pas déterminer l'altitude de l'aéronef car ils utilisent des radars secondaires. 							
Vocabulaire <table border="1"> <thead> <tr> <th>Français</th> <th>Anglais</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>transpondeur</td> <td>transponder</td> </tr> <tr> <td>second ensemble</td> <td>second set</td> </tr> </tbody> </table>		Français	Anglais	transpondeur	transponder	second ensemble	second set
Français	Anglais						
transpondeur	transponder						
second ensemble	second set						

Figure 9 : fiche réflexe « Panne altimètre » (Source : CRNA Nord)

5.2 Systèmes MSAW et STCA des services de la navigation aérienne

Le système MSAW (*Minimum Safe Altitude Warning*) est le système permettant de prévenir un contrôleur aérien d'un rapprochement dangereux d'un aéronef avec le sol et les obstacles. Le SNA-RP/CDG en est équipé. Le MSAW se base sur la valeur de l'altitude envoyée par le mode C du transpondeur des aéronefs. Ainsi, si cette information est erronée, le système n'est plus efficace.

Le STCA (*Short Term Conflict Alert*) est le système sol permettant de prévenir un contrôleur aérien d'une perte des séparations minimales radar à court terme. Le SNA-RP/CDG en est équipé. Le STCA se base sur la valeur de l'altitude envoyée par le mode C du transpondeur des aéronefs. Ainsi, si cette information est erronée, le système n'est plus efficace.

5.3 Renseignements sur le personnel au sol et témoignages

5.3.1 Renseignements sur les contrôleurs aériens du CRNA Sud-Ouest

La position de contrôle qui a été en contact avec l'avion était armée avec deux contrôleurs :

- le contrôleur radariste, notamment chargé des échanges radio sol-bord, du guidage radar des aéronefs et de la résolution tactique des conflits. Le contrôleur en poste était qualifié depuis 2011 au CRNA Sud-Ouest ;
- le contrôleur organique, notamment chargé des coordinations avec les autres secteurs ou organismes. Le contrôleur en poste était qualifié depuis 1997 au CRNA Sud-Ouest.

Les deux contrôleurs indiquent ne pas avoir perçu que la demande du pilote était en lien avec un doute altimétrique. Le pilote avait un ton qui n'inspirait pas d'inquiétude de leur point de vue. Par ailleurs, ils n'avaient aucune information sur leurs écrans de contrôle pouvant leur laisser penser que la situation était inusuelle.

Les deux contrôleurs indiquent ne pas avoir connaissance de l'incident grave survenu entre un Cessna 525 CJ exploité par Valljet et un Embraer ERJ170 exploité par HOP! survenu en janvier 2022 (voir § 6.3). Ils indiquent avoir reçu et lu la consigne DO 17-58/24 ainsi que le Retour d'expérience (REX) sur le doute altimétrique publié par la DO en février 2025 (voir §§ 6.2 et 6.3), mais ne pas se souvenir de leur contenu. Ils ajoutent que le grand nombre de communications qui leur sont partagées rend difficile l'identification et l'intégration de l'ensemble des informations. Cependant, ils se rappellent avoir suivi il y a plusieurs années, lors d'une formation aux situations anormales et d'urgence (FSAU)²¹, un cours théorique sur l'incident grave survenu entre un Airbus A318 exploité par Air France et un Pilatus PC12 survenu en juin 2010 (voir § 6.1).

5.3.2 Renseignements sur les contrôleurs aériens du SNA-RP/CDG

La salle d'approche du SNA-RP/CDG est organisée en deux travées : la travée arrivée et la travée départ. La travée arrivée était armée avec quatre contrôleurs au moment de l'événement :

- le contrôleur en position INI, qui prend en compte les aéronefs délivrés par les organismes adjacents pour les amener jusqu'aux axes d'approches. Cette position peut être dégroupée en deux zones : Nord et Sud. Le contrôleur en poste (positions regroupées) était qualifié depuis 2018 au SNA-RP/CDG ;
- un contrôleur stagiaire en position COOR INI et son instructeur, notamment chargé des coordinations avec les autres secteurs ou organismes. L'instructeur en poste était qualifié depuis 2005 au SNA-RP/CDG. Le stagiaire avait commencé sa formation en décembre 2022 au SNA-RP/CDG ;
- un contrôleur ITM, qui est chargé de l'interception des axes et de la gestion des avions en finale jusqu'au transfert au contrôleur tour. Cette position peut être dégroupée en trois : une position pour le doublet Nord de CDG, une pour le doublet Sud et une pour l'aéroport du Bourget. L'ITM n'ayant jamais eu le F-HJAV en fréquence lors de l'incident, le BEA ne s'est pas entretenu avec ce dernier.

En plus des contrôleurs à la fréquence, le chef de la salle d'Approche (CA) supervise les opérations et organise le travail. Ce contrôleur en poste était qualifié depuis 2001 au SNA-RP/CDG et CA depuis 2011.

Les contrôleurs précisent que le trafic était calme au moment de l'incident.

Le contrôleur INI indique qu'au premier contact, il a directement regardé sur quelle fréquence l'équipage émettait, INI Nord sur 121,155 MHz ou INI Sud sur 125,830 MHz, à l'aide du *squelsh*²². Selon lui, il s'agissait de la fréquence INI S. Une fois les problèmes radio résolus, la situation était redevenue normale jusqu'à ce que l'équipage informe le contrôleur INI d'un problème d'altimètre à bord. Sur son écran radar, l'avion était au FL 96 avec une vitesse verticale de +200 ft/min alors qu'il devait être en palier au FL 90. Le contrôleur INI a indiqué à l'équipage qu'il ne pouvait pas lever le doute d'altitude. Il s'était souvenu de sa dernière FSAU reçue en juin 2024 lors de laquelle une situation similaire avait été présentée (voir § 6.2). Il n'a alors plus donné d'altitude et a organisé une séparation latérale avec les autres avions dans son secteur. Il ajoute que l'équipage lui semblait serein, de plus il savait que les conditions météorologiques étaient bonnes. Le contrôleur COOR INI a de son côté informé le contrôleur en position LOC S²³ de CDG, le CRNA Nord, le SNA/RP-ORY et le SNA/RP-LBG de ce problème, leurs secteurs étant contigus aux secteurs de CDG. Avec son instructeur, il précise qu'il n'a pas pensé à contacter les SIV.

²¹ Formation reçue tous les trois ans.

²² Indication sur la chaîne radio qui permet au contrôleur de savoir quelle fréquence est effectivement utilisée.

²³ Fréquence tour, tour Sud.

Lorsque le contrôleur INI n'a pas eu de réponse à sa proposition d'assistance au sol, il a pensé que l'équipage devait encore avoir des problèmes de radio. Il a alors choisi de dégrouper la position INI. Une contrôlease est venue prendre la position INI S, il a conservé la position INI N. L'altitude mode C continuait d'augmenter sur les écrans radars. Le contrôleur COOR INI indique que la contrôlease INI S a tenté à plusieurs reprises de contacter l'équipage, en vain.

Lorsque le contrôleur INI N a été recontacté par l'équipage sur sa fréquence, il l'a gardé en fréquence et ne l'a pas transféré au secteur ITM. Il explique qu'il ne souhaitait pas demander à l'équipage d'autres actions ni interférer avec le travail de l'équipage.

Après l'atterrissage, le contrôleur INI N a demandé au CA de faire couper le mode C de l'avion, car il continuait à le voir sur son écran vers le FL 130 et que cela interférerait avec les trafics dont il avait la charge.

Le CA n'est pas intervenu dans la gestion de l'incident. Il a estimé que ses collègues avaient pris les bonnes décisions pour assurer la sécurité du vol, et celles des autres vols dans leurs secteurs. Il n'a donc pas utilisé la fiche réflexe correspondant à la situation. Il ajoute par ailleurs qu'il y a une méconnaissance du code transpondeur 5677, constat partagé par l'instructeur COOR INI. Ce dernier explique qu'il a considéré que l'équipage devait être dans de bonnes conditions avec la vue du sol et des obstacles, et avec un avion manœuvrable. L'équipage n'a pas émis de message de détresse ou d'urgence. Il ajoute enfin que, compte tenu de la proximité de l'avion avec sa destination, le déclenchement d'une mission d'interception par la Permanence Opérationnelle (PO) n'aurait pas été opportun.

Au cours de l'incident, les contrôleurs en position INI et COOR INI indiquent qu'ils n'ont pas pensé à faire couper le mode C de l'avion, ni à demander à faire afficher le code transpondeur 5677. Ils estiment que tous les secteurs concernés étaient informés de la situation et que la séparation latérale avec les autres trafics était assurée.

6 ÉVÉNEMENTS SIMILAIRES

6.1 Incident grave survenu à l'Airbus A318 immatriculé F-GUGJ exploité par Air France et au Pilatus PC12 immatriculé EC-ISH²⁴ en 2010

6.1.1 Description et conclusion de l'enquête BEA

L'A318 évoluait au FL 290, tandis que le PC-12, autorisé au FL 270, était en réalité au FL 290 en raison d'un problème altimétrique. L'équipage de l'Airbus a effectué une manœuvre d'évitement d'urgence. La séparation minimale entre les deux avions n'a pas pu être déterminée sur l'enregistrement radar et a été estimée, par les équipages, entre 15 à 30 m horizontalement et environ 100 ft verticalement.

Dans la conclusion, le rapport mentionne :

« Cet incident est dû à une fuite au niveau du circuit de pression statique alimentant le système anémo-barométrique en place gauche. Cette fuite a entraîné la fourniture d'informations d'altitude et de vitesse erronées et a amené le PC 12 à évoluer à un niveau conflictuel avec le vol Air France sans que le risque de collision entre les 2 avions puisse être détecté ni par le contrôle aérien, ni par

²⁴ [Incident grave survenu à l'Airbus A318 immatriculé F-GUGJ exploité par Air France et au Pilatus PC 12 immatriculé EC-ISH le 02/06/2010 en croisière.](#)

les systèmes d'anticollision tels que le filet de sauvegarde (STCA) ou les systèmes ACAS.

Le niveau de vol affiché sur les systèmes sol ne permettait pas de lever le doute et a, ainsi, conforté l'ensemble des acteurs (équipage et contrôleurs) sur un niveau de vol erroné de l'avion. De ce fait, l'équipage n'a pas recherché davantage les causes de l'incohérence de la vitesse observée sur l'ensemble en place gauche. »

6.1.2 Recommandations de sécurité à la suite de cet incident grave

Recommandation relative aux procédures des constructeurs associées aux situations d'altitude douteuse ou erronée

Le BEA a recommandé à l'AESA :

- « que des procédures du manuel de vol relatives aux situations d'altitude douteuse ou erronée soient complétées ou élaborées par les constructeurs ;
- que ces cas soient considérés comme des situations d'urgence devant être déclarées par les équipages sans délai aux services de la circulation aérienne. »

En réponse à la première recommandation, l'AESA avait répondu que Pilatus avait mis à jour les procédures de son manuel de vol et qu'elle considérait que cette recommandation pouvait être close. En 2021, l'AESA a indiqué au BEA qu'aucune action spécifique n'avait été entreprise depuis cet événement, notamment vis-à-vis des autres constructeurs.

Recommandation relative aux procédures des services de la navigation aérienne associées aux situations d'altitude douteuse ou erronée

Le BEA a recommandé à la DSNA qu'elle « mette en œuvre, dans les plus brefs délais, une procédure d'urgence pour que le contrôle aérien assure un volume de sécurité autour d'un aéronef dès que l'équipage émet un doute sur sa position verticale et sans attendre la déclaration par celui-ci d'une situation de détresse ou d'urgence. »

La DSNA a élaboré puis diffusé la consigne opérationnelle 11-158/10²⁵ applicable en cas de doute annoncé par le pilote d'un vol IFR sur l'altitude de son vol. Cette consigne a été mise en application le 21 juillet 2010 par tous les organismes de contrôle (CRNA et SNA).

En application de cette consigne, dans une situation de doute sur l'altitude d'un vol IFR, le contrôleur doit, entre autres, appliquer dès que possible une séparation latérale vis-à-vis des autres vols, demander au pilote d'arrêter d'émettre son mode C et lui indiquer que le lever de doute ne peut être fait par les services de contrôle.

6.2 Incident grave survenu au Cessna 525A CJ2 immatriculé N222NF²⁶ en 2020

6.2.1 Description et conclusions de l'enquête

Le pilote du Cessna²⁷ a rencontré des incohérences d'informations d'altitude et de vitesse affichées sur ses instruments au décollage du Bourget. Le pilote n'a pas appliqué la procédure dédiée et a cherché à lever le doute avec l'aide de la contrôleur de CDG avec laquelle il était en contact. Cela a conduit les acteurs à se fier à l'ensemble anémo-barométrique associé au transpondeur donnant lieu ainsi à une situation de biais de confirmation – cet ensemble était celui qui fournissait une

²⁵ Cette consigne a été mise à jour par la suite pour donner la consigne 17-58/24 (voir § 6.3.2).

²⁶ [Incident grave survenu au Cessna 525A immatriculé N222NF le 14/08/2020 près du Bourget \(93\)](#).

²⁷ Avion répondant aux spécifications de certification CS-23.

information erronée. Ainsi au cours de l'événement, la contrôleuse a demandé au pilote évoluant dans la couche nuageuse de descendre à 1 500 ft. L'altitude radar était alors proche de 3 000 ft, alors que l'altitude réelle de l'avion était d'environ 1 300 ft. Une alarme TAWS de proximité du terrain s'est déclenchée à bord. Après le vol, un insecte et du sable ont été retrouvés dans un port statique.

6.2.2 Recommandations de sécurité à la suite de cet incident grave

Recommandation relative aux procédures du constructeur Textron Aviation²⁸ associées aux situations d'altitude douteuse ou erronée

Le BEA a recommandé que *la FAA veille à ce que la procédure du manuel de vol du Cessna Citation 525 soit mise à jour afin que les pilotes disposent d'une procédure spécifique de traitement des incohérences des informations anémo-barométriques, adaptée à la configuration de l'avion concerné* ».

En avril 2025, la FAA a répondu à la recommandation. Elle a évalué que les procédures pourraient être améliorées pour apporter des clarifications aux équipages afin de détecter une chaîne barométrique défaillante et sélectionner la source barométrique valide pour le transpondeur. Elle indique toutefois que la charge de travail de l'équipage devrait être prise en compte au cas par cas pour toute nouvelle procédure du manuel de vol. Elle indique également ne pas avoir identifié de situation non sûre nécessitant une action corrective obligatoire.

Recommandation relative aux procédures des constructeurs associées aux situations d'altitude douteuse ou erronée

Dans son rapport, le BEA avait rappelé que la recommandation de sécurité émise en 2010 portant sur l'incomplétude des procédures à appliquer en cas d'incohérences des informations d'altitude n'avait pas été appliquée aux aéronefs autres que le Pilatus PC 12 (voir § 6.1).

En conséquence, le BEA avait recommandé à nouveau que *l'AESA en liaison avec les autorités primaires de navigabilité des avions mette en œuvre la recommandation en ne se limitant pas au cas particulier du Pilatus PC 12* ».

Fin janvier 2023, l'AESA a informé le BEA, en réponse à cette recommandation, qu'elle avait envoyé un élément de révision du maintien de la navigabilité (CARI²⁹) aux différents titulaires de certificats de type (TCH) d'aéronefs relevant des certifications CS-23, CS-27 et CS-29, ainsi qu'aux titulaires de certificats de type supplémentaires (STCH) relatifs à l'avionique et/ou aux systèmes « données air » pour ces aéronefs. Ce CARI demande aux titulaires d'un agrément de conception (DOA) de revoir les procédures opérationnelles en ce qui concerne des incohérences ou des écarts de « données air ».

Recommandations relatives aux procédures d'urgence des services de la navigation aérienne liées aux situations d'altitude douteuse ou erronée

Le BEA a recommandé que *la DSNA s'assure, qu'en complément de l'enseignement de la procédure d'urgence "doute annoncé par le pilote sur l'altitude de son vol", tous les contrôleurs en activité aient une connaissance correcte du principe de recueil de l'information altimétrique dont ils disposent sur leurs écrans. [Recommandation FRAN-2022-016]* ».

²⁸ Constructeur de l'avion.

²⁹ Continuing Airworthiness Review Item.

En juin 2023, la DSNA a répondu qu'elle a « chargé la Direction des Opérations de créer un REX³⁰ sur la thématique du recueil de l'information altimétrique. Un support sous forme d'enseignement assisté par ordinateur ou de vidéo, est à l'étude et un point sera fait début juillet 2023 (...).

À l'issue, ce REX sera consolidé, à l'appui du support retenu, dans la perspective d'être largement diffusé à l'ensemble des contrôleurs aériens en activité. L'organisation de briefings sera privilégiée, de même que le support créé sera diffusé via QR code sur affiche, ainsi que dans une prochaine édition du Bulletin Sécurité DSNA. L'objectif recherché est un déploiement de ce REX au plus tard au printemps 2024. »

La DO a finalement publié un REX en février 2025, adressé aux SNA et CRNA, contenant :

- un résumé de l'incident grave survenu entre un Cessna 525 CJ exploité par Valljet et un Embraer ERJ170 exploité par HOP! survenu en 2022 (voir § 6.3) ;
- un lien vers la consigne 17-58/24 (voir § 6.3) ;
- un rappel sur le fonctionnement d'un radar secondaire.

Le CRNA Sud-Ouest a communiqué ce REX aux correspondants sécurité de chaque équipe de contrôleurs, charge ensuite à eux d'en discuter au sein de leur équipe. Le SNA-RP/CDG avait prévu de présenter ce REX aux représentants de chaque équipe de contrôleurs lors d'une réunion prévue en mai 2025, charge ensuite à eux d'en discuter au sein de leur équipe.

Par ailleurs, le SNA-RP/CDG a ajouté un retour d'expérience sur cet incident grave dans son programme de formation aux situations anormales et d'urgence (FSAU) à partir de l'été 2023, incluant une partie théorique avec un rappel sur l'altimétrie et la procédure à appliquer en cas de doute annoncé par le pilote sur l'altitude de son vol et une partie pratique en simulateur.

6.3 Incident grave survenu au Cessna 525 CJ immatriculé F-HGPG exploité par Valljet et à l'Embraer ERJ170 immatriculé F-HBXG exploité par HOP!³¹ en 2022

6.3.1 Description et conclusion de l'enquête BEA

Le 12 janvier 2022, une quasi-collision s'est produite entre les deux avions alors que l'ERJ était au FL 280 et le Cessna 525, autorisé au FL 270, était légèrement au-dessus du FL 280 en raison d'un problème altimétrique que l'équipage avait détecté à la fin de la montée. La documentation de l'avion ne contenait pas de procédure pour traiter cette défaillance. Le contrôleur, informé tardivement du doute altimétrique à bord du Cessna 525, n'a pas pu assurer la séparation minimale. Celle-ci a été calculée à 1,5 NM horizontalement et 665 ft verticalement. Le contrôleur, ayant la procédure « doute annoncé par l'équipage sur l'altitude de son vol » en mémoire, a demandé à l'équipage de couper le mode C du transpondeur et a proposé une mission d'interception. Il s'est ensuite appuyé sur la fiche réflexe « panne transpondeur » qu'il avait à disposition sur sa position à défaut d'avoir la fiche réflexe « doute annoncé par un pilote sur l'altitude de son vol ».

Par la suite, l'équipage a vérifié l'altitude GNSS de l'avion pour déterminer la source altimétrique défaillante. Les examens n'ont pas permis d'identifier avec certitude l'origine de la défaillance, cependant, le gel d'eau possiblement contenue dans un point bas d'une conduite souple reliée à une sonde Pitot pourrait expliquer la défaillance.

³⁰ Retour d'Expérience

³¹ [Incident grave survenu au Cessna 525 immatriculé F-HGPG exploité par Valljet et à l'Embraer ERJ170 immatriculé F-HBXG exploité par HOP! le 12/01/2022 en croisière.](#)

6.3.2 Recommandations de sécurité à la suite de l'incident grave

Recommandations relatives à la fiche réflexe d'urgence pour le contrôleur

Le BEA a recommandé que *la DSNA s'assure que la procédure d'urgence relative au doute annoncé par un pilote sur l'altitude de son vol fasse l'objet d'une fiche réflexe d'urgence, mise à la disposition des contrôleurs sur leur position de contrôle et soit accompagnée d'une formation récurrente sur simulateur* ».

La DSNA a répondu au BEA en novembre 2023 qu'elle avait pris en compte la recommandation et qu'elle avait déjà pris les mesures suivantes :

- la Direction des Opérations (DO) a été mandatée afin d'établir un état des lieux des centres dans lesquels cette fiche réflexe n'existait pas sur position, et de coordonner avec lesdits centres l'établissement de cette fiche réflexe ainsi que son accessibilité directe aux contrôleurs sur position ;
- il a été demandé à la Direction de la Stratégie et des Ressources (DSR) d'établir un état des lieux de ce qui était déjà pratiqué en matière de formation en centre et de réfléchir à l'intégration le cas échéant de formation intégrant ce paramètre.

En août 2024, la DO a publié la consigne 17-58/24, qui a abrogé la consigne 11-158/10. La nouvelle consigne reprend les principes de la précédente. Elle mentionne l'ajout d'un item à la procédure consistant à faire afficher le code transpondeur 5677 permettant de signaler aux autres centres de la DSNA et des Armées la particularité du vol. La consigne précise également que la phraséologie à utiliser relève du langage clair dans ces circonstances.

Les différents organismes de la DSNA (SNA et CRNA) ont décliné cette consigne directement dans leur manuel d'exploitation ou au travers d'une consigne opérationnelle dans l'attente d'une mise à jour du manuel d'exploitation.

La DO a également recensé les SNA et CRNA qui disposaient d'une fiche réflexe à l'intention d'un contrôleur sur position. À la date de publication de ce rapport, trois des cinq CRNA et huit des vingt-trois SNA interrogés possédaient une telle fiche réflexe.

Concernant la formation à la gestion du doute altimétrique, à la date de publication du rapport, la DSNA n'a pas été en mesure de fournir au BEA un état d'avancement sur ce sujet.

Recommandation relative à l'analyse du risque que constitue la défaillance d'une chaîne barométrique

Le BEA a recommandé que *l'AESA poursuive et mène à bien l'analyse du risque que constitue la défaillance d'une chaîne barométrique en s'attachant à considérer le système dans sa globalité, et en tire le cas échéant les conclusions en matière d'actions de sécurité* ».

L'AESA a répondu en octobre 2023 qu'elle s'attachait à répondre à la recommandation dans le cadre du sujet de sécurité *Safety Issue SI-2002 Deconfliction with aircraft operating with a malfunctioning or non-operative transponder*. L'AESA avait indiqué être alors en train de conduire un *Safety Issue Assessment* (SIA) sur le sujet et que l'analyse serait documentée dans un rapport *Best Intervention Strategy* (BIS). Ce BIS est l'étape préalable à la constitution d'un groupe de travail pour lancer des tâches réglementaires.

En avril 2025, l'AESA a indiqué que le BIS sur le sujet était planifié aux trimestres 2 à 4 de 2025.

7 SUITES DE L'ENQUÊTE DE SÉCURITÉ

7.1 Mesures prises à la suite de l'incident grave

7.1.1 Par l'exploitant

Une note de sécurité rappelant l'utilisation de la procédure « UNRELIABLE ALT INDICATION / ALTIMETERS FAILED » ainsi que son statut de *memory Item* a été partagée avec l'ensemble des pilotes de l'exploitant.

En plus de cette publication, l'exploitant a indiqué qu'il fournirait aux pilotes des procédures expliquant la méthode d'accès à l'altitude géométrique donnée par les différents systèmes de navigation GNSS.

7.1.2 Par les services de la navigation aérienne

La subdivision Qualité de Service du CRNA-SO a présenté les premières informations relatives à l'incident lors d'un briefing fait aux contrôleurs. En outre, un courriel à caractère « urgent sécurité » rappelant les actions à effectuer en cas de doute altimétrique émis par un pilote en plus de la consigne DO 17-58/24, a été envoyé aux correspondants sécurité début avril.

La subdivision Qualité de Service du SNA-CDG a présenté les premières informations relatives à l'incident lors d'une réunion mensuelle avec les contrôleurs. En outre, lors de cette réunion, un rappel sur la consigne DO 17-58/24, les actions à réaliser par les contrôleurs en position ainsi que sur la fiche réflexe à l'intention des chefs approches a été fait. La méthode d'accès aux fiches réflexes a aussi été rappelée à l'ensemble des contrôleurs.

7.2 Premiers faits établis par l'enquête

- L'équipage a détecté un écart d'altitude entre les trois altimètres au cours de la montée. La montée est poursuivie jusqu'au niveau de croisière.
- La procédure *COMPARATOR MONITOR ALERTS* du QRH de l'exploitant, identique à celle du manuel de vol de l'avion, ne mentionne pas l'utilisation de l'*alternate static source* équipant cet avion.
- La procédure *UNRELIABLE ALT INDICATION / ALTIMETERS FAILED* du QRH a été introduite par l'exploitant à la suite d'un incident similaire survenu en 2022. Cette procédure demande de comparer les altitudes barométriques à l'altitude issue du système GNSS de l'avion. L'équipage n'avait pas connaissance de cette procédure.
Cette procédure n'est pas appelée par la procédure *COMPARATOR MONITOR ALERTS* du QRH.
- Au début de la croisière, l'équipage a sollicité le contrôleur du CRNA Sud-Ouest au sujet d'un « problème d'altimètres à bord ». Ce dernier a indiqué que l'avion était affiché au FL 180.
- Les deux contrôleurs sur position n'ont pas perçu que la demande de l'équipage était en lien avec un doute altimétrique à bord et ainsi, n'ont pas appliqué la procédure associée.
- L'équipage, après avoir traité la panne, a sélectionné l'ADC 1 comme source altimétrique pour les deux PFD. L'ADC 1 fournissait des valeurs erronées d'altitude.
- Au moment de l'incident, les conditions météorologiques étaient compatibles avec le vol à vue (VMC). Le CDB a indiqué que sa vue du sol était réduite en raison du soleil couchant se reflétant sur une « légère couche de nuage ».

- Au cours du vol (croisière au FL 180, puis palier au FL 90), l'altitude GNSS a diminué de manière continue passant de 15 650 ft jusqu'à atteindre une altitude de 1 200 ft, soit une hauteur de 700 ft, hauteur à laquelle d'après le témoignage du CDB, une alerte TAWS *TERRAIN PULL UP* s'est déclenchée à bord.
- Le copilote n'a pas perçu cette alerte TAWS, il traitait un problème de radio, car il n'arrivait pas à contacter le contrôleur de CDG.
- Le CDB a traité cette alerte, interrompu sa descente et a poursuivi le vol à vue, à une altitude de 2 000 ft, sur la base des informations fournies par l'ADC 2.
- À la suite de l'alerte TAWS, l'équipage a demandé au contrôleur de CDG à quelle altitude il était. Le contrôleur a répondu que l'avion était affiché au FL 96. L'équipage a répondu qu'il lui semblait être à une altitude plus basse.
- Les contrôleurs de CDG ont partiellement appliqué la procédure en cas de doute sur l'altitude de son vol annoncé par un pilote.
- Une partie du vol s'est déroulée en espace aérien non contrôlé. L'avion a évolué à vitesse élevée à proximité de plusieurs trafics VFR au cours des vingt dernières minutes de vol.
- Étant donné que le transpondeur renvoyait les données issues de l'ADC 1 au cours du vol, les systèmes MSAW et STCA des contrôleurs étaient inefficaces, comme les systèmes ACAS de l'avion et des avions équipés évoluant à proximité.

7.3 Considérations du BEA sur les risques associés aux défaillances du système anémo-barométrique

Les premiers éléments de l'enquête confirment à nouveau qu'un problème altimétrique est une menace singulière et réelle pour la sécurité aérienne, notamment pour des avions uniquement équipés de deux chaînes anémo-barométriques indépendantes.

Ce type de dysfonctionnement en vol est susceptible, simultanément, de :

- générer un écart de trajectoire dans le plan vertical qui peut être à l'origine d'un rapprochement dangereux entre aéronefs ou d'un aéronef avec le sol ;
- priver les pilotes et les contrôleurs aériens des éléments leur permettant d'avoir pleinement conscience de la situation réelle ;
- compromettre l'efficacité des barrières de récupération que constituent les systèmes ACAS côté bord, et STCA ou MSAW côté contrôle aérien.

Trois incidents graves similaires ont déjà fait l'objet d'enquêtes de sécurité du BEA et ont abouti à l'émission de plusieurs recommandations de sécurité (voir § 6). À la date de publication du présent rapport, certaines recommandations ont donné lieu à des actions (dont plusieurs sont toujours en cours), d'autres n'ont pas été suivies. Valljet, Textron, la DSNA, la DSAC, la FAA et l'AESA avaient déjà été associées à certaines de ces enquêtes.

Cet incident grave montre que les moyens à disposition des équipages et des contrôleurs aériens peuvent être insuffisants pour leur permettre une gestion adaptée en cas de doute sur l'information altimétrique d'un aéronef.

Les premiers éléments recueillis au cours de l'enquête sur le F-HJAV, ainsi que le présent rapport, ont été partagés avec les organismes cités ci-dessus afin qu'ils puissent réévaluer, à la lumière de ce nouvel incident grave, l'adéquation des décisions ou des mesures déjà prises.

7.4 Prochaines étapes de l'enquête

L'enquête de sécurité portera une attention particulière aux éléments suivants :

- la défaillance du système anémo-barométrique du F-HJAV ;
- la formation et les procédures des équipages et des contrôleurs aériens ;
- la prise en compte par les différents interlocuteurs concernés des événements de sécurité antérieurs et des recommandations de sécurité correspondantes.

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.