



Incident grave de l'avion CESSNA - 525 - A
immatriculé **N222NF**
survenu le 14 août 2020
à Paris-Le Bourget (93)

Heure	Vers 9 h 30 ¹
Exploitant	Privé
Nature du vol	Navigation
Personnes à bord	Pilote et trois passagers
Conséquences et dommages	Aucun

Défaillance simultanée d'un écran PFD et de l'une des deux chaînes anémo-barométriques lors du décollage, demi-tour et atterrissage d'urgence

Note : un glossaire est disponible en annexe du rapport.

1	Déroulement du vol	- 2 -
2	Renseignements sur l'avion et ses systèmes.....	- 6 -
3	Renseignements sur l'exploitation.....	- 11 -
4	Conclusions	- 18 -
5	Mesures prises par la DSNA	- 19 -
6	Recommandations	- 21 -

¹ Sauf précision contraire, les heures figurant dans ce rapport sont exprimées en heures UTC. Il convient d'y ajouter deux heures pour obtenir l'heure locale.

1 DÉROULEMENT DU VOL

Note : Les informations suivantes sont principalement issues des témoignages, des enregistrements des radiocommunications et des données radar.

Le pilote, accompagné de membres de sa famille, prévoit un vol au départ de Paris-Le Bourget à destination de Deauville-Normandie (14).

Il explique que la mise en route et les vérifications avant décollage sont normales. Immédiatement après le lever des roues à 9 h 27, l'écran de gauche (PFD) devient noir. Le pilote applique la procédure relative à cette défaillance² et transfère l'affichage de ce PFD sur l'écran central (MFD).

Dès que l'avion a survolé le seuil de piste opposé, la contrôleuse lui demande de changer de fréquence et contacter le service de contrôle de Paris-Charles de Gaulle.

Dans les secondes suivantes, le pilote automatique se désactive et les alarmes visuelles et sonores *overspeed* et *Pull up* se déclenchent. Entre 800 et 900 ft, le pilote constate que l'altitude sur le MFD passe de 800 ft à 2 900 ft. En comparant les valeurs entre le MFD et le PFD de droite, il note une différence d'altitude entre les deux indications pouvant atteindre 1 500 ft³. Il note également une différence entre les vitesses indiquées sur les deux écrans. Il en déduit que les informations d'altitude et de vitesse ne sont pas fiables.

Une minute après le décollage, le pilote, qui n'a pas encore contacté Paris-Charles de Gaulle, annonce à la contrôleuse du Bourget qu'il a un problème avec le pilote automatique et demande l'autorisation de faire demi-tour pour revenir atterrir au Bourget. La contrôleuse lui demande s'il se déclare en situation d'urgence, ce à quoi le pilote répond par l'affirmative. La contrôleuse du Bourget informe immédiatement le service de contrôle de Paris-Charles de Gaulle de la situation d'urgence et une contrôleuse est désignée pour prendre en charge le pilote afin de lui assurer un guidage radar pour revenir à Paris-Le Bourget.

Dans le même temps, l'alarme MSAW se déclenche dans le centre de contrôle de Paris-Charles de Gaulle⁴ (voir Figures 1 et 2, points ① et ②) alors que le pilote est toujours en fréquence avec la contrôleuse de Paris-Le Bourget.

À 9 h 30, le pilote contacte la contrôleuse de Paris-Charles de Gaulle et l'informe qu'il subit des pannes multiples et qu'il essaie de revenir vers Le Bourget en pilotage manuel (voir Figures 1 et 2, point ③).

À 9 h 32, la contrôleuse lui demande s'il a une information d'altitude. Le pilote répond qu'il semble être à 5 000 ft et demande si cela est correct. La contrôleuse lui demande de monter vers 5 000 ft.

² Procédure « BLANK PILOT PFD (PILOT PFD FAILURE) » (voir § 2.1).

³ Les examens de la chaîne anémo-barométrique montrent que la chaîne^{°1} (ADC 1) est défaillante. Les informations d'altitude et vitesse présentées sur l'écran de gauche puis l'écran central sont erronées (voir § 2.1.5). Le transpondeur sélectionné est alimenté par les informations de cette chaîne et transmet des informations d'altitude erronées aux radars des services de la navigation aérienne.

⁴ Cette alerte n'est pas disponible à la tour de Paris-Le Bourget.

À 9 h 33, la contrôleuse lui demande quel type d'approche il pourrait effectuer en fonction de son problème. Le pilote lui répond que son écran de droite lui indique 5 160 ft⁵ et qu'il souhaiterait effectuer une approche ILS. L'altitude affichée sur l'écran du contrôleur passe soudainement de 250 à 1 700 ft (voir Figures 1 et 2, point 4).

À 9 h 34, le pilote annonce que ses instruments⁶ lui indiquent une altitude de 5 020 ft radar (voir Figures 1 et 2, point 5). La contrôleuse lui répond qu'il est à 2 600 ft d'après les informations radar (voir Figures 1 et 2, point 5). Le pilote précise que ses instruments indiquent 5 000 ft. La contrôleuse lui confirme que son radar le détecte à 2 600 ft et qu'elle va le guider vers l'ILS de la piste 27 du Bourget. Le pilote ajoute qu'il aura peut-être à effectuer une approche visuelle s'il ne dispose pas d'information d'altitude valide.

À 9 h 35 le pilote précise au contrôleur qu'il a perdu son écran de gauche et qu'il a permuted les informations sur son écran central, que cet écran indique une altitude de 2 780 ft alors que son écran de droite indique une information de 5 000 ft (voir Figures 1 et 2, point 6). Il ajoute qu'il va se fier à son écran central et ne pas tenir compte des informations de l'écran de droite. La contrôleuse lui répond que c'est correct car son écran radar affiche une altitude de 2 900 ft. Le pilote collationne et annonce qu'il va donc se fier à l'écran qui lui indique la même altitude que celle fournie par le radar de la contrôleuse (voir Figures 1 et 2, point 6).

La contrôleuse lui demande de stopper sa montée vers 3 000 ft afin d'effectuer l'approche ILS depuis cette altitude.

La contrôleuse et le pilote échangent ensuite des informations de vitesse. La contrôleuse informe le pilote que sa vitesse sol fournie par ses informations radar est de 260 kt. Celui-ci lui indique que c'est cohérent avec l'information de vitesse indiquée fournie par son écran sans préciser duquel il s'agit.

À 9 h 38, le pilote annonce que les conditions météorologiques alternent de VMC à IMC⁷ et qu'il est entré dans des nuages et a perdu les références visuelles extérieures.

À 9 h 40, le pilote informe la contrôleuse que ses écrans ne lui fournissent aucune information relative à l'approche ILS, il ne sera pas en mesure de réaliser une approche de ce type et espère être capable de réaliser une approche à vue. Il demande à la contrôleuse de lui fournir une altitude afin qu'il puisse commencer la descente lorsque qu'elle le lui demandera.

À 9 h 41, la contrôleuse informe le pilote qu'il est à environ 19 NM de la piste 27 et qu'il peut commencer à descendre vers 2 000 ft. Le pilote collationne.

À 9 h 42, la contrôleuse propose au pilote de lui fournir les indications d'altitude du radar afin qu'il puisse les comparer aux altitudes de l'avion. Le pilote répond que ses instruments sont figés à 2 900 ft et 1 600 ft (voir Figures 1 et 2, point 7), sans qu'il sache lequel est correct. Il précise supposer que 1 600 ft est la bonne altitude⁸. La contrôleuse lui répond que son radar lui indique 2 900 ft (voir Figures 1 et 2, point 7) et lui demande s'il est en vue du sol.

⁵ Cette information fournie par le pilote indique que l'altitude réelle de l'avion (écran de droite/chaîne ADC 2) est supérieure à celle affichée sur l'écran radar du contrôleur et l'écran central du pilote (chaîne ADC 1).

⁶ Il ne précise pas lesquels.

⁷ ATIS CDG : Info N 0921 UTC Face à l'ouest, TL60, Péril aviaire, vent 210/6, visibilité 10 km, FEW 1300, BKN 3000, T21, DP17, QNH1015.

⁸ Cette information du pilote indique que l'altitude réelle de l'avion est devenue inférieure à l'altitude affichée sur l'écran central du pilote et l'écran radar de la contrôleuse.

Il répond qu'il est en vue du sol et ajoute que ses instruments indiquent une vitesse élevée de 265 kt. La contrôleuse l'informe que son radar lui fournit une vitesse sol de 200 kt. Elle lui indique également qu'il devrait avoir le visuel sur les pistes de Paris-Charles de Gaulle. Le pilote lui confirme avoir le visuel.

À 9 h 43, le pilote annonce que l'un de ses écrans affiche une altitude de 1 340 ft (voir Figures 1 et 2, point ⑧) et l'autre de 2 940 ft, et demande s'il doit monter vers 2 000 ft. La contrôleuse répond par la négative, son écran radar lui indiquant qu'il est toujours à 3 000 ft (voir Figures 1 et 2, point ⑧) et qu'il doit donc descendre. Le pilote en déduit alors que son écran de droite est incorrect. Il répond qu'il est donc à 2 940 ft et demande s'il doit rester à cette altitude ou descendre vers 2 000 ft. La contrôleuse demande au pilote de descendre vers 1 500 ft et l'informe qu'il est à 9 NM de la piste 27 du Bourget.

À 9 h 45, le pilote indique à la contrôleuse que son alarme EGPWS « *Too low terrain* »⁹ s'est déclenchée (voir Figures 1 et 2, point ⑨). La contrôleuse lui répond que son radar affiche toujours une altitude de 3 000 ft (voir Figures 1 et 2, point ⑨). Elle lui demande s'il a un visuel sur Le Bourget. Le pilote répond qu'il est franchement bas et qu'il n'a pas le visuel sur Le Bourget.

Le pilote tente alors de résoudre le problème en permutant son transpondeur sur celui dont la source est la chaîne anémo-barométrique n°2 (ADC 2). L'altitude qui s'affiche sur l'écran radar du contrôleur passe de 2 850 ft à 500 ft (voir Figures 1 et 2, points ⑩ et ⑪). Cette action déclenche une seconde alarme MSAW.

À cet instant, les contrôleurs en poste dans la tour sud de Paris-Charles de Gaulle aperçoivent l'avion et estiment qu'il est à une hauteur inférieure à celle de la tour¹⁰.

À 9 h 46, le pilote annonce qu'il a la piste en vue, qu'il voit l'indicateur de pente d'approche (PAPI) et qu'il est en mesure d'effectuer l'atterrissage à vue.

À 9 h 48, le pilote atterrit sur la piste 27 de l'aéroport du Bourget et contacte la contrôleuse du Bourget.

⁹ Le déclenchement de l'alarme EGPWS indique que l'avion évolue entre 30 et 500 ft de hauteur radio-sonde.

¹⁰ L'altitude de la tour est d'environ 600 ft.

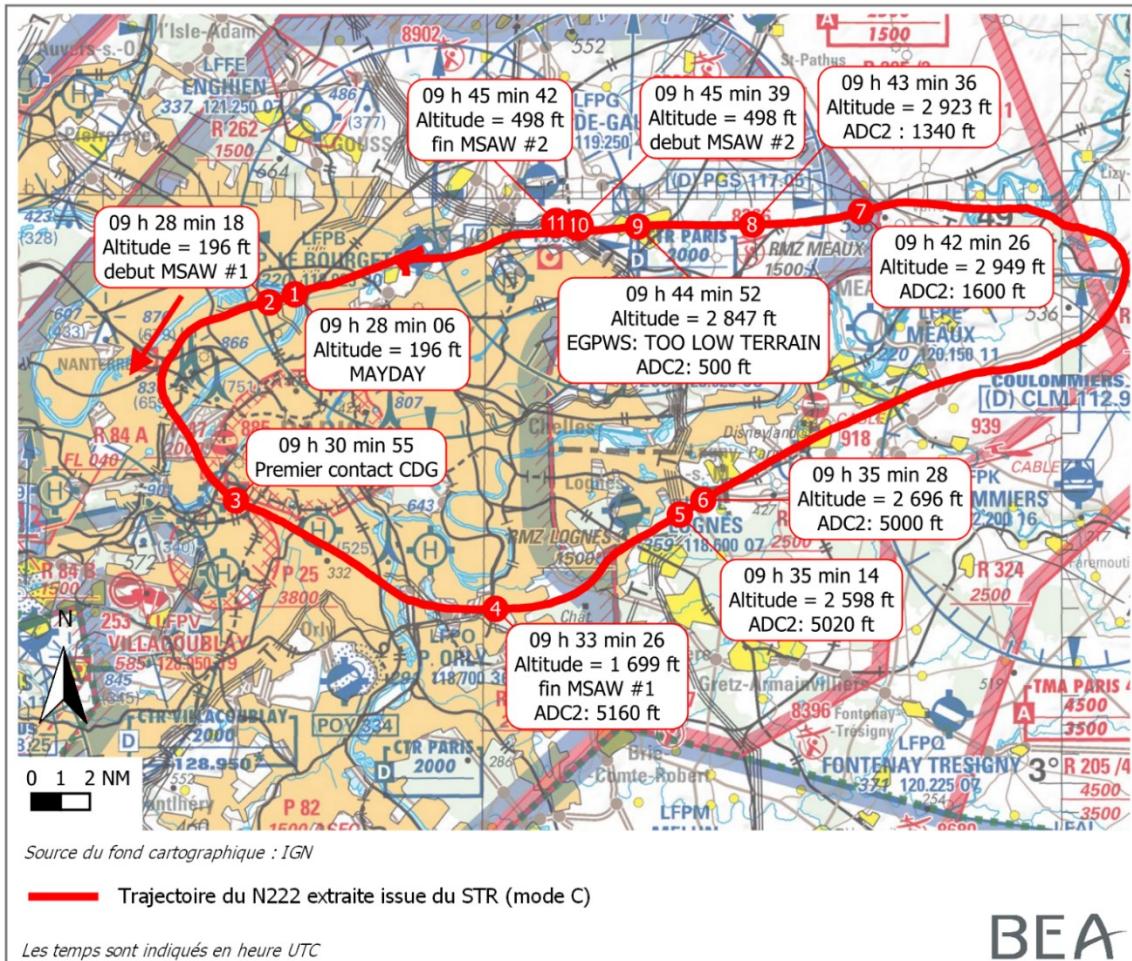


Figure 1 : trajectoire du N222NF

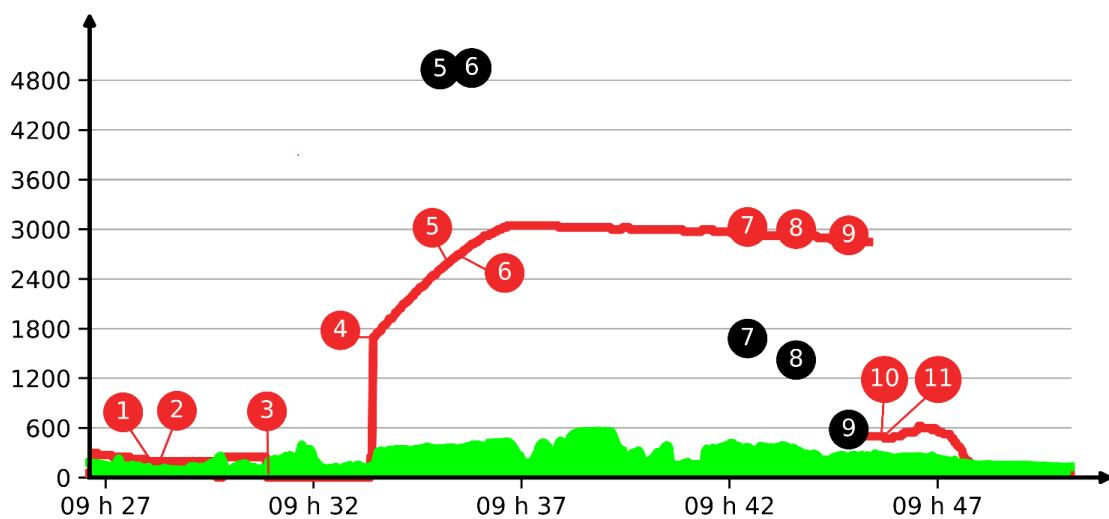


Figure 2 : trajectoire dans le plan vertical du N222NF (Source : BEA)

Les points de couleur **rouge** de la Figure 2 représentent les altitudes affichées sur l'écran radar du contrôleur. Elles correspondent aux informations envoyées par le transpondeur 1 de l'avion et sont issues de la chaîne anémo-barométrique gauche (ADC1) disponibles sur le MFD.

Les points de couleur **noire** indiquent des altitudes, annoncées par le pilote dont la source est la chaîne anémo-barométrique droite (ADC 2), disponibles sur le PFD de droite et l'altimètre de secours. Ces altitudes sont les altitudes réelles de l'avion.

2 RENSEIGNEMENTS SUR L'AVION ET SES SYSTÈMES

Le N222NF est un Cessna Citation 525A. Il n'est pas équipé d'enregistreur de vol. La réglementation ne l'impose pas.

2.1 Informations d'altitude et de vitesse du N222NF

Instrumentation

Le N222NF est équipé d'une suite avionique Rockwell Collins Pro Line 21 avec l'option PFD en place copilote. Elle comprend deux PFD, un en place gauche, un en place droite, et un MFD en partie centrale.

Les deux PFD incluent les informations instrumentales habituelles d'un PFD en partie haute et une zone relative à la navigation en partie basse.



Figure 3 : PFD de gauche du N222NF lors de la mise sous tension de l'avion quelques jours après l'événement (Source : BEA)

Le MFD présente les informations relatives à la gestion des moteurs en partie haute et une zone relative à la navigation en partie basse.

En cas de dysfonctionnement d'un des écrans, les informations de cet écran peuvent être basculées sur un des autres écrans dans un mode combiné PFD/MFD qui inclut les informations des instruments de vol, de navigation et de gestion des moteurs.



Figure 4 : MFD basculé en mode combiné du N222NF lors de la mise sous tension de l'avion quelques jours après l'événement (source : BEA)

Le N222NF est équipé d'un radio-altimètre. La valeur de radio-altitude, lorsqu'elle est comprise entre -20 et 2 500 ft, est affichée sur chacun des PFD, dans la partie basse de l'horizon artificiel synthétique.

Cet avion est également équipé d'un altimètre et d'un anémomètre analogiques de secours situés au-dessus du MFD, en partie centrale du cockpit.



Figure 5 : altimètre et anémomètre de secours (source : BEA)

Le N222NF est équipé de deux systèmes GNSS Garmin GNS530. Ces systèmes peuvent être une source supplémentaire d'information relative à l'altitude au-dessus du niveau moyen de la mer (AMSL) et la vitesse sol de l'avion. Cette altitude n'est pas affichée de manière directe mais est accessible dans la sous-page *Satellite Status* du menu *Navigation* du GNS530.



Figure 6 : information d'altitude GNSS fournie par le Garmin N530 (Source : Garmin)

L'information vitesse sol est accessible sur la page de navigation par défaut. Elle peut également être affichée en mode d'affichage MAP, en sélectionnant l'option « *Data Fields On* »¹¹.

Chaînes anémo-barométriques

Le N222NF est équipé de deux chaînes de mesure anémo-barométrique indépendantes incluant chacune des capteurs et un calculateur (ADC) dédié.

- L'ADC1 est associé au pitot gauche et à un capteur de pression statique. Les valeurs d'altitude et de vitesse calculées par l'ADC1 sont fournies au PFD gauche.
- L'ADC2 est associé au pitot droit et à un capteur de pression statique. Les valeurs d'altitude et de vitesse calculées par l'ADC2 sont fournies au PFD droit.

Les pressions fournies par le pitot droit et le capteur de pression statique associé à la chaîne n°2 sont également envoyées à l'altimètre et à l'anémomètre de secours. Ces instruments utilisent directement les mesures de pression des capteurs et sont indépendants des valeurs calculées par l'ADC2.

Transpondeur

Le N222NF est équipé de deux transpondeurs mode S. Les valeurs d'altitude et de vitesse utilisées par le transpondeur 1 sont fournies par l'ADC1, l'ADC2 fournissant celles utiles au transpondeur 2. En vol, un seul transpondeur est actif, le second transpondeur étant en *stand-by*. Le pilote peut sélectionner l'un ou l'autre des transpondeurs au moyen d'un sélecteur.

¹¹ L'affichage de données peut être paramétré par l'utilisateur. Celui-ci peut par exemple remplacer l'affichage de la vitesse sol par une autre information de son choix. L'altitude GPS n'est pas affichable par cette méthode.

Procédures Cessna :

Panne PFD

La documentation de bord (Manuel de vol, Manuel d'opérations et *checklists*) contient une procédure à appliquer en cas de panne du PFD côté pilote :

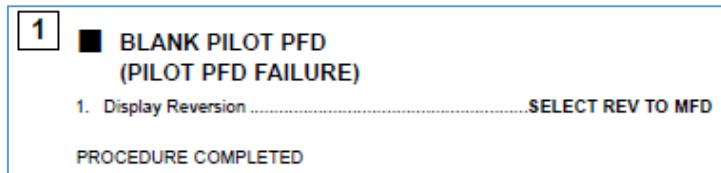


Figure 7 : extrait du manuel de vol de Cessna (Source : Cessna)

L'action de transfert de l'affichage (*display reversion*) permet d'obtenir sur le MFD au centre de la planche de bord les informations du PFD en mode combiné.

Paramètres erronés

Chaque PFD intègre une fonction de comparaison entre les valeurs de vitesse et altitude calculées par chacun des ADC :

Dans le cas où la différence entre les vitesses ou les altitudes calculées par chacun des ADC dépasse une valeur seuil, un message **IAS** ou **ALT** de couleur ambre est affiché en haut de l'échelle correspondante de chacun des PFD.

La procédure « AMBER ROLL, PIT, ATT, HDG, ALT or IAS (COMPARATOR MONITOR ALERTS) » doit être appliquée.

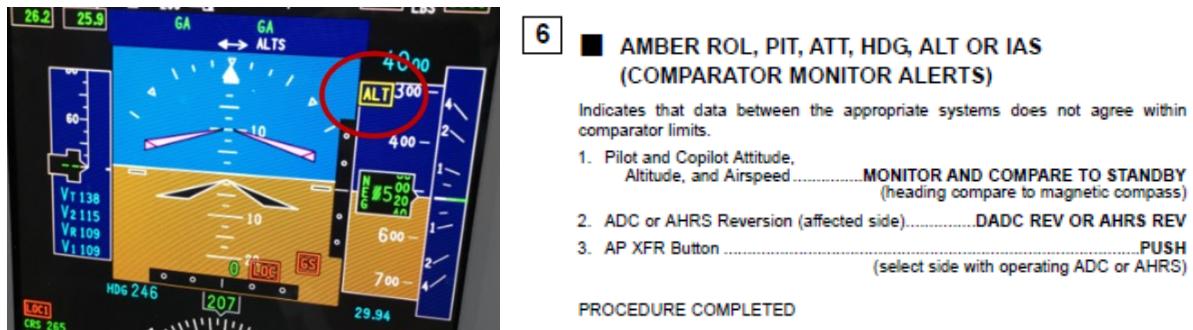


Figure 8 : photo d'un PFD (source : BEA) et extrait du manuel de vol (source : Cessna)

La procédure consiste à déterminer quelle source est valable par comparaison avec l'instrument de secours et à sélectionner la source adéquate pour les instruments et le pilote automatique.

Cessna a confirmé au BEA que dans l'hypothèse où une défaillance comparable à celle de l'incident survenait au niveau de la chaîne anémo-barométrique droite, les informations présentées sur les instruments de secours et celles présentées sur le PFD de droite pourraient toutes les deux être erronées et pourtant équivalentes. Cela pourrait amener le pilote à retenir la chaîne anémo-barométrique erronée.

Panne ADC

Si un ADC est identifié comme défaillant, des messages **IAS** ou **ALT** de couleur rouge sont affichés sur les échelles correspondantes du PFD associé à cet ADC. Si les deux ADC sont défaillants, les messages sont apparents sur les deux PFD. La procédure suivante doit être appliquée :

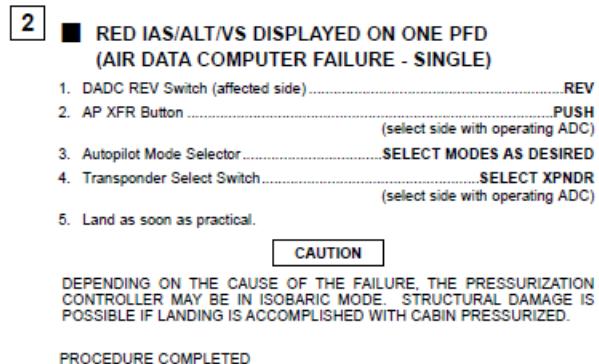


Figure 9 : extrait du manuel de vol (source : Cessna)

Dans cette procédure, il est explicitement demandé au pilote de permutez le transpondeur sur la chaîne ADC identifiée valide.

Cessna a indiqué au BEA, qu'en raison de l'ancienneté de cette procédure, il n'est pas en mesure d'expliquer pourquoi la procédure « AMBER ROL, PIT, HDG, ALT or IAS » n'inclut pas la sélection de la source du transpondeur.

Cessna a indiqué au BEA qu'il étudierait la possibilité d'une mise à jour des procédures liées aux problèmes altimétriques dans le cadre de son suivi de la navigabilité. Lors de la consultation du rapport, le BEA n'a pas été informé de la mise à jour des procédures.

2.2 Origine de la défaillance du PFD de gauche

La mise sous tension de l'avion plusieurs jours après l'événement n'a pas permis de reproduire la panne de l'écran PFD de gauche. L'enquête n'a pas permis de déterminer l'origine de la défaillance de cet écran. Après le vol de l'incident, il a fonctionné de nouveau normalement.

2.3 Défaillance de la chaîne anémo-barométrique gauche (chaîne ADC1)

La mise sous tension de l'avion a permis de constater que le PFD de gauche (chaîne ADC 1) affichait une altitude erronée : -500 ft, alors que le PFD de droite (ADC 2) indiquait une altitude de 380 ft et une altitude lue sur l'altimètre de secours de 400 ft, en cohérence avec l'altitude du lieu de stationnement de l'avion et de la pression atmosphérique du moment. Le message **ALT** apparaissait sur le PFD de gauche (ou sur le MFD après passage en mode combiné PFD/MFD) et sur le PFD de droite.



Figure 10 : MFD et PFD de droite sur lesquels sont affichées respectivement les informations de l'ADC1 et de l'ADC 2, au sol, après l'événement (source : BEA)

Lors des examens réalisés dans un atelier de maintenance, il a été confirmé que les informations d'altitude et de vitesse fournies par l'ADC1 étaient erronées. En débranchant les tuyaux statique et pitot de l'ADC1, les informations sont redevenues cohérentes. Lorsque les ports statiques ont été vérifiés, un gros insecte et du sable ont été trouvés.

Les tests à l'aide d'un banc anémométrique réalisés après l'intervention ont montré que le système fonctionnait à nouveau nominalement.

3 RENSEIGNEMENTS SUR L'EXPLOITATION

3.1 Renseignements sur le pilote

Le pilote, âgé de 65 ans, était titulaire :

- d'une licence de pilote commercial (CPL) délivrée par la FAA en février 2008 et d'une qualification de type Cessna CE-525S ;
- des qualifications monomoteurs (SEL) et multimoteurs (MEL) et vol aux instruments (IR).

Il était le propriétaire de l'avion depuis 2002 et totalisait le jour de l'accident environ 4 000 heures de vol dont environ 1 500 sur type.

Il venait de suivre les entraînements et contrôles périodiques Citation Jet Series (CE525) en février 2020 dans le centre Flight Safety Textron Aviation à San Antonio (États-Unis).

L'étude du dossier des entraînements et contrôles périodiques ne permet pas de déterminer le détail des scénarios de panne auxquels le pilote a été confronté. Cependant les procédures anormales relatives aux défaillances de l'avionique ont été revues par le pilote en 2016, 2017 et 2018. En particulier, le dossier de l'entraînement de 2017 mentionne que les pannes relatives à l'AHRS, l'ADC et le MFD ont été revues. Le responsable du centre de formation ajoute, que même si ce n'est pas noté dans les dossiers des années ultérieures, il est probable que le pilote a revu les pannes ADC et MFD depuis 2017.

Dans le cas spécifique d'une panne d'avionique avec l'apparition des messages **ALT** et **IAS**, les instructeurs enseignent aux élèves à piloter l'avion en priorité en utilisant les indications d'assiette et de roulis et en sélectionnant une poussée compatible avec la configuration de l'avion. Puis, dans un second temps, il est demandé aux pilotes de rechercher l'origine de la panne.

3.2 Témoignage du pilote

Le pilote explique que la mise en route et les vérifications avant décollage n'ont révélé aucune anomalie. Il indique avoir perdu l'écran de gauche et basculé les informations de l'écran défaillant sur l'écran central. Le pilote automatique ne fonctionnait plus et les alarmes *overspeed* et *pull up* étaient actives. Il précise que ces alarmes ont retenti durant tout le vol de l'événement.

Il précise qu'il s'est concentré uniquement sur le pilotage de son avion (assiette, roulis, poussée), la surveillance visuelle extérieure et son horizon artificiel. Il estime qu'il n'a donc pas eu le temps d'essayer de comprendre la défaillance au niveau des altimètres. Il n'a pas pensé à changer le transpondeur. Il ajoute également qu'il n'a pas regardé les instruments de secours.

En finale, lorsqu'il s'est retrouvé en vue du sol, il lui a alors semblé qu'il était beaucoup plus bas que ce que lui disait la contrôleuse. Il a ensuite tenté de résoudre le problème en permutant le transpondeur. Dès qu'il a eu la piste en vue, il est repassé sur la fréquence Tour du Bourget et a atterri sans événement particulier.

3.3 Procédures sol et bord pour les incohérences des informations anémo-barométriques

3.3.1 Enquête de sécurité du BEA sur la survenue de la quasi-collision entre un Airbus A318 et un Pilatus PC 12

Le 2 juin 2010, une quasi-collision s'est produite entre un Airbus A318 et un Pilatus PC 12. L'A318 était au niveau de vol 290 et le PC 12, autorisé au niveau 270, était au niveau de vol 290 en raison d'un problème altimétrique. L'équipage de l'Airbus a effectué une action d'évitement d'urgence. La séparation minimale entre les deux avions n'a pas pu être mesurée sur l'enregistrement radar et a été estimée par les équipages, entre 15 et 30 m horizontalement et environ 100 ft verticalement.

Dans la conclusion de son [rapport d'enquête](#) le BEA 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 les systèmes d'anticollision tels que le filet de sauvegarde ou le TCAS.*

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. »

3.3.2 Recommandations de sécurité et mesures prises

Procédures équipages

Dans le rapport, il est mentionné que « *L'enquête a montré que l'équipage disposait d'informations pour détecter l'erreur anémométrique côté pilote et que la seule lecture des altimètres ne permettait pas de détecter l'erreur.*

Or, au regard de la conception des circuits, une panne sur le circuit anémométrique et barométrique peut avoir des conséquences sur les valeurs indiquées à bord tels que la vitesse indiquée, le niveau de vol et la vitesse verticale.

Une recherche effectuée auprès de plusieurs constructeurs d'avions avait montré que les procédures sur la conduite à tenir par les équipages en cas d'incohérence d'altitude étaient soit incomplètes, soit inexistantes.

En conséquence le BEA recommande à l'AESA¹² :

- 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 du BEA, l'AESA a répondu que, compte tenu de la mise à jour par Pilatus des procédures de son manuel de vol, elle considérait que cette recommandation pouvait être close. Dans le cadre de l'enquête sur le N222NF, l'AESA a indiqué au BEA qu'aucune action supplémentaire n'avait été entreprise depuis cet événement, notamment vis-à-vis des autres constructeurs.

Services de la navigation aérienne (SNA)

Dans le rapport, il est également indiqué « *Ce type d'incident, particulièrement grave, présente la particularité d'être indétectable par les services de contrôle et par les différents systèmes de détection de conflits tels que le filet de sauvegarde (SCTA) ou l'ACASS. Par ailleurs, dans la réglementation en vigueur, il n'existe aucune disposition prévoyant la gestion spécifique d'un vol dès lors qu'un pilote émet un doute sur sa position verticale.*

Le BEA recommande à la DSNA¹³ :

- 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. »***

À la suite de l'incident, la DSNA a élaboré puis diffusé une consigne opérationnelle (11-158/10) applicable en cas de doute annoncé par le pilote d'un vol IFR sur l'altitude de son vol. Cette consigne a été intégrée le 21 juillet 2010 par tous les organismes de contrôle (CRNA et SNA) dans leurs manuels.

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 vis-à-vis des autres vols, demander au pilote d'arrêter d'émettre sur le mode C et lui indiquer que le lever de doute ne peut être fait par les services de contrôle.

¹² Agence Européenne de la Sécurité Aérienne.

¹³ Direction des Services de la Navigation Aérienne.

3.4 Services ATM

3.4.1 Généralités

En raison du découpage complexe des espaces aériens et de la densité du trafic en zone parisienne, tous les vols au départ du Bourget sont transférés en fréquence du service de contrôle du Bourget (contrôleur LOC) au service de contrôle de Paris-Charles de Gaulle (contrôleur DEP) le plus tôt possible, tout en évitant dans la mesure du possible le transfert en dessous de 1 000 ft, de façon à ne pas gêner le pilote pendant cette phase critique du vol.

Le transfert des aéronefs se fait au plus tard à 3 NM de l'extrémité de piste et dégagé de tout trafic conflictuel. En particulier, le contrôleur DEP de Paris-Charles de Gaulle rend les services de la circulation aérienne et assure les fonctions radar « surveillance, assistance et guidage » pour les trafics contrôlés au départ de Paris-Charles de Gaulle et de Paris-Le Bourget.

Lorsqu'un pilote signale une situation où la sécurité de son aéronef n'est pas certaine, (situation de carburant minimal, situation d'urgence...), l'organisme transférateur communique la nature de l'urgence et/ou les circonstances dans lesquelles se trouve l'aéronef à l'organisme accepteur ainsi qu'à tout autre organisme ATS qui pourrait être concerné par le vol et, au besoin, aux centres de coordination de sauvetage qui lui sont associés.

3.4.2 Renseignements sur les contrôleuses et témoignages

Les deux contrôleuses ont suivi une formation conforme aux exigences du règlement (UE) 2015/340¹⁴. Cette formation ne prévoit pas de cours spécifique traitant d'un report par un pilote d'une défaillance de la chaîne altimétrique et des répercussions sur l'affichage des informations radar.

3.4.2.1 Contrôleuse de Paris-Le Bourget

Elle a été affectée au SNA de Paris-Le Bourget après sa formation en 2006. Au moment de l'événement, elle disposait de toutes les aptitudes et qualifications nécessaires à l'exercice de sa fonction.

Elle indique que deux contrôleurs étaient présents le jour de l'événement. Le trafic était faible et les secteurs SOL et LOC avaient été regroupés environ une heure avant l'événement.

Avant le décollage du N222NF, elle a contacté par téléphone le service de contrôle de Paris-Charles de Gaulle pour coordonner son transfert. Le pilote l'a ensuite informée de son problème et de son souhait de revenir atterrir au Bourget. Elle lui a demandé s'il se déclarait en « MAYDAY » et le pilote a répondu par l'affirmative. Elle a déclenché l'état d'alerte puis s'est fait relever de sa position afin d'assurer la coordination avec les contrôleurs de Paris-Charles de Gaulle jusqu'à l'atterrissement de l'avion sur l'aéroport du Bourget.

Elle précise qu'elle n'était pas consciente que l'information d'altitude affichée sur son écran radar est fournie par l'avion.

¹⁴ [Règlement de la Commission du 20 février 2015 déterminant les exigences techniques et les procédures administratives applicables aux licences et certificats de contrôleur de la circulation aérienne.](#)

Elle a appris après l'événement qu'il y avait eu un déclenchement de l'alarme MSAW alors que le pilote était toujours en fréquence avec elle. Elle ne le savait pas car cette alerte est inhibée pour les contrôleurs du Bourget.

3.4.2.2 Contrôleuse de Paris-Charles de Gaulle

Elle a été affectée au SNA de Paris-Charles de Gaulle après sa formation en 2002. Au moment de l'événement, elle disposait de toutes les aptitudes et qualifications nécessaires à l'exercice de sa fonction.

Elle explique qu'elle venait de se faire relever de la position DEPART pour faire une pause. Après trois ou quatre minutes, elle a entendu le déclenchement de l'alarme MSAW et l'annonce d'un pilote en « Mayday » au départ du Bourget. Elle a proposé son aide au contrôleur DEP et la prise en compte du pilote lui a été déléguée.

Après les premiers échanges, elle a compris que le pilote faisait face à un problème d'écran et qu'il n'était pas sûr de son altitude. Elle indique que sa compréhension de la panne n'était pas très claire et qu'elle avait saisi que le pilote avait perdu les informations sur son écran de gauche.

Après quelques échanges avec le pilote, elle l'a guidé pour un retour vers Le Bourget et a commencé à mieux comprendre les difficultés techniques qu'il rencontrait. L'indication d'altitude dont elle disposait sur son écran radar correspondait à l'une de celles lues par le pilote sur l'un de ses écrans. Elle explique, qu'à ce moment-là, elle n'a pas eu de doute sur l'altitude et en a déduit que la défaillance provenait de l'un des écrans de l'avion. Elle a considéré que l'altitude affichée sur son écran radar était fiable. Elle précise que les différents échanges avec le pilote sur les informations de vitesse dont il disposait lui ont fait craindre qu'il ne réduise trop sa vitesse et décroche. Elle ajoute que la voix du pilote était très calme et que cela l'a rassuré pour gérer la situation.

En accord avec le pilote, elle a réalisé un guidage radar pour permettre à ce dernier d'effectuer une approche ILS pour la piste 27 au Bourget.

Une fois établi en longue finale, elle a constaté que l'altitude donnée par son radar n'était plus cohérente¹⁵. Elle a été ensuite rassurée d'entendre le pilote annoncer qu'il avait la piste 27 du Bourget en visuel.

3.4.3 Données d'altitude présentées aux contrôleurs

Les contrôleurs disposent sur leur écran de visualisation d'informations provenant de radars secondaires. Ces informations sont elles-mêmes transmises au radar par le transpondeur de l'aéronef. Elles sont affichées à côté du plot symbolisant la position de l'aéronef sur l'écran de visualisation du contrôleur. Cette position est élaborée par les radars sur la base de mesure du temps de propagation d'une onde émise par le transpondeur et reçue par les radars à proximité.

Il résulte des entretiens menés par le BEA avec des contrôleurs de différents centres, y compris des contrôleurs chargés de formation, que de nombreux contrôleurs n'ont pas conscience que l'information d'altitude présentée sur leurs écrans de contrôle provient uniquement du transpondeur de l'avion.

¹⁵ Au moment où le pilote permute son transpondeur, l'altitude affichée sur l'écran du contrôleur est également modifiée.

Du décollage à 9 h 27 jusqu'à 9 h 45, l'altitude lue par les contrôleurs du Bourget et de Paris-Charles de Gaulle était celle transmise par le transpondeur 1 du N222NF dont les valeurs erronées d'altitude étaient calculées par l'ADC1. À 9 h 45, après que le pilote eut permuted le transpondeur, l'altitude lue par la contrôleuse de Paris-Charles de Gaulle était celle transmise par le transpondeur 2 du N222NF dont les valeurs d'altitude, calculées par l'ADC2, correspondaient à l'altitude réelle de l'avion.

3.4.4 Procédures et formations des contrôleurs en cas de doute annoncé par un pilote sur l'altitude de son vol

La consigne opérationnelle (11-158/10) en cas de doute annoncé par un pilote sur l'altitude de son vol est intégrée dans le Manuel d'exploitation TWR/APP de Paris-Charles de Gaulle dans le chapitre 2 Procédures d'urgence.

	Manuel d'Exploitation TWR/APP	2.2-25
SNA RP/CDG/SE	2 Procédures d'urgence	
Edition 2	2.2 Procédures de détresse (phases d'urgence)	01/01/21

2.1.8.6. Doute annoncé par le pilote sur l'altitude de son vol

²Lorsqu'un pilote, en vol IFR, annonce avoir des doutes sur l'intégrité des informations altimétriques fournies par les équipements, les actions suivantes sont prises immédiatement par le contrôleur :

- vis à vis des autres vols pour lesquels la séparation est due, appliquer dès que possible une séparation latérale, ou éventuellement une séparation verticale à partir du moment où le pilote affirme connaître la plage d'altitude ou de niveaux dans laquelle il se situe,
- demander au pilote d'arrêter d'émettre sur le mode C :
 - AFR 0 0 7, stoppez mode Charlie, indication erronée »
 - AMX 0 0 6, stop mode Charlie, wrong indication »,
- lui indiquer que le lever de doute ne peut être fait par les services de contrôle,
- informer le(s) secteur(s) ou le(s) centre(s) de contrôle potentiellement concerné(s) par la situation.

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

- demander au pilote d'afficher le code 7700 afin de permettre la visualisation du vol par les secteurs potentiellement concernés,
- fournir une assistance en vol à l'équipage, soit immédiatement si ce dernier se considère en état de détresse, soit à sa demande s'il se considère en état d'urgence. L'assistance en vol peut être conduite avec le secours de l'EACA. A ce titre, elle peut dans certains cas conduire à une interception par un aéronef de la défense aérienne :
 - si l'interception est la seule solution pour lever un doute sur l'altitude,
 - et si l'absence de lever de doute sur l'altitude compromet gravement la sécurité de l'aéronef en difficulté (ex : risque de CFIT en cas de mauvaises conditions météo à l'atterrissement, ...),
- demander au pilote d'atterrir sur l'aérodrome approprié le plus proche en recherchant ou maintenant les conditions VMC.

Remarques :

Les centres de Contrôle militaires français ne disposent pas de moyen radar permettant de déterminer avec précision l'altitude d'un vol par un moyen autre que son mode C.

La coupure du mode C permet de supprimer des anomalies dans la génération des résolutions T-CAS. Elle permet toutefois de conserver des avis de trafic T-CAS.

Cet évènement doit faire l'objet d'une procédure de notification immédiate.

Figure 11 : extrait procédure d'urgence Manuel d'exploitation TWR/APP du SNA de Paris-Charles de Gaulle (Source : DSNA)

Au moment de l'événement, la défaillance d'une chaîne altimétrique n'était pas évoquée lors des formations initiales et continues à Paris-Charles de Gaulle.

La procédure d'urgence était disponible dans le Manuel d'exploitation mais elle ne faisait pas l'objet d'un traitement particulier sous forme d'une fiche reflexe d'urgence ou d'une check-list.

La DSNA indique qu'entre 2010 et 2016, cette thématique de sécurité était systématiquement au programme des stages de maintien de compétences des contrôleurs de toutes ses unités. La consigne opérationnelle (11-158/10) était rappelée et l'incident grave de 2010 était utilisé comme illustration à cette occasion. Pour rappel, chaque contrôleur est soumis à ce maintien de compétences tous les trois ans. Les supports de ces formations sont communs à tous les contrôleurs d'une même unité de contrôle et sont modifiés tous les trois ans.

La DSNA explique que différentes unités ont depuis privilégié d'autres thématiques de sécurité pour certaines de leurs formations triennales.

3.4.5 Système sol d'avertissement de proximité du relief (MSAW)

Le système MSAW est un filet de sauvegarde qui fournit une alarme visuelle et sonore au contrôleur en cas de rapprochement potentiellement dangereux entre un aéronef et le relief ou un obstacle artificiel.

Ce système compare les altitudes transmises par le transpondeur d'un aéronef aux altitudes minimales de sécurité définies dans la zone où celui-ci évolue. Par conséquent, il est tributaire d'une éventuelle défaillance de la chaîne anémo-barométrique sur laquelle est basé le transpondeur actif.

Des seuils de détection sont paramétrés localement. Le système MSAW de Paris-Charles de Gaulle est actif sur un carré de 64 NM centré sur l'aéroport, à l'intérieur duquel le relief est modélisé avec des carrés de 0,5 NM de côté. Les principaux obstacles artificiels isolés sont ajoutés à ce modèle. Une marge de 300 ft est appliquée à ce relief. Ce filet de sauvegarde se déclenche lorsqu'un aéronef a un taux de descente tel qu'il risque d'entrer en collision avec le relief à court terme. Si le taux de descente d'un aéronef le fait entrer dans cette marge dans les 34 secondes qui suivent, une alarme MSAW se déclenche. Le taux de descente de l'aéronef est calculé par le système ATM, également à partir de l'information d'altitude envoyée par le transpondeur.

Ce filet de sauvegarde n'est pas disponible pour les contrôleurs du Bourget. La DSNA a indiqué au BEA qu'il serait possible de déporter l'alarme visuelle sur les positions de contrôle du Bourget mais qu'il n'est pas possible techniquement de déporter l'alarme sonore associée.

4 CONCLUSIONS

Les conclusions sont uniquement établies à partir des informations dont le BEA a eu connaissance au cours de l'enquête. Elles ne visent nullement à la détermination de fautes ou de responsabilités.

Scénario

Dès le lever des roues, le pilote a été confronté à la défaillance de l'écran de son PFD de gauche. Il a appliqué la procédure relative à la panne d'un PFD et basculé l'affichage des informations de son PFD gauche vers l'écran central (MFD). Il a ensuite constaté des incohérences d'informations d'altitude et de vitesse affichées entre le MFD et le PFD de droite.

Note : L'enquête n'a pas permis de reproduire la panne du PFD de gauche et d'en comprendre l'origine. Aucun lien n'a pu être établi entre la défaillance du PFD de gauche et les incohérences des informations affichées.

Le pilote a informé la contrôleuse du Bourget, avec qui il était encore en contact, des difficultés techniques rencontrées. Sur proposition de la contrôleuse il a déclaré une situation d'urgence. Il a ensuite été transféré en fréquence vers les services de contrôle de Paris-Charles de Gaulle.

Le pilote s'est retrouvé dans une situation difficile où il évoluait :

- en monopilote avec un avion hautes performances ;
- sans pilote automatique et avec des alarmes sonores, notamment de survitesse ;
- dans des conditions météorologiques ne permettant pas l'acquisition de références visuelles extérieures à tout instant.

Le pilote a accordé la priorité au pilotage de son avion en utilisant les indications d'assiette et de roulis et en sélectionnant une poussée compatible avec la configuration de l'avion.

Bénéficiant du guidage radar, il n'a pas appliqué la procédure dédiée aux situations d'incohérences des informations d'altitude et de vitesse. Il a cherché à lever le doute avec l'aide de la contrôleuse.

Cependant, au cours de ce guidage, sur la base d'une information erronée d'altitude qui était supérieure à l'altitude réelle de l'avion, la contrôleuse a demandé à plusieurs reprises au pilote de descendre. Entre 9 h 34 et 9 h 42, les informations d'altitude fournies à la contrôleuse lui indiquent que l'avion est stable à environ 3 000 ft alors qu'il est en réalité descendu de 5 000 vers 1 600 ft.

Lorsqu'il a eu l'indicateur de pente d'approche (PAPI) et la piste en vue, le pilote a estimé qu'il était en mesure d'effectuer l'atterrissement à vue. L'atterrissement s'est déroulé sans difficultés particulières.

L'examen de la chaîne anémo-barométrique a montré que les incohérences des informations d'altitude et de vitesse trouvaient leur origine dans la contamination du tuyau raccordé à la prise statique droite.

Le transpondeur 1 de l'avion, associé à la chaîne ADC1 défaillante, fournissait une altitude erronée au contrôleur. Cette information erronée a été utilisée par le pilote et la contrôleuse pour aboutir à un biais de confirmation sur l'altitude de l'avion. Ce biais a pu significativement augmenter le risque de collision avec le relief.

La possibilité de biais de confirmation dans une situation de ce type avait été mise en évidence par l'enquête du BEA sur un événement de 2010. Une consigne opérationnelle avait été diffusée aux services de contrôle de la navigation aérienne après l'événement de 2010, et intégrée dans les Manuels d'exploitation. Toutefois, la contrôleur en poste n'avait pas souvenir de cette consigne et de la procédure d'urgence associée.

La séparation de l'avion avec les trafics potentiellement conflictuels a été assurée mais les autres items de la procédure d'urgence n'ont pas été effectués. Le pilote n'a pas été informé que les contrôleurs ne pouvaient pas l'aider à lever le doute sur son altitude et il ne lui a pas été demandé d'éteindre le mode C de son transpondeur. Le guidage radar réalisé par la contrôleur a permis au pilote de rejoindre l'aéroport du Bourget.

5 MESURES PRISES PAR LA DSNA

5.1 Mesures prises par le SNA-Charles de Gaulle à la suite de l'événement

Depuis mars 2021, les contrôleurs en poste à Paris-Charles de Gaulle sont sensibilisés lors de la formation continue à la problématique liée à la réception d'informations d'altitudes erronées. La présentation inclut :

- un retour d'expérience sur l'événement ;
- des rappels sur le fonctionnement du radar secondaire et de l'affichage des informations de vol transmises par l'aéronef ;
- une sensibilisation sur les vols avec un seul pilote à bord d'aéronefs hautes performances.

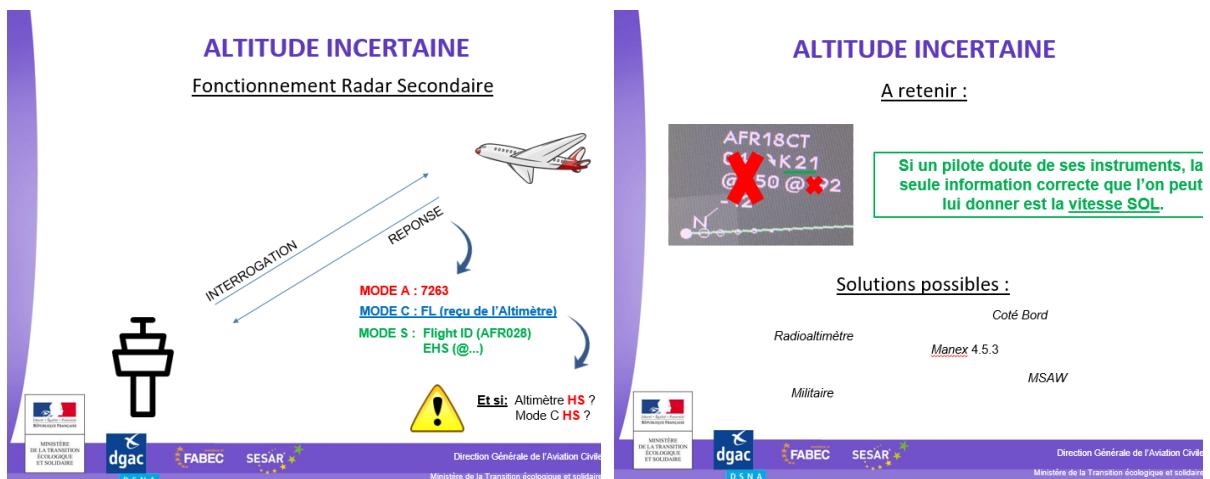


Figure 12 : extraits d'une présentation en formation continue à Paris-Charles de Gaulle
(Source : SNA de Paris-Charles de Gaulle)

Des questions sur ce sujet font dorénavant partie des questionnaires d'entraînement et des bases de données de questions pour les tests de renouvellement de licence de contrôle.

Toutes ces mesures visant à la formation des contrôleurs sont actuellement en application à Paris-Charles de Gaulle.

Par ailleurs, les services du SNA de Paris-Charles de Gaulle réfléchissent à améliorer l'accessibilité des procédures d'urgence par les contrôleurs en position. La possibilité de les rendre disponibles sous la forme de check-lists sur des tablettes numériques est notamment à l'étude.

5.2 Mise à disposition du système MSAW pour les contrôleurs du Bourget

Au cours du vol, alors que le pilote était encore en contact avec la contrôleuse du Bourget, une alarme MSAW s'est déclenchée dans le centre de contrôle de Paris-Charles de Gaulle. Cette dernière n'est pas disponible pour les contrôleurs du Bourget. Au moment du déclenchement de cette alarme, la contrôleuse du Bourget n'en n'avait donc pas connaissance et n'a donc pas pu intervenir auprès du pilote pour l'en informer.

L'enquête n'a pas permis de déterminer l'altitude et la trajectoire réelles de l'avion à ce moment précis puisque le déclenchement de cette alarme est basé sur les informations fournies par le transpondeur 1 de l'avion alimenté par la chaîne ADC1 défaillante. On ne peut cependant pas exclure que l'avion se soit alors retrouvé dans une situation dans laquelle la collision avec le sol était imminente sans action du pilote.

L'enquête montre qu'un pilote, confronté à une situation d'urgence lors du décollage du Bourget, pourrait ne pas avoir pris contact avec les contrôleurs de Paris-Charles de Gaulle et tarder à le faire. Durant cet intervalle de temps, il est alors possible que l'aéronef s'approche dangereusement du relief ou d'un obstacle artificiel et déclenche ainsi le filet de sauvegarde MSAW sans que les contrôleurs de Paris-Charles de Gaulle ne soient en mesure de contacter le pilote.

La DSNA a indiqué au BEA qu'une étude plus générale relative au déploiement du filet de sauvegarde MSAW sur plusieurs aéroports était en cours.

6 RECOMMANDATIONS

Rappel : conformément aux dispositions de l'article 17.3 du règlement n° 996/2010 du Parlement européen et du Conseil du 20 octobre 2010 sur les enquêtes et la prévention des accidents et des incidents dans l'aviation civile, une recommandation de sécurité ne constitue en aucun cas une présomption de faute ou de responsabilité dans un accident, un incident grave ou un incident. Les destinataires des recommandations de sécurité rendent compte à l'autorité responsable des enquêtes de sécurité qui les a émises, des mesures prises ou à l'étude pour assurer leur mise en œuvre, dans les conditions prévues par l'article 18 du règlement précité.

6.1 Procédures des constructeurs relatives aux situations d'altitude douteuse ou erronée

Pour le Cessna Citation 525-A, équipé en option d'un troisième PFD et d'un deuxième ADC, la procédure « AMBER ROLL, PIT, ATT, HDG, ALT or IAS (COMPARATOR MONITOR ALERTS) » demande au pilote d'identifier la source d'information adéquate en comparant les informations avec les instruments de secours.

Dans le cas de la panne survenue lors de cet incident, l'application de la procédure aurait permis au pilote d'identifier quelle était la source d'information valide. Ainsi en comparant les altitudes affichées par les PFD de droite et de gauche et l'altimètre de secours, le pilote aurait pu identifier que celle de droite était erronée.

Les instruments de secours sont alimentés par la chaîne anémo-barométrique droite qui alimente également l'ADC2. Une défaillance de cette chaîne (obstruction du pitot ou de la prise statique du côté droit – similaire à la défaillance observée sur la chaîne anémo-barométrique gauche lors du vol de l'événement) peut alors conduire à l'affichage d'informations erronées mais similaires à la fois sur les instruments de secours et sur le PFD de droite.

Dans ces conditions, l'application de la procédure conduirait un pilote à identifier comme adéquate la chaîne qui est en réalité défaillante. Dans cette situation, la comparaison avec d'autres sources d'information telles que la radio-sonde (uniquement quand l'avion évolue à une altitude inférieure à 2 500 ft) ou l'altitude AMSL fournie par un système GNSS permettrait à un pilote d'identifier la chaîne défaillante.

Par ailleurs, cette procédure ne mentionne pas la sélection du transpondeur alimenté par la chaîne identifiée comme étant adéquate. Si le pilote ne pense pas à sélectionner le bon transpondeur, il disposerait des bonnes informations mais les services de contrôle et les systèmes anticollision à bord et au sol (TCAS et MSAW) seraient inefficaces.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant que la procédure « AMBER ROLL, PIT, ATT, HDG, ALT or IAS (Comparator monitor alerts) » est commune à tous les Cessna Citation C525 quels que soient leurs équipements ;*
- *considérant que la procédure « AMBER ROLL, PIT, ATT, HDG, ALT or IAS (Comparator monitor alerts) » est inadaptée et incomplète pour un Cessna Citation 525-A, équipé en option d'un troisième PFD et d'un deuxième ADC : dans le cas d'une défaillance de la chaîne anémo-barométrique n°2, la procédure conduit le pilote à suivre une source anémo-barométrique erronée ;*

- *considérant que la procédure Cessna omet de mentionner la sélection du transpondeur alimenté par la chaîne anémo-barométrique identifiée comme valide;*

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. [Recommandation FRAN-2022-012]

Lors de l'enquête¹⁶ menée par le BEA en 2010, il avait été identifié que les procédures de plusieurs constructeurs sur la conduite à tenir par les équipages en cas d'incohérence d'altitude étaient soit incomplètes, soit inexistantes. En conséquence le BEA avait 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. L'AESA avait alors répondu que le constructeur Pilatus avait mis à jour sa procédure au cours de l'enquête et que l'agence pouvait considérer que le statut de cette recommandation était clos.

Le BEA rappelle la recommandation de sécurité émise en 2010 et qui n'a pas été appliquée aux aéronefs autres que le Pilatus PC 12 à ce jour : « *En conséquence le BEA recommande 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 ;* »

En conséquence, le BEA recommande à nouveau que :

- *considérant que l'enquête menée, dix ans plus tard, montre qu'il subsiste toujours des procédures incomplètes sur la conduite à tenir en cas d'incohérences des informations d'altitude ;*

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. [Recommandation FRAN-2022-013]

¹⁶ Incident entre l'Airbus A318 immatriculé F-GUGJ exploité par Air France et le Pilatus PC 12 immatriculé EC-ISH survenu le 2 juin 2010 dans la FIR Bordeaux (Voir § 3.3.1).

6.2 Procédure d'urgence des services de la navigation aérienne liées aux situations d'altitude douteuse ou erronée

À la suite de l'incident¹⁷ de 2010, la DSNA avait développé une procédure permettant à un contrôleur de faire face à une situation de doute annoncé par le pilote sur l'altitude de son vol.

L'enquête de 2020 a montré que, bien que cette procédure existât, elle n'était pas enseignée lors de la formation initiale et continue des contrôleurs en poste à Paris-Charles de Gaulle. Cette procédure est uniquement disponible dans le Manuel d'exploitation et par conséquent difficilement accessible pour un contrôleur en poste placé dans une situation d'urgence.

À la suite de l'incident grave, objet du présent rapport, le SNA de Paris-Charles de Gaulle a développé une formation dédiée et la dispense à tous les contrôleurs en poste lors de la formation continue. Par ailleurs une réflexion est également engagée afin d'améliorer l'accès à l'ensemble des procédures d'urgences.

La DSNA a indiqué au BEA, qu'entre 2010 et 2016, cette thématique de sécurité était systématiquement au programme des stages de maintien de compétences des contrôleurs de toutes les unités de la DSNA. Depuis 2016, certains centres de contrôle ont privilégié d'autres thématiques de sécurité pour certaines de leurs formations triennales. Ainsi l'enquête a montré qu'un certain nombre de contrôleurs ignorent que l'information d'altitude présentée sur leur écran radar est fournie par le transpondeur des aéronefs.

En conséquence, le BEA recommande que :

- *considérant qu'un certain nombre de contrôleurs n'ont pas conscience que l'information d'altitude qu'ils visualisent sur leurs écrans de contrôle provient uniquement du transpondeur de l'avion.*

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]

¹⁷ Voir § 3.3.1

ANNEXE 1 : GLOSSAIRE

Acronymes	Version Anglaise	Version Française
ADC	Air Data Computer	
AESA	European Aviation Safety Agency (EASA)	Agence Européenne de la Sécurité aérienne
AMSL	Above Mean Sea Level	Au-dessus du niveau moyen de la mer
ATM	Air traffic Management	Gestion du trafic aérien
BKN	Broken	Nuages morcelés (5 à 7 octas)
CPL	Commercial Pilot Licence	Licence de pilote commercial
CRNA	En-route Control Center	Centre en route de la Navigation aérienne
DSNA		Direction des Services de la Navigation Aérienne
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System	Système avertisseur amélioré de proximité du sol
FAA	Federal Aviation Administration	Agence américaine en charge de l'Aviation civile
FEW		Nuages rares (1 à 2 octas)
FL	Flight Level	Niveau de vol
GNSS	Global Navigation Satellite System	Système mondial de navigation par satellite
IAS	Indicated Air Speed	Vitesse indiquée
IFR	Instrument Flight Rules	Règles de vol aux instruments
ILS	Instrument Landing System	Système d'atterrissement aux instruments
IMC	Instrument Meteorological Conditions	Conditions météorologiques de vol aux instruments
IR	Instrument Rating	Instrument Rating
MEL	Multi Engine Land	
MFD	MultiFunction Display	Écran multifunction
MSAW	Minimum Safe Altitude Warning	Système sol d'avertissement de proximité du relief
NM	Nautical Mile	Mille marin
PAPI	Precision Approach Path Indicator	Indicateur de pente d'approche
PFD	Primary Flight Display	
SCTA		Service du contrôle du trafic aérien
SEL	Single Engine Land	
SNA		Service de la navigation aérienne
TCAS	Traffic Collision Avoidance System	Système d'anti-abordage embarqué
UTC	Universal Time Coordinated	Temps universel coordonné
VMC	Visual Meteorological Conditions	Conditions météorologiques de vol à vue

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.